

**“ELABORACION DE UNA PROPUESTA  
METODOLOGICA PARTICIPATIVA PARA LA  
TECNIFICACION DEL RIEGO PARCELARIO EN LA  
ZONA DE CECELES”**

**BLANCA INES TAYUPANDA PACA**

**TESIS**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TITULO DE INGENIERA AGRONOMA**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2009**

El tribunal de tesis **CERTIFICA** que:

El trabajo de investigación titulado: *“Elaboración de una propuesta metodológica participativa para la tecnificación del riego parcelario en la zona de ceceles”*, de responsabilidad de la egresada **BLANCA INES TAYUPANDA PACA**, ha sido prolijamente revisada, quedando autorizada su presentación.

**TRIBUNAL DE TESIS**

**ING. CARLOS CALI**

.....

**DIRECTOR**

**ING. JUAN LEON**

.....

**MIEMBRO**

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

Riobamba, Abril del 2009

## **DEDICATORIA**

Al ejemplo de trabajo y superación de mi padre Santiago, Al amor, cariño y ternura de mi madre María, se los dedico a ellos esperando darles siempre satisfacciones y compensar en algo sus esfuerzos. Con Mucho amor a mi hija Emily y a su padre Ángel por ser testigos del sacrificio en favor a mi superación. A mis hermanos Humberto, Martha, Fausto, Héctor y Hernán quienes conforman el hermoso cuadro de mi adorada familia.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser la luz que me alumbra mi vida.

Al Ingeniero Carlos Cali, Director de Tesis por el apoyo técnico y humanístico que contribuyo para cumplir con los objetivos planteados en el presente estudio de investigación.

Al Ingeniero Juan León, Miembro del Tribunal de la tesis, con su colaboración y apoyo se hizo posible la culminación de este trabajo.

A los Dirigentes de la UNION DE ORGANIZACIONES BENEFICIARIOS DEL RIEGO “NUEVA ALIANZA” de la Comunidad de los Ceceles, en especial a la señorita Roció Nauya y a Don Timoteo por sus colaboraciones.

A las autoridades y profesores de la Facultad de Recursos Naturales quienes son testigo de mi formación profesional.

**TABLA DE CONTENIDO**

Índice	VI
Lista de Cuadros	XIII
Lista de Gráficos	XVI
Lista de Anexos	XVIII

	Descripción	Pág.
I.	TEMA	1
II.	INTRODUCCIÓN	1
	A. JUSTIFICACIÓN	4
	B. OBJETIVOS	4
	1. <u>Objetivo General</u>	4
	2. <u>Objetivos Específicos</u>	4
III.	REVISION DE LITERATURA	5
	A. DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO	5
	1. <u>Diagnostico Integral y Participativo de un sistema de riego</u>	5
	a. Actividades y técnicas que usamos paradiagnosticar	5
	1) Fuentes de Aguas	5
	2) Infraestructura	6
	3) Organización de Regantes	6
	4) Derechos y Repartos	6
	5) Sistema de reproducción	6
	B. GESTION DE RIEGO	7
	1. <u>Organización</u>	7
	2. <u>Asignación</u>	7
	3. <u>Distribución</u>	7
	C. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO	8
	1. <u>Fuentes de Aguas y Cuencas Hidrográficas</u>	8
	2. <u>Infraestructura del sistema de riego</u>	
	a. Bocatomas	9
	b. El desarenador	9
	c. Conducciones abiertas y cerradas	9
	d. Canales	10
	e. Sifones y Acueductos	10
	f. Túneles	10
	g. Rampas, escalones y disipadores de energía	10
	h. Descargas, o estructuras de entrega.	11
	i. Compuertas y Vertederos	11
	j. Estructuras de distribución	12
	k. Estructuras de almacenamiento	12
	l. Estructuras de medición de caudales	12
	m. Conductos a presión	12
	n. Muros de contención.	13
	3. <u>Sistema Normativo y los Derecho del Agua.</u>	13
	a. Los derechos del agua y las obligaciones	13
	b. Las reglas de reparto y la lógica de distribución del agua	14
	4. <u>Organización de Regantes</u>	15
	5. <u>Sistema de Producción</u>	16
	6. <u>Distribución del riego parcelario</u>	16
	D. MÉTODOS DE RIEGOS	17
	1. <u>Riego por superficie o gravitacional</u>	17
	a. Riego con regueras en contorno	17
	b. Riego por surcos	18

c.	Riego por inundación	18
2.	<u>Métodos de riego aspersión</u>	18
3.	<u>Eficiencia de Aplicación (%) de diferentes Métodosde Riego</u>	18
a.	Factores que determinan la eficiencia del riego superficial	19
1)	Coefficiente de uniformidad	19
2)	Tiempo de riego	20
3)	Longitud máxima del surco	20
4)	Percolación profunda	21
5)	Forma de los surcos	21
6)	Pendiente de suelo	21
7)	Infiltración de los suelos	21
8)	Condiciones desconocidas	22
E.	<b>EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE RIEGO</b>	22
1.	Evaluación de riego superficial	23
a.	Medición de la infiltración	23
1)	Cilindros infiltró metros	23
2)	Surcos infiltró metros	24
3)	Infiltración	24
3.1.	Velocidad de infiltración	24
3.2.	Velocidad Instantánea o velocidad deInfiltración. (ii )	24
3.3.	Velocidad acumulada (ia)	25
3.4.	Infiltración básica	25
3.5.	Velocidad de infiltración según la textura del suelo	27
b.	Clasificación del grupo hidrológico en relación al tipo de suelos	28
1)	Suelos muy permeables	28
2)	Suelos permeables	28
3)	Suelos impermeables	28
4)	Suelos muy impermeables	29
c.	Relación entre el suministro y la tasa deinfiltración en el suelo	29
d.	Intervalo de humedad Disponible en el suelo	29
e.	Longitud de surcos en relación al caudal,pendiente y profundidad	30
f.	Factores que influyen en la infiltración	31
g.	Escorrentía y erosión	32
2.	Evaluación de riego por Aspersión	32
a.	Características del aspersor	32
b.	Elementos técnicos a tomar en cuenta en riego poraspersión	33
1)	Determinación del Coeficiente de uniformidad Christiansen (Cu): en %	33
2)	Determinación de la uniformidad de distribución	34
3)	Precipitación media (Pm)	34
4)	Pluviometría media recogida (hm)	35
5)	Pluviometría media aplicada (qr)	35
F.	<b>NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS</b>	35
1.	<u>Cálculo de la Evapotranspiración de cultivo (Etc.)</u>	36
2.	<u>Estimación de las necesidades de agua de los cultivos,</u>	37
3.	<u>Coeficiente de cultivo (Kc)</u>	38
4.	<u>La raíz</u>	40

5.	<u>Precipitación efectiva de la zona</u>	40
6.	<u>Láminas y frecuencias de riego</u>	42
7.	<u>Determinación de la lámina de riego</u>	43
G.	<b>TECNIFICACION DEL RIEGO PARCELARIO</b>	44
1.	<u>Riego Parcelario</u>	45
2.	<u>Propuesta técnica para el uso y manejo del riego</u>	46
a.	Sistemas de riego por superficie o gravedad	46
1)	Riego por surcos	46
2)	Riego por melgas	46
3)	Riego por pozas	47
4)	Riego por desbordamiento natural	47
5)	Ventajas del riego por superficie o gravedad	47
6)	Desventajas del riego por gravedad	47
b.	Sistemas de riego a presión	47
1)	Por aspersión	48
2)	Por micro aspersión	48
3)	Por goteo	48
c.	Aspectos técnicos en el diseño sistema riegoparcelario	48
d.	Factores determinantes en el diseño	49
IV.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	50
A.	<b>MATERIALES</b>	50
1.	Localización	50
2.	Situación Geográfica	50
3.	Características climáticas	50
a.	Temperatura máxima	50
b.	Temperatura mínima	50
c.	Temperatura promedio	50
d.	Precipitación	50
e.	Hr	50
4.	Clasificación ecológica	50
5.	Suelos	51
B.	<b>MATERIALES</b>	51
1)	Materiales	
2)	Equipo	51
3)	Materiales utilizados en el campo durante el ensayo	51
C.	<b>METODOLOGÍA</b>	52
1.	Para <u>cumplir el primer objetivo se desarrolló la siguiente metodología</u>	52
2.	Para <u>cumplir el segundo Objetivo se utilizó la siguiente metodología</u>	53
a.	Pruebas de infiltración por método del cilindro infiltró metro	54
b.	Pruebas de infiltración por el método de surco infiltró metro	54
c.	Evaluación del riego por aspersión	55
3.	Para <u>cumplir el tercer Objetivo se utilizó la siguiente metodología</u>	56



<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	58
<b>A. ACUERDOS SOCIALES PARA REALIZAR EL DIAGNOSTICO</b>	58
<b>B. DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO</b>	58
1. <u>Historia de los Sistemas de Riegos</u>	59
a. Sistema de Riego Gompune	59
b. Sistema de Riego Guargualla- Licto	59
2. <u>Infraestructuras</u>	60
a. Caracterización de la Infraestructura del Sistema de riego Gompune	60
1) Captación	60
2) Conducción principal Gompune	60
3) Conducción secundaria Gompune	61
4) Red de distribución terciaria	61
b. Caracterización de la Infraestructura del Sistema de riego Licto	62
1) Bocatoma	62
2) Túneles	62
3) Canal Principal Licto - Ceceles	62
4) Construcción de plataforma	63
5) Sifones	63
6) Conducción Secundaria- Ceceles	64
7) Red de distribución terciarios	64
8) Obras de Reparto y Compuertas	64
9) Reservorios	65
3. <u>Gestión al derecho de riego</u>	66
a. Gestión de Derecho al agua del Gompune	66
b. Gestión de Derecho al agua de Guargualla- Licto	67
c. Asignación del derecho de uso	67
1) Derecho de agua en el Sistema Gompune	68
2) Derechos de agua en el Sistema Guargualla - Licto	68
d. Distribución del riego	69
1) Distribución de riego Gompune	69
2) Distribución de Agua Guargualla	70
2.1 Reservorio de Canallapamba	70
2.2 Reservorio de Zanja loma.	72
2.3 Módulos servidos por el agua de Guargualla directamente	73
e. Turnos y horarios de riego.	74
1) Frecuencia de riego del Sistema Gompune	74
2) Frecuencia de riego del Sistema Guargualla	75
f. Aprovechamiento	76
4. <u>Organización de los regantes</u>	76
a. Reglamento Interno	77
b. Mingas	78
c. Multas	78
d. Elección de la Directiva del riego “Nueva Alianza” de Ceceles	78
e. Funciones de los dirigentes	79
f. Obligaciones de los usuarios	79

5. <u>Patrón de Usuarios</u>	80
6. <u>Sistema de producción</u>	80
7. <u>Patrón de Cultivos</u>	81
8. <u>Método de riego parcelario</u>	83
a. Pendiente de Suelos	83
b. Métodos de riegos utilizados en Ceceles	83
c. Desvió de Aguas	84
<b>C. EFICIENCIA-RIEGO OPTIMO vs PRODUCTIVIDAD</b>	85
1. <u>Pruebas de Infiltración</u>	85
a. Prueba de infiltración por método cilindro infiltrómetro	85
1) Infiltración acumulada e infiltración instantánea	85
1.1. Infiltración acumulada e Instantánea Canallapamba 1	86
1.2. Prueba de infiltración en Canalla pamba 2	88
1.3. Prueba de infiltración Cecel Grande 1. (CG1)	90
1.4. Prueba de infiltración en Cecel Grande 2 (CG2)	92
1.5. Prueba de infiltración en Cecel Grande 3. (CG3).	94
1.6. Prueba de infiltración en Cecel Grande 4-5(CG4-CG5)	96
1.7. Pruebas de infiltración en Cecel Grande 6 (CG6)	98
1.8. Prueba de infiltración Cecel Grande 7-8 (CG7-CG8)	100
1.9. Análisis comparativo de infiltración instantánea y acumulada	102
b. Prueba de infiltración por método surco- infiltró metro	104
1) Prueba de infiltración Canalla pamba 1	105
1.1. Módulo Canallapamba 1	105
1.1.1 Infiltración de caudal en relacional tiempo	106
1.1.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	107
1.2 Módulo Canallapamba 2 (CP2)	108
1.2.1 Prueba de Infiltración en relación al tiempo	109
1.2.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	110
1.3 Módulo Cecel Grande 1 (CG1).	111
1.3.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo	111
1.3.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	112
1.4 Prueba de Infiltración en Cecel Grande 2 (CG2)	113
1.4.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo	114
1.4.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	115
1.5 Prueba de Infiltración Cecel Grande 3 (CG3)	115
1.5.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo	116
1.5.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	117
1.6 Prueba de Infiltración Cecel Grande 4-5 (CG4-5)	118
1.6.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo	119
1.6.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	120
1.7 Prueba de Infiltración Cecel Grande 6 (CG6).	121
1.7.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo	122
1.7.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	123
1.8 Prueba de Infiltración Cecel Grande 7-8 (CG7-8)	124
1.8.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo	124

1.8.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto	125
2. <u>Análisis comparativo de las eficiencias de aplicación por módulos</u>	126
3. <u>Velocidad o tasa de infiltraciones por módulos</u>	128
4. <u>Volumen total aplicado en surcos por módulos</u>	129
5. <u>Evaluación de riego por aspersión</u>	130
a. Características y especificaciones técnicas	130
b. Disposición de los Pluviómetros en la parcelas del ensayo	132
c. Volumen total de agua recolectado en los pluviómetros por cuadrantes	134
1) Precipitación en Modulo CG7	134
2) Precipitación en Modulo CG3	135
d. Análisis de los parámetros de evaluación del riego por aspersión	135
1) Coeficiente de uniformidad en GC7	136
2) Coeficiente de uniformidad en GC3	137
3) Uniformidad de distribución (UD) en CG7	138
4) Uniformidad de distribución (UD) en CG3	139
5) Precipitación media (Pm): mm en CG7	140
6) Precipitación media (Pm): mm en CG3	141
7) Pluviometría media recogida (hm) en CG7: (mm/h)	142
8) Pluviometría media recogida (hm) en CG3: (mm/h)	143
9) Pluviometría media Aplicada en GG7 y CG3 (hm): (mm/h)	144
10) Eficiencia de Aplicación (%)	144
10.1. Eficiencia de Aplicación en CG7 en (%)	144
10.2. Eficiencia de Aplicación en CG3 en (%)	146
6. <u>Tiempos e intervalos de riego óptimos vs productividad agropecuaria</u>	147
a. El requerimiento de riego	147
1) Cultivo de Pasto	148
2) Cultivo del Maíz	149
3) Cultivo de la Papa	150
4) Cultivo de Hortalizas	151
5) Cultivo de los Cereales	152
b. Volumen total de agua que necesita los cultivos	153
c. Volumen total de caudal que riegan	153
d. Demanda Vs. Oferta de agua de riego en el Ceceles	155
<b>D. PROPUESTA DE TECNIFICACIÓN DEL RIEGO Y PROPONER ALTERNATIVAS DE MÉTODOS DE RIEGO, VIABLES Y SOSTENIBLE</b>	155
1. <u>Protección de las Vertientes</u>	156
2. <u>Operación y Mantenimiento de las Infraestructura física</u>	156
3. <u>Aspectos Importantes que se debe tomar en cuenta para regar</u>	157
4. <u>Propuesta técnica para el uso y manejo del riego</u>	157
a. Aspectos técnicos considerados del parcelario por método superficial	157

1) Riego Canterones	157
2) Riego por surcos	158
3) Riego por Inundación	158
b. Aspectos técnicos considerados en el diseño del sistema riego parcelario por método presión	158
<b>VI. CONCLUSIONES.</b>	161
<b>VII. RECOMENDACIONES.</b>	164
<b>VIII. RESUMEN</b>	165
<b>IX. SUMMARY</b>	166
<b>X. BIBLIOGRAFIA</b>	167
<b>ANEXOS</b>	169

## LISTA DE CUADROS

<b>Numero</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro 1:	Eficiencia utilizada para diferentes métodos de riego.	19
Cuadro 2:	Velocidad de Infiltración del suelo según textura.	28
Cuadro 3:	Relación entre textura del suelo, tasa de infiltración y caudal.	29
Cuadro 4:	Intervalo de humedad Disponible en el suelo.	30
Cuadro 5:	Longitud de surcos y caudal.	30
Cuadro 6:	Tamaño del caudal para diferentes suelos y pendientes.	31
Cuadro 7:	Valores de la Uniformidad de Distribución.	34
Cuadro 8:	Evapotranspiración de referencia, valores medios mensuales y diarios.	37
Cuadro 9:	Valores de Coeficiente de Cultivo Kc.	39
Cuadro 10:	Etapas de desarrollo de cultivos en días.	39
Cuadro 11:	Profundidad de las raíces diferentes cultivos.	40
Cuadro 12:	Precipitación en la zona.	41
Cuadro 13:	Número de beneficiarios por módulos en Gompue	61
Cuadro 14:	Inventario de Obras de repartos por módulos	65
Cuadro 15:	Módulos servidas por el reservorio Canallapamba	70
Cuadro 16:	Módulos servidos por el reservorio Zanja loma.	72
Cuadro 17:	Módulos servidos por agua del Sistema Guargualla- Licto.	73
Cuadro 18:	Frecuencia de riego sistema Gompue y Guargualla.	75
Cuadro 19:	Superficie bajo riego por cultivo	81
Cuadro 20:	Superficie secano de cultivos.	82
Cuadro 21:	Rango de pendientes en diferentes módulos.	83
Cuadro 22:	Riego utilizado con diferentes métodos en diferentes Módulos.	84
Cuadro 23:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CP 1.	86
Cuadro 24:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CP2	88
Cuadro 25:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG1.	90
Cuadro 26:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG2.	92
Cuadro 27:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG3.	94
Cuadro 28:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG4-5.	96
Cuadro 29:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG6.	98
Cuadro 30:	Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG7-8.	100
Cuadro 31:	Datos de infiltración instantáneas diferentes módulos.	102
Cuadro 32:	Datos de infiltración instantáneas diferentes módulos.	103
Cuadro 33:	Características principales de la zona.	105
Cuadro 34:	Evaluaciones tomadas en el ensayo surco-infiltrómetro.	106
Cuadro 35:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	106
Cuadro 36:	Longitud de canchales vs Caudal.	107
Cuadro 37:	Características principales de la zona del ensayo.	108
Cuadro 38:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	109

Cuadro 39:	Longitud de canteron vs Caudal.	110
Cuadro 40:	Características principales de la zona del ensayo.	111
Cuadro 41:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	111
Cuadro 42:	Longitud de canteron vs Caudal.	112
Cuadro 43:	Características principales de la zona del ensayo.	113
Cuadro 44:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	114
Cuadro 45:	Longitud de canteron vs Caudal.	115
Cuadro 46:	Características principales de la zona del ensayo.	116
Cuadro 47:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	116
Cuadro 48:	Longitud de canteron vs Caudal.	117
Cuadro 49:	Características principales de la zona del ensayo.	119
Cuadro 50:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	119
Cuadro 51:	Longitud de canteron vs Caudal.	120
Cuadro 52:	Características principales de la zona del ensayo.	121
Cuadro 53:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	122
Cuadro 54:	Longitud de canteron vs Caudal.	123
Cuadro 55:	Características principales de la zona del ensayo.	124
Cuadro 56:	Profundidad de Infiltración vs tiempo.	124
Cuadro 57:	Longitud de canteron vs Caudal.	126
Cuadro 58:	Eficiencias de Aplicación en diferentes módulos.	127
Cuadro 59:	Velocidad de infiltración diferentes módulos.	128
Cuadro 60:	Volumen total aportado en módulos de estudio.	129
Cuadro 61:	Datos y parámetros del riego por aspersión.	131
Cuadro 62:	Coeficiente de uniformidad en el Modulo CG7	136
Cuadro 63:	Coeficiente de uniformidad en el Modulo CG3.	137
Cuadro 64:	Uniformidad de Distribución en el Modulo CG7.	138
Cuadro 65:	Uniformidad de Distribución en el Modulo CG3.	139
Cuadro 66:	Datos precipitación media en CG7.	140
Cuadro 67:	Datos precipitación media en CG3.	141
Cuadro 68:	Datos Pluviometría media recogida en CG7.	142
Cuadro 69:	Datos Pluviometría media recogida en CG3	143
Cuadro 70:	Lámina promedio del agua que contribuye al pasto en CG7.	144
Cuadro 71:	Lámina promedio del agua Aplicado en el CG7.	145
Cuadro 72:	Lámina promedio del agua que contribuye al pasto en CG3.	146
Cuadro 73:	Lámina promedio del agua Aplicado en el CG3.	146
Cuadro 74:	Riego optimo para el cultivo de pasto.	148
Cuadro 75:	Riego optimo para el cultivo de maiz.	149
Cuadro 76:	Riego optimo para el cultivo de papa.	150
Cuadro 77:	Riego optimo para el cultivo de Hortalizas.	151
Cuadro 78:	Riego optimo para el cultivo de Cereales.	152
Cuadro 79:	Volumen de agua requerido de acuerdo al patrón de cultivos en	153

## Ceceles.

Cuadro 80:	Volumen total de agua que riegan.	154
Cuadro 81:	Volumen total que riegan Ceceles con dos sistemas	155
Cuadro 82:	Demanda y oferta de agua en Ceceles.	156
Cuadro 83:	Diseño recomendado por FAO.	167

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Número</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
Grafico1:	Curvas Velocidad de infiltraciones	25
Grafico2:	Curva de infiltración, según texturas del suelo.	27
Grafico3:	Curva generalizada de Coeficiente de Cultivo Kc.	38
Grafico4:	Conducción secundaria Gompueene.	61
Grafico5:	Canal Principal Licto - Ceceles .	62
Grafico6:	Conducción Secundaria- Ceceles .	64
Grafico7:	Superficie regada reservorio almacenada de Canallapamba.	71
Grafico8:	Grafico 8: Superficie regada con reservorio almacenada de Zanzaloma.	72
Grafico9:	Superficie regada por el sistema de Guargualla directamente.	74
Grafico10:	Distribución de cultivo bajo riego.	82
Grafico11:	Distribución de cultivo secano	82
Grafico12:	Curvas de Infiltración Acumulada (CP1).	87
Grafico13:	Curvas de Infiltración instantánea (CP1).	87
Grafico14:	Curvas de Infiltración instantánea (CP2).	89
Grafico15:	Curvas de Infiltración instantánea (CP2)	89
Grafico16:	Curvas de Infiltración Acumulada (CG1).	91
Grafico17:	Curvas de Infiltración instantánea (CG1).	91
Grafico18:	Curvas de Infiltración Acumulada (CG2).	93
Grafico19:	Curvas de Infiltración instantánea (CG2).	93
Grafico20:	Curvas de Infiltración Acumulada (CG3).	95
Grafico21:	Curvas de Infiltración instantánea (CG3).	95
Grafico22:	Curvas de Infiltración Acumulada (CG4-CG5)	97
Grafico23:	Curvas de Infiltración instantánea (CG4-CG5).	97
Grafico24:	Curvas de Infiltración Acumulada (CG6).	99
Grafico25:	Curvas de Infiltración instantánea (CG6).	99
Grafico26:	Curvas de Infiltración Acumulada (CG7-CG8).	101
Grafico27:	Curvas de Infiltración instantánea (CG7-CG8).	101
Grafico28:	Promedio de velocidad de infiltración instantánea.	102
Grafico29:	Velocidad Promedio de Infiltración acumulada en ocho módulos.	103
Grafico30:	Profundidad infiltración vs Tiempo de avance en CP1.	107
Grafico31:	Caudal vs longitud de canteron CP1.	108
Grafico32:	Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance en CP2.	109
Grafico33:	Caudal vs longitud de canteron CP2.	110
Grafico34:	Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance en CG1.	112
Grafico35:	Caudal vs longitud de canteron CG1.	113
Grafico36:	Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance en CG2.	114



Grafico37: Caudal vs longitud de canteron CG2.	115
Grafico38: Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance en CG3.	117
Grafico39: Caudal vs longitud de canteron CG3.	118
Grafico40: Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance en CG4-5.	120
Grafico41: Caudal vs longitud de canteron CG4-5.	121
Grafico42: Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance en CG6.	122
Grafico43: Caudal vs longitud de canteron CG6.	123
Grafico44: Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance en CG7-8.	125
Grafico45: Caudal vs longitud de canteron CG7-8.	126
Grafico46: Eficiencia de aplicación en por módulos	127
Grafico47: Velocidad de infiltración por módulos.	128
Grafico48: Volumen total aportado en los módulos de estudio.	130
Grafico49: Ubicación de los pluviómetros en el módulo CG7.	132
Grafico50: Ubicación de los pluviómetros en el módulo CG3.	133
Grafico51: Precipitación por cuadrantes en CG7.	134
Grafico52: Precipitación por cuadrantes en GG3.	135
Grafico53: Coeficiente de Uniformidad CG7 evaluación por aspersión.	136
Grafico54: Coeficiente de Uniformidad CG3 evaluación por aspersión.	137
Grafico55: Uniformidad de distribución CG7.	138
Grafico56: Uniformidad de distribución CG3.	139
Grafico57: Análisis de precipitación media en el modulo CG7.	140
Grafico58: Precipitación media ( $P_m$ ) CG3.	141
Grafico59: Pluviometría media recogida ( $h_m$ ) CG7.	142
Grafico60: Pluviometría media recogida ( $h_m$ ) CG3.	143
Grafico61: Volumen Total que aplica.	154
Grafico62: Oferta vs Demanda de caudal en Ceceles.	155

## LISTA DE ANEXOS

Numero	Descripción	Pág.
Anexo 1:	Mapa ubicación Geográfica.	50
Anexo 2:	Acuerdos Sociales Realizadas	58
Anexo 3:	Canal de Conducción Principal Gompuene	60
Anexo 4:	Canal de Conducción Secundaria Gompuene.	61
Anexo 5:	Bocatoma Guargualla-Licto.	62
Anexo 6:	Túnel sistema Guargualla-Licto	62
Anexo 7:	Canal Principal Guargualla-Licto.	62
Anexo 8:	Sifones Chambo Guargualla- Licto	64
Anexo 9:	Conducción Secundaria Guargualla- Ceceles.	64
Anexo 10:	Métodos de Riego `parcelario-Ceceles	83
Anexo 11:	Pruebas de Infiltraciones por método cilindro infiltro metro	85
Anexo 12:	Pruebas de Infiltraciones por método surco infiltro metro.	104
Anexo 13:	Evaluación de riego por aspersión.	130
	Precipitación recolectado en los pluviómetros por cuadrantes CG7	
Anexo 14:	(Aspersor de Senniger)	134
	Precipitación recolectado en los pluviómetros por cuadrantes CG3	
Anexo 15:	(Aspersor de Taiwán)	135
Anexo 16:	Análisis de los parámetros de evaluación (Aspersor Taiwán )	135
Anexo 17:	Análisis de los parámetros de evaluación (Aspersor Senninger).	135
Anexo 18:	Requerimiento Hídrico para el cultivo de pasto	148
Anexo 19:	Requerimiento Hídrico para el cultivo de maíz	149
Anexo 20:	Requerimiento Hídrico para el cultivo de papa	150
Anexo 21:	Requerimiento Hídrico para el cultivo de hortalizas	151
Anexo 22:	Requerimiento Hídrico para el cultivo de cereales	152

# **I. ELABORACION DE UNA PROPUESTA METODOLOGICA PARTICIPATIVA PARA LA TECNIFICACION DEL RIEGO PARCELARIO EN LA ZONA DE CECELES.**

## **II. INTRODUCCIÓN**

El 75% de la superficie de nuestro planeta esta cubierto de agua, el 97,7% es agua salada y solamente un 2,3% es agua dulce. Del agua dulce los casquetes polares y glaciares contienen un 74% del agua dulce en el mundo, el restos se encuentra en profundidades de la tierra o encapsulado en forma de humedad teniendo solamente un 0,3% de agua en los ríos y lagos, de esto un 80% de agua en el mundo esta dirigido a la agricultura donde el 60% se desperdicia por pérdidas de evaporación y escurrimiento principalmente en la conducción, distribución y aplicación.

Se calcula que para producir las necesidades alimentarias diarias de un individuo se necesitan entre 2000 y 5000 litros de agua, se estima que para el año 2030 se necesitaran entre un 14% y un 17% mas de agua destinada al riego para alimentar a la población cada vez mayor del mundo.

Actualmente en el Ecuador, la superficie agrícola bajo infraestructura de riego puede ser estimada en 55000 hectáreas, unos 75000 hectáreas (14%), se encuentra en la sierra. De esta superficie regada el 20% se benefician del riego estatal frente a un 80% que esta bajo riego particular. Se nota que este 80% incluye tanto haciendas regadas como sistemas comunitarios.

El riego como medio de producción trae desarrollo y bienestar a los campesinos, cuando esta presente, pero cuando falta surgen grandes conflictos sociales, desembocando en peleas y desgracias personales, convirtiendo a una zona de pobreza, inequidad y abandono de suelos. El agua interviene en varias funciones de la producción, regulación y significación, manifestando como la sangre para la tierra, debiendo cuidarla como el recurso natural por preciado. El riego produce más o menos el equivalente al 20% del Producto Interno Bruto del país. A mediados de los años 90, las obras de riego estatales

ascendían a 1.510 millones de dólares, constituyendo parte de la deuda externa, es decir el 12% del total.

Por lo tanto el valor de agua, desde el plano natural, cultural, histórico y económico es un recurso renovable limitado, en peligrosa disminución y su manejo es un problema político, económico, cultural y técnico. Para que el agua sea suficiente para todos y para que el riego desarrolle el potencial en los campos para la agricultura, urge la conformación de una nueva cultura de tecnificación del riego, donde se optimice, valore y se cuide de la mejor manera, puesto que se apunta a la sostenibilidad y sustentabilidad en el largo plazo.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente la zona de los Ceceles constituye parte del sistema de riego Licto, e involucra a, cuatro sectores Cecel Grande- Cecel Lincas- Cecel Huerta pamba quienes se benefician de dos fuentes de agua “Gompuene” sistema de riego antiguo y “Guarguallá”. Los caudales que escurren de la quebrada de Gompuene con el pasar de los años, por la presión demográfica ejercida sobre los recursos naturales, estas se ha ido menguando en cantidad, resultando insuficientes los caudales para abastecer a la zona mencionada. Frente a la problemática, los campesinos de Ceceles, realizan un proceso de lucha y gestión para insertarse dentro de la zona de influencia del Sistema de Riego Licto, anhelando suplir la escasez de agua, que impide el mejor aprovechamiento del recurso hídrico

Inicialmente este sector no era parte del Proyecto Licto, pero al ser aceptados dentro de la organización de usuarios, se insertan en la JGU – Licto, encaminando a fortalecer el funcionamiento del sistema de riego dentro de la comunidad, pues una parte de Ceceles cuentan con dos caudales, debiendo hacer un riego planificado y ordenado, definiendo derechos y obligaciones de AOM, así como la revisión de repartos de agua, rehabilitando las obras de infraestructura y mejorando la eficiencia de conducción, distribución y aplicación del recurso hídrico, el cual permite un ahorro del agua, para mejorar la frecuencia e intervalo de riego, así como el incremento de la productividad Agropecuaria.

Los métodos de riego tradicionales juegan un papel importante en la agricultura, la cual depende del lugar, tipo de suelo, cultivo y caudales de parcela nocturnos, manejados ineficientemente por mujeres y ancianos que pueden causar: -pérdidas de agua, - erosión de los suelos y pérdida de la fertilidad de los mismos, con bajos rendimientos de los cultivos y como consecuencia se incrementa la pobreza, migración y pérdida de su soberanía alimentaria.

Para salvaguardar los recursos naturales escasos, en las zonas potencialmente agrícolas, con esta propuesta se pretende socializar tecnologías de uso y aprovechamiento del riego, considerando los requerimientos hídricos de los cultivos y aprovechando los medios de producción disponibles por parte de los campesinos de Ceceles. El método de riego por aspersión en suelos de topografía inclinada facilitan se caracterizan por el uso de una tecnología de fácil manejo y alta efectividad, ya que la operación y mantenimiento de los mismos, pudiendo realizar hombres y mujeres, cuando es diseñado y seleccionado apropiadamente, facilitando la aplicación uniforme del agua con poca escorrentía y erosión del suelo, siendo lo ideal del riego la flexibilidad para que el agua pueda aplicarse en el tiempo las cantidad correctas.

Ante la disminución de caudales en estiaje los conflictos sociales por el agua que se puedan generar, urge la necesidad de realizar estudios para una mejor planificación, racionalización y eficiencia de la gestión del agua en la zona, mediante una distribución justa y equitativa, asegurando el abastecimiento suficiente de agua a la zona para armonizar la disponibilidad del riego.

Bajo este contenido se planteó realizar el presente estudio de investigación, analizando utilizando métodos de riego tradicionales para los campesinos de Ceceles, a fin de generar alternativas de mejorar la distribución del riego, en igualdad de condiciones para todos los usuarios, evaluando métodos de riego parcelario tecnificado, con fines demostrativos y resultados exitosos de la optimización del uso del recurso agua.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

Elaborar una propuesta metodológica participativa para la tecnificación del riego parcelario en la zona de los Ceceles y optimizar el recurso hídrico.

### **2. Objetivos Específicos**

- a.** Realizar el diagnóstico participativo de los métodos tradicionales de riego parcelario en Ceceles, tomando en cuenta derechos de uso, aprovechamiento, sistema de reparto de caudales y acuerdos sociales vigentes en torno a este recurso.
- b.** Analizar la eficiencia del riego por gravedad y aspersión utilizados, interrelacionando tiempos e intervalos de riego óptimos, versus la productividad agropecuaria.
- c.** Elaborar una propuesta de tecnificación del riego, a partir de los resultados del estudio y proponer alternativas de métodos de riego, viables y sostenibles.

### **III. REVISION DE LITERATURA.**

#### **A. DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO**

Un diagnóstico participativo es el conjunto de actividades como: reuniones, recorridos por el lugar, averiguaciones, búsqueda de datos, que se hace con la Junta de riego para identificar y analizar los principales problemas que tiene las obras físicas de un sistema de riego en su totalidad, desde la fuente de agua, hasta las parcelas, para ver dónde está "crítico o débil" y buscar entre todas las mejores soluciones, la mayoría de los miembros de la organización tengan la posibilidad de una participación consciente, es decir, que conozcan la funcionalidad social sobre lo que se discute y las consecuencias de tomar una u otra decisión, donde es indispensable involucrar a todos los integrantes de la organización, para obtener el compromiso del grupo en el trabajo y en el logro de los resultados. (APOLLIN, F. Y. C. EBERHART. 1998).

#### **1. Diagnostico Integral y Participativo de un sistema de riego.**

Este diagnóstico permite conocer los problemas que tienen las diferentes partes de un sistema de riego y plantear alternativas de solución para mejorarlo en su totalidad. Es realizado por la propia Junta de riego y los usuarios, tanto hombres como mujeres.

En este enfoque integral y participativo se tiene en cuenta el aspecto social y técnico por cuanto un sistema de riego no es solamente personas ni solamente obras. Así como las obras técnicas son necesarias, la opinión y participación de la gente es importante. Se llama integral porque tiene en cuenta todos los componentes del sistema de riego.

##### **a. Actividades y técnicas que usamos para diagnosticar**

###### **1) Fuentes de Aguas.**

Diagnosticar si existe algún problema las fuentes de agua? A través de recorridos para observar las vertientes, entrevistando a los comuneros, observar existen zonas de quema, sobre pastoreo. etc.

## **2) Infraestructura.**

Para analizar la infraestructura se hacen recorridos observando todas las obras desde la bocatoma hasta la cola del canal, se miden caudales, identificando lo que represente problemas. Es importante también preguntar la opinión de la gente, conversar con el aguatero.

## **3) Organización de Regantes.**

En lo organizativo, se revisan los informes de tesorería, se pregunta cómo funciona la directiva, la asamblea, et

## **4) Derechos y Repartos.**

Es analizar el reparto de agua podemos identificar los principales problemas o desigualdades existentes y descubrir las posibles alternativas que fortalezcan y mejoren el reparto y la relación con los derechos de agua. En el caso de los derechos de agua se averigua si tienen o no, y en el caso de tenerlas, se analizan las sentencias, estatuto, reglamento, padrones de usuarios.

## **5) Sistema de reproducción.**

Los sistemas de producción, se puede observar las parcelas, entrevistar o conversar con agricultores, hombres y mujeres, acerca de lo que sembraban antes y a cuánto llegaban sus ingresos, y lo que pueden sembrar con riego y sus ingresos, etc. Otra manera de recoger la información diagnóstica es acompañar a los usuarios a regar la parcela y observar, anotar los procedimientos, para identificar desperdicios de agua o un buen uso del recurso (APOLLIN, F. Y C. EBERHART. 1998)



## **B. GESTION DE RIEGO.**

Se trata del uso organizado de recurso (humano, físico, económico) para la planificación, operación y monitoreo de tareas y actividades relacionadas con la distribución y uso de agua para cultivos irrigados, con inclusión de mantenimiento, drenaje control de conflictos y recuperación de gastos e incluidos también estructuras organizativa y comunicaciones, todo con el fin de realizar metas y objetivos de organizaciones e individuales involucrados. (JURRIENS Y DE JONG, 1986).

### **1. Organización**

La organización para distribuir el agua es parte de la gestión comunal. Grupos de riego particulares tiene un alto grado de autonomía. Cuando un sistema de riego incluye algunas comunidades se encuentra un solo nivel de gestión encima de la comunidad con pocas responsabilidades. Deliberación y coordinación ocurre sobre todo entre representantes de comunidades, se prefiere crear un sistema nuevo que a crear un nivel de la gestión a más de la existente, evita conflictos existentes en gran manera y transparencia es una característica importante (GERBRANDY, 1991; BLEUMINK Y SIJBRANDIJ, 1990).

### **2. Asignación**

El derecho de agua es personal, obtienen por la participación de trabajo de construcción y mantenimiento del sistema. El derecho del agua no es vinculado con propiedad de tierra (BLEUMINK Y SIJBRANDI, 1990, BURGHT Y KNOPS, 1993).

MARTINEZ (1987), contradice e indica alternativas de distribución en base a la necesidad de cultivo, participación de minga y tamaño de terreno.

### **3. Distribución**

El principio de la distribución del agua es la rotación del caudal entero entre los que tienen derecho, para un periodo determinado en base a su inversión de trabajo, los turnos siguen un orden fijo de usuarios. Una persona es indicada como supervisor de la distribución del agua por la temporada de riego, es un servicio a la comunidad con un gran numero de obligaciones rituales, es la responsabilidad de esta persona a supervisar los turnos, cerrar y

abrir las entradas de las chacras, controlando el robo de agua y resolver los conflictos (GELLES ,1994).

## **C. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO**

### **1. Fuentes de Aguas y Cuencas Hidrográficas.**

En los Andes ecuatorianos, el agua de riego se capta -en la mayoría de los casos- en las quebradas o ríos, que nacen en las zonas altas y los páramos y se van alimentando en su recorrido de aportes laterales.

Por lo tanto, el páramo -en su estado natural- tiene un papel importante en la regulación de los aportes de agua. Actúa, con sus suelos y su vegetación, como una esponja que almacena las lluvias durante el invierno y la suelta regularmente en tiempo de sequía.

Diagnosticar si existe algún problema las fuentes de agua? A través de recorridos para observar las vertientes, entrevistando a los comuneros, observar existen zonas de quema, sobre pastoreo. (CAMAREN, 1999:27).

Las aguas de lluvia se infiltran en el suelo o escurren en superficie, por sí solas según la pendiente, y llegan a juntarse en los ríos o quebradas. Todas las zonas que llegan a juntar sus aguas hacia un mismo río o una misma quebrada constituyen una cuenca hidrográfica.

Según este concepto, se define a la cuenca hidrográfica "como una unidad territorial y ambiental delimitada por una línea divisoria de aguas que tributa a una red natural de drenaje, que tiene una salida única". En algunos casos, el agua es captada desde la profundidad de la tierra mediante la excavación de pozos. Esta es el agua subterránea. El trabajo de conseguir el agua desde fuentes subterráneas es muy complicado y costoso, por lo que no son comunes estos casos. Lo más importante es ver que en este espacio, todos los elementos se relacionan: agua, suelos, vegetación y fauna y además, los seres humanos, que actúan formando un sistema abierto e interdependiente (CAMAREN, 1999:27).

## **2. Infraestructura del sistema de riego.**

### **a. Bocatomas**

Sirven para captar o coger el agua suficiente de un río, de una quebrada o de un lago y conducirla a través de un canal y regar un área determinada para satisfacer las demandas de las plantas.

### **b. El desarenador.**

Es un tanque sedimentador cuyas dimensiones dependen del caudal de diseño de la toma, de la distribución granulométrica de los sedimentos en suspensión que transporta la corriente natural y de la eficiencia de remoción, la cual oscila entre el 60 y el 80% del sedimento que entra al tanque. En el fondo tiene un espacio disponible para recibir los sedimentos en suspensión que retiene; estos sedimentos son removidos periódicamente mediante lavado hidráulico o procedimientos manuales.

### **c. Conducciones abiertas y cerradas**

Las conducciones se diseñan para transportar agua desde un punto de inicio hasta su disposición final en un depósito o en otro conducto de mayor tamaño. En el punto de inicio, o ENTRADA, el conducto recibe el agua desde una estructura de captación y luego a lo largo de su recorrido puede recibir caudales adicionales que entran lateralmente. La disposición final del caudal se hace en el sitio de ENTREGA.

La conducción es abierta cuando por encima de la superficie del agua no existe ningún elemento, por ejemplo una tapa, que la separe de la atmósfera. En este caso el conducto tiene orillas y el flujo es a superficie libre.

Cuando la sección transversal del conducto tiene la forma de una figura geométrica cerrada, por ejemplo un círculo, un rectángulo o cualquier sección con tapa.

La conducción es cerrada. Si en este tipo de conducciones el agua llena completamente la sección de flujo el conducto funciona a presión; en caso contrario el conducto funciona parcialmente lleno con flujo a superficie libre.

#### **d. Canales**

Los canales son conducciones con flujo a superficie libre. Dentro de su estudio se incluyen los canales naturales y los canales artificiales.

En los canales se diseñan estructuras que permiten el control de los caudales y facilitan las condiciones de flujo. Entre estas estructuras se cuentan obras de entrada, captaciones, transiciones, rápidas, vertederos de exceso, vertederos laterales y obras de entrega. .

#### **e. Sifones y Acueductos**

Para atravesar corrientes naturales y cruzar por depresiones del terreno. Cuando en la trayectoria de un canal se presenta una depresión en el terreno natural se hace necesario superar esa depresión con un sifón o con un puente que se denomina acueducto.

La decisión que se debe tomar sobre las dos estructuras es mejor, en un caso determinado, depende de consideraciones de tipo económico y de seguridad.

#### **f. Túneles.**

Sirve para atravesar obstáculos naturales cuando en el trazado de un canal se encuentra una protuberancia en el terreno, por ejemplo una colina, se presenta la posibilidad de dar un rodeo para evitarla, o atravesarla con un túnel.

Un túnel se emplea como canal, funciona como un conducto cerrado, parcialmente lleno. La sección del canal puede ser revestida o excavada y puede conservar la forma geométrica del canal original, o adaptarse a la sección transversal del túnel.

#### **g. Rampas, escalones y disipadores de energía**

Los canales que se diseñan en tramos de fuertes pendiente resultan con presiones y velocidades de flujo muy altas que superan muchas veces las máximas admisibles para los materiales que se utilizan frecuentemente en su construcción.

Para controlar las velocidades en tramos de alta pendiente se pueden utilizar combinaciones de rampas y escalones, siguiendo las variaciones del terreno. Las rampas

son canales cortos de pendiente fuerte, con velocidades altas y régimen supercrítico; los escalones se forman cuando se colocan caídas al final de tramos de baja pendiente, en régimen subcrítico.

Los disipadores de energía son estructuras que se diseñan para generar pérdidas hidráulicas importantes en los flujos de alta velocidad. El objetivo es reducir la velocidad y pasar el flujo de régimen supercrítico a subcrítico.

Las pérdidas de energía son ocasionadas por choque contra una pantalla vertical en Disipadores de Impacto, por caídas consecutivas en Canales Escalonados, o por la formación de un resalto hidráulico en Disipadores de Tanque.

#### **h. Descargas, o estructuras de entrega.**

El tramo final de un canal entrega su caudal a un tanque, a otro canal o a una corriente natural. Estas entregas se hacen siempre por encima del nivel máximo de aguas de la estructura recolectora.

Las obras son sencillas cuando la entrega se realiza a un tanque o a un canal, porque los niveles de agua en estos últimos son controlados.

Cuando el caudal se entrega a una corriente natural deben tenerse en cuenta las características de la corriente en lo referente a variación de niveles, velocidades de flujo, sedimentación y ataques contra las márgenes. Esto implica que la estructura de entrega debe quedar protegida contra las acciones de la corriente, y el canal debe quedar libre de posibles represamientos.

#### **i. Compuertas y Vertederos**

Son estructuras de control hidráulico. Su función es la de presentar un obstáculo al libre flujo del agua, con el consiguiente represamiento aguas arriba de la estructura, y el aumento de la velocidad aguas abajo.

Existen diferentes tipos de vertederos que se clasifican de acuerdo con el espesor de la cresta y con la forma de la sección de flujo. En el primer caso se habla de vertederos de

pared delgada, vertederos de pared gruesa y vertederos con cresta en perfil de cimacio. En el segundo se clasifican como vertederos rectangulares, trapezoidales, triangulares, circulares, parabólicos, proporcionales, etc.

#### **j. Estructuras de distribución**

Una estructura de distribución es una obra que sirve para repartir el agua de manera eficiente, de acuerdo con las necesidades y con las condiciones preestablecidas o negociadas por los regantes. (OLAZÁBAL ET. AL 1999)

#### **k. Estructuras de almacenamiento.**

Los reservorios nocturnos son obras en las que se almacena el agua durante la noche para distribuir las durante en el día. (OLAZÁBAL ET. AL 1999)

#### **l. Estructuras de medición de caudales**

Es una estructura que sirve, para saber qué cantidad de agua está yendo por el canal existen los medidores de caudal, marcados en litros. Las cuales sirven para si el agua está perdiendo agua en el canal o tubería por filtraciones. Así también conocer cantidad de agua correspondiente a una comunidad y distribuir bien el agua, es decir, no distribuir "al ojo" lo cual traería problemas. (OLAZÁBAL ET. AL 1999).

#### **m. Conductos a presión**

Son conductos cerrados que funcionan llenos. Aunque su sección transversal no es siempre circular se conocen usualmente como Tuberías.

El movimiento del líquido se produce por diferencias de Energía Hidráulica a lo largo del conducto. La Energía Hidráulica (H) tiene tres componentes que son la Energía Potencial (Z), la Presión Interna (h) y la Energía Cinética (hv) del líquido en movimiento. La relación entre ellas se analiza por medio de la ecuación de Bernoulli: (<http://www.geocities.com>).

$$H = Z + h + hv.j$$

#### **n. Muros de contención.**

Pueden ser de dos tipos: gaviones, que son obras de piedras construidas canastillas de malla galvanizado sirve para evitar derrumbes de las laderas, carreteras, caminos o ríos evitando así la destrucción de los canales, u, obras hidráulicos también pueden ser construidas con sacos, palos o troncos y también sembrando árboles en la ladera que baja hacia el canal.

### **3. Sistema Normativo y los Derecho del Agua.**

El sistema normativo se refiere, principalmente, a las reglas de:

- Operación de la fuente
- Distribución de las aguas entre sectores y usuarios
- Mantenimiento de la red
- Resolución de conflictos
- Gestión económica del sistema (tarifas)

#### **a. Los derechos del agua y las obligaciones**

El conjunto de estas normas están supeditadas a los derechos y obligaciones de los usuarios, que se convierten en los fundamentos de todos los sistemas de riego andino.

Cabe mencionar, entre los prioritarios, los siguientes derechos:

- Al agua en cantidad y frecuencia determinada
- Votar en las asambleas
- Participar en las decisiones colectivas
- Participar en las reuniones
- Tomar decisiones con respecto al manejo del agua
- Mantenimiento de la red
- Pago de cuotas y tarifas: de concesiones ,básicas y volumétricas
- Respeto a las reglas de distribución
- Pago de una multa u otras sanciones en caso de no acatamiento de las reglas de reparto, etc.

Los derechos que posee un usuario en un sistema de riego, no cabe duda que el derecho del agua es el principal y debe ser considerado como un eje central en el diagnóstico del funcionamiento de un sistema de riego. En los sistemas antiguos, los derechos del agua fueron creados históricamente: durante la construcción, la implementación y la gestión del sistema. Los derechos actuales y el propio trazado de la red de riego reflejan usos y costumbres de manejo del agua, relaciones de poder entre los grupos de regantes y acuerdos organizativos entre distintos grupos sociales entonces los usuarios que tienen a menudo derechos del agua distintos e intereses diferentes (C. EBERHART, F. APOLLIN, 1994).

En cualquier sistema de riego, sea antiguo o nuevo, la adquisición, la distribución y la misma definición de los derechos del agua son aspectos estrechamente relacionados con la organización social existente (GERBRANDY, 1995).

Por esto, los derechos, las obligaciones y las normas establecidas por las comunidades campesinas no siempre se rigen por las leyes oficiales que fija un Estado para el manejo de las aguas. A menudo, en las comunidades campesinas existen sistemas legales y de normas que resultan de la historia de estos sistemas de riego, de las relaciones sociales existentes, y de los usos y costumbres todavía vigentes.

#### **b. Las reglas de reparto y la lógica de distribución de las aguas**

Son elementos indispensables para entender el derecho del agua y las obligaciones de los usuarios, según la concepción campesina.

La descripción de las formas de reparto del agua entre comunidades, bloques –o sectores– hidráulicos, parcelas y usuarios, permite detallar:

- El reparto de las dotaciones del agua entre los diferentes grupos o barrios dentro del perímetro.
- La distribución interna del agua entre los diferentes usuarios de un mismo barrio.



La descripción de las reglas de distribución permite comprender la lógica del derecho campesino al agua: derecho ligado al usuario o a la tierra, grado de movilidad y de flexibilidad que permite el derecho, horarios y tiempos de distribución. Conocer las modalidades de reparto también ayuda a identificar las obligaciones de los usuarios para conservar sus derechos del agua: trabajo y participación en el mantenimiento, en las asambleas, en la operación del sistema.

Con el estudio del derecho del agua se comprende la relación entre la sociedad campesina y el manejo de las aguas: cómo las relaciones sociales organizan la distribución del agua a través de las relaciones de poder, parentesco, o de alianzas entre grupos sociales. En efecto, aun cuando el agua pueda ser considerada como un medio de producción indispensable tal como la tierra, la mano de obra o el capital, no se la puede restringir a este único concepto. Como ya se lo ha mencionado con anterioridad, el agua no la maneja individualmente un campesino, sino que se maneja de forma colectiva y se distribuye según las reglas sociales y bajo un fuerte control de la comunidad.

El acceso al agua para la producción no siempre depende de forma exclusiva de los derechos poseídos por cada usuario, sino también de relaciones sociales entre usuarios o grupos de usuarios, parentesco, clientelismo, dependencia y relaciones económicas — compra/venta, capitalización, entre otras—. Estas relaciones no pueden ser entendidas si solamente se toma en cuenta la unidad familiar de producción.

#### **4. Organización de Regantes**

La organización para distribuir el agua es parte de la gestión comunal. Grupos de riego particulares tiene un alto grado de autonomía. Cuando un sistema de riego incluye algunas comunidades se encuentra un solo nivel de gestión encima de la comunidad con pocas responsabilidades. Deliberación y coordinación ocurre sobre todo entre representantes de comunidades, se prefiere crear un sistema nuevo que a crear un nivel de la gestión a más de la existente, evita conflictos existentes en gran manera y transparencia es una característica importante (GERBRANDY, 1991; BLEUMINK Y SIJBRANDIJ, 1990).

## **5. Sistema de Producción**

Los sistemas de producción de las familias campesinas dependen de múltiples factores de diferenciación: acceso a la tierra, al capital, manejo de la mano de obra familiar, características del medio agroecológico y socioeconómico. Sin ser único, el acceso al agua también es un factor esencial que orienta las estrategias productivas familiares y las racionalidades socioeconómicas de los sistemas de producción.

Específicamente, interesa entender cómo el acceso al agua de riego influencia, entre otros factores, las estrategias productivas familiares. También, cómo las lógicas de los sistemas de producción y sus dinámicas de evolución explican el funcionamiento de los sistemas de riego y sus transformaciones. Además de entender el funcionamiento técnico y económico de los distintos sistemas de producción, el análisis debe enfocar al futuro.

Las formas de distribución actuales limitan o no el desarrollo y evolución de los sistemas de producción, es una de las inquietudes que interesa responder. También, evaluar si los cambios eventuales en el sistema de riego a nivel de la infraestructura, de las reglas de distribución y de las organizaciones pueden provocar efectos en el mejoramiento de los sistemas de producción.

## **6. Distribución del riego parcelario**

El principio de la distribución del agua es la rotación del caudal entero entre los que tienen derecho, para un periodo determinado en base a su inversión de trabajo, los turnos siguen un orden fijo de usuarios. Una persona es indicada como supervisor de la distribución del agua por la temporada de riego, es un servicio a la comunidad con un gran número de obligaciones rituales, es la responsabilidad de esta persona a supervisar los turnos, cerrar y abrir las entradas de las chacras, controlando el robo de agua y resolver los conflictos (GELLES, 1994).

El análisis de las prácticas de riego permite entender cómo el productor combina sus objetivos productivos con los derechos del agua que dispone. No se debe limitar el análisis al grado de eficiencia técnica de la aplicación del agua, sino entender estas prácticas como parte de una lógica agro técnica desarrollada por las familias, tomando en cuenta sus

derechos al agua, sus recursos económicos, el grado de feminización de la agricultura familiar, la disponibilidad de la mano de obra familiar, etc., y como expresión de las decisiones estratégicas de los productores.

#### **D. MÉTODOS DE RIEGOS.**

El agua para la agricultura es un recurso escaso, por lo tanto los riegos deben efectuarse de una manera eficiente, es decir, se debe aprovechar el agua de la mejor forma posible; lo que permite regar, con la misma cantidad de agua, más superficies.

Para lograr esto existen diversos métodos de riego, tendido que es el que normalmente usan los agricultores, estos métodos pueden ser GRAVITACIONALES, en que el agua es conducida por canales o mangas plásticas o PRESURIZADOS, en los cuales el agua es conducida a presión por tuberías.

##### **1. Riego por superficie o gravitacional.**

Es el método más antiguo y continúa siendo el más extendido en el mundo. Especialmente en los últimos años este método de riego ha evolucionado, tanto para lograr una mejor adaptación a las diversas situaciones (topografía, naturaleza de terreno, etc.) como por razones debidas al progreso tecnológico. Sin embargo aún se pueden encontrar numerosas variantes que van desde los procedimientos más primitivos hasta sistemas muy sofisticados, orientados a dominar cada vez más esta delicada técnica. (UNIVERSIDAD DE LOJA, 1995).

##### **a. Riego con regueras en contorno**

Este riego es muy parecido al riego tendido, con la diferencia de que los regueros se hacen con una pendiente suave y uniformes separados por 15 a 20 metros y se pueden construir usando los siguientes implementos: Nivel topográfico, Nivel de caballete y Nivel de manguera.

### **b. Riego por surcos**

Este método consiste en conducir el agua por pequeños canales ubicados entre las hileras del cultivo y en suelos con pendientes uniforme, también se puede combinar con el riego en contorno, trazando la reguera madre con pendiente suave.

Para regar parcelas con fuerte pendiente (hasta 40%) se usa sistema de canteros o surcos en zig- zag (UNIVERSIDAD DE LOJA, 1995).

### **c. Riego por inundación.**

Este riego se realiza mediante el ingreso del agua a la parcela, dejando que circule libremente de acuerdo a la topografía; este tipo de riego se utiliza básicamente para cultivos forrajeros perennes y cuando existe abundante agua.

## **2. Métodos de riego por aspersión.**

Con este método de riego el agua se aplica al suelo en forma de lluvia utilizando unos dispositivos de emisión, generando un chorro de agua pulverizada en forma de gotas. El agua llega a estos emisores, denominados aspersores, a través de una red de tuberías a una presión determinada, por lo cual es necesario un sistema de bombeo apropiado o aprovechando la pendiente de la misma pendiente del mismo terreno.

El agua es conducida por tuberías de plástico (PVC), aluminio HG-PE donde se genera a presión, por lo tanto se necesita una bomba o una diferencia de nivel (35 mca) entre la fuente de agua y el área del riego.

Se puede regar con este sistema cultivo de cereales, praderas y remolacha; pero tiene el inconveniente de que su costo es elevado, pero la ventaja de que con muy poco agua se puede regar una superficie mucho mayor que con los métodos gravitacionales.

## **3. Eficiencia de Aplicación (%) de diferentes Métodos de Riego**

ISRAELSEN (1963). Define este parámetro como la razón entre el volumen de agua que se almacena en la zona radicular que es finalmente consumido (transpirado y/o evaporado) y el volumen total aplicado. Además, considera las pérdidas de agua más comunes están

representadas por el escurrimiento superficial y la percolación profunda, menospreciando, a su vez, la evaporación.

GRASSI (1975). Indica que la eficiencia está limitada por el método de riego a utilizar para el riego por surcos se estima como rango apropiado de eficiencia aquel que va entre 60%-70%., para el mismo método, menciona valores de 20% en suelos arenosos y con pendiente y hasta 65% en suelos pesados y bien nivelados.

También la relación entre el agua que realmente queda almacenada en la zona de raíces del cultivo (y por lo tanto puede ser aprovechada por ellas) y el agua total aplicada con el riego (Aplicada) las eficiencias son diferentes para diferentes métodos, como se indica en el cuadro siguiente.

**Cuadro 1: Eficiencia utilizados para diferentes métodos de riego.**

<b>Método de riego</b>	<b>Eficiencia %</b>
Tendido	20-30
Surcos	30-60
Corrugado	60-70
Platabandas	65-85
Surcos en curva de nivel	40-70
Aspersión	70-85
Goteo	90-95
Micro aspersión	85-95
Cinta	80-95

Fuente. (VAUX, H. J. *et al.* 1990).

#### **a. Factores que determinan la eficiencia del riego superficial**

##### **1) Coeficiente de Uniformidad**

Este concepto se ha desarrollado con la finalidad de evaluar cuan homogéneamente se ha distribuido el agua sobre la superficie, después de un riego.

El coeficiente de uniformidad, más comúnmente usado, es el de Christiansen, citado por Merrian (1980). Este autor señala que:

$$CU = \frac{PPI - DP}{PPI}$$

CU: Coeficiente de uniformidad, en porcentaje

PPI: Profundidad promedio infiltrada (m)

DP: Desviación promedio de la profundidad infiltrada (m)

## 2) Tiempo de riego

El tiempo de riego es aquel que permite que el suelo alcance la humedad adecuada al final del surco.

## 3) Longitud máxima del surco

La longitud óptima es altamente dependiente de la percolación profunda. Para Larrañaga (1977) y Villarroel (1981), el largo del surco está en función del caudal que se aplica, del cultivo, de la naturaleza y humedad del suelo y de la pendiente.

GRASSI (1975), considera otros factores que pueden influir en el largo, como es el caso del uso de la maquinaria agrícola y de la mano de obra.

Según ese autor, siempre conviene buscar la mayor longitud de surcos, puesto que una reducción conduce a:

- Mayor subdivisión de los predios y potreros
- Aumento de la longitud de regueros y del número de estructuras
- Mayores dificultades para las labores mecanizadas
- Mayores costos de operación y conservación del sistema.

#### **4) Percolación profunda**

VILLARROEL (1981), establece que la percolación se debe al excesivo tiempo de riego, lo que produce una infiltración de agua más allá de la zona de raíces. Este autor establece las mayores pérdidas en los suelos arenosos. Enumera los siguientes factores generales que influyen en el fenómeno: superficie irregular del terreno, suelos delgados sobre un subsuelo de alta permeabilidad, descuidos en la atención del agua en el momento de regar, aplicación excesiva de agua y riegos nocturnos.

#### **5) Forma de los surcos**

La forma de los surcos puede tener una gran influencia en la eficiencia del riego (Villarroel, 1881).

GRASSI (1975), el perfil transversal depende del tiempo de riego, y del implemento con que se hace y del tipo de suelo que se tenga.

MERRIAN (1980), le atribuye influencia sobre el tiempo de avance y el tiempo de infiltración.

La forma de los surcos dependerá de lo que el diseñador quiera conseguir. En los suelos de baja velocidad de infiltración o de mucha pendiente, debe buscarse la forma de mayor perímetro mojado. Si el perfil presenta problemas de salinidad, aconseja surcos anchos y de reducida profundidad.

#### **6) Pendiente de suelo**

Su estudio es importante por cuanto tiene influencia sobre la erosión, la velocidad de avance, la longitud y la forma del surco (VILLARROEL, 1981).

#### **7) Infiltración de los suelos**

Esta característica de los suelos tiene relación con la eficiencia. Hay que acotar que lo que interesa es el tiempo efectivo de riego o sea la oportunidad que posee el agua para infiltrar. Este factor depende de las propiedades físicas del suelo tales como estructura, textura y porosidad.

BAZÁN (1986), señala que el orden de precisión de los métodos para determinar la infiltración, y utilizarla en el diseño de surcos es:

- Balance volumétrico por curvas del avance
- Medición de entrada por curvas y salidas.
- Infiltración de surcos.
- Cilindros infiltró metros

### **8) Condiciones desconocidas**

Si no se puede encontrar una razón particular a la variación del proceso de infiltración.

ROY GHOSH (1982), señala que la velocidad de infiltración también varía con los cambios de estación, debido a la actividad microbiana y estabilidad de la materia orgánica.

## **E. EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE RIEGO**

Según PROMAS 1998, la finalidad de todo sistema de riego en el Ecuador y el mundo es el conseguir una mayor producción de los diferentes cultivos, esto con el empleo de la menor cantidad posible de agua, ya que este recurso con el transcurrir del tiempo se vuelve más escaso y difícil de acceder, ya sea por los cambios climáticos o por la lejanía de sus fuentes, así como por el control para la conservación de los suelos, ya que una aplicación excesiva de agua puede producir elevaciones del nivel freático, como problemas de salinización.

La evaluación participativa de los sistemas de riego a través de ensayos de campo, en las condiciones en las que funcionan los sistemas permite por parte de los técnicos y productores el correcto control de la utilización del recurso agua. Dichos controles permiten la toma de decisiones para la implementación de mejoras en el sistema, que en muchos de los casos pueden ser sencillas y de fácil aplicación.

En general cuando se aplica un riego, no toda el agua aplicada queda almacenada en la zona del suelo en la que se ubican las raíces del cultivo, parte de ella se pierde por evaporación, escorrentía o percolación profunda, la eficiencia de riego es un parámetro que nos da una idea de la cantidad de agua aplicada en forma correcta para el uso por parte de las plantas (PROMAS 1998).



## **1. Evaluación de riego superficial.**

### **a. Medición de la infiltración**

Se utilizan varios métodos para medir la velocidad de infiltración. En caso de aplicación de riego se utiliza el método más aproximado al método a aplicar, en la zona de trabajo.

GUROVICH (1985) el grado de confianza de las mediciones de infiltración con respecto a la velocidad de infiltración real se relaciona con la superficie que se desea representar y la variabilidad del perfil, debido a la heterogeneidad de los suelos, incluso dentro de áreas comparativamente pequeñas originan rangos de las mediciones experimentales. Por lo tanto, la variabilidad de los resultados de campo resultante de la heterogeneidad de los suelos y de las condiciones de humedad y gradiente de potencial (mátrico y gravitacional) hace que estos resultados solo sean aplicables para superficies pequeñas y para esas condiciones iniciales.

El método a utilizarse depende de las condiciones físicas del suelo y de la disponibilidad de equipos para su medición, para la medición de la infiltración en campo se basan en la inundación y estancamiento del agua en la superficie del suelo, aplicación de aspersion y medidas de entradas y salidas de agua por surco y zanjas

A continuación se explicará brevemente los principios de los principales métodos de medidas de infiltración:

#### **1) Cilindros infiltró metros**

MUSGRAVE (1935), ideó los cilindros infiltró metros, posiblemente los instrumentos más utilizados en el estudio de la velocidad de infiltración de los suelos. En un inicio se utilizaron los cilindros simples que constaban de solo un cilindro; sin embargo los resultados obtenidos presentaron una gran variabilidad, probablemente al movimiento lateral del agua no controlado. Posteriormente se emplearon los cilindros dobles para minimizar el movimiento lateral del agua, el cual funciona como un área tampón alrededor

del cilindro central. El movimiento de agua en el cilindro en forma descendente, debido a la aplicación de una lámina de agua medida en el cilindro a diferentes tiempos.

## **2) Surcos infiltró metros**

Este método se denomina de entrada y salida. Este método fue descrito por Shockley, el cual determina la velocidad de infiltración mediante el aforo de agua a la entrada y salida de un surco. La diferencia entre cantidad de agua que entra y que sale en un determinado tiempo puede considerarse muy representativa de la infiltración. La infiltración total de un área determinada dependerá de la infiltración vertical como de la infiltración lateral entre surcos consecutivos. Este método solo proporciona valores promedios de un rango de infiltración (Gurovich, 1985).

## **3) Infiltración**

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Varios factores influyen en el proceso de infiltración donde se incluyen las condiciones superficiales del suelo y cubierta vegetal, propiedades del suelo como porosidad y la conductividad hidráulica y el contenido de humedad del suelo (SHOW ET AL. 1994).

### **3.1 Velocidad de infiltración.**

Es la cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y de tiempo, se mide en mm de altura de agua por hora (1mm de agua equivale a un litro por m<sup>2</sup> de superficie).

### **3.2 Velocidad Instantánea o velocidad de infiltración. ( $i_i$ )**

Es la máxima velocidad con que el suelo absorbe agua en un momento determinado, disminuyendo con el tiempo hasta alcanzar un valor constante.

### 3.3 Velocidad acumulada ( $i_a$ ).

Es la lámina que se acumula en el suelo, durante un tiempo, aumenta con el tiempo.

### 3.4 Infiltración básica

La infiltración básica se determinó mediante la ecuación de Kostiakov, es decir, el valor de la cantidad de agua infiltrada cuando ésta en el tiempo se vuelve constante.

Ambas varían en función del tiempo, tal y como se indica en la siguiente figura.

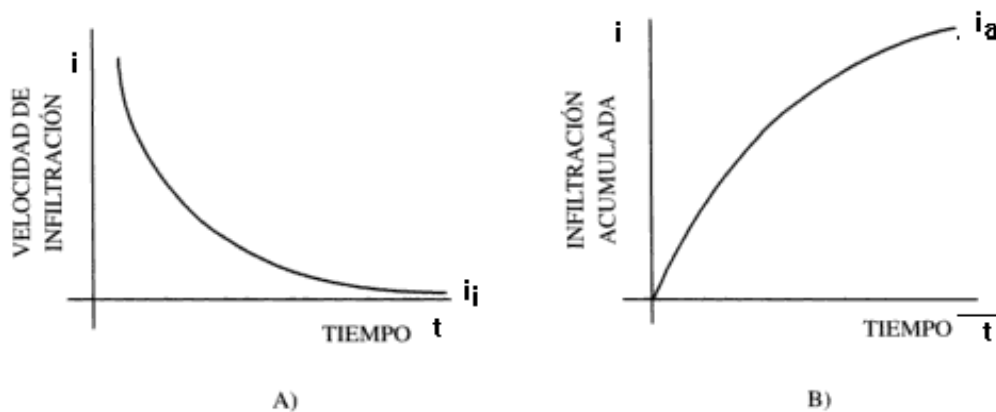


Fig. 1-6. A) Curva de la velocidad de infiltración en función del tiempo.  
La rama horizontal de la curva corresponde a la velocidad de infiltración estabilizada.  
B) Curva de la infiltración acumulada en función del tiempo.

### Grafico1: Curvas Velocidad de infiltraciones

Para la determinación de la infiltración en un terreno se recurre a fórmulas empíricas, basadas en métodos de regresión estadística. La expresión más general de estas fórmulas es del tipo:

$$i_a = k t_c^a + b t_c + c$$

Donde la infiltración acumulada se mide en mm.

La infiltración instantánea se obtiene a partir de la derivada de la expresión anterior

$$i_i = k a t_c^{a-1} + b$$

$I_i$  es la velocidad de infiltración o infiltración instantánea en mm / min

$t_c$  es el tiempo de contacto en minutos.

$k$ ,  $a$ ,  $b$  y  $c$  son parámetros que se determinan gracias a los datos obtenidos en campo.

KIASTIAKOV (1962), fue el primero que propuso el uso de una ecuación empírica, las cuales son las más utilizadas, en la cual los parámetros  $b$  y  $c$  son nulos, la ecuación de Kostiakov-Lewis o Kostiakov modificada, en la cual el coeficiente  $c$  es nulo o las familias de infiltración del SCS (*Soil Conservation Service*), en las cuales el coeficiente  $b$  se hace cero.

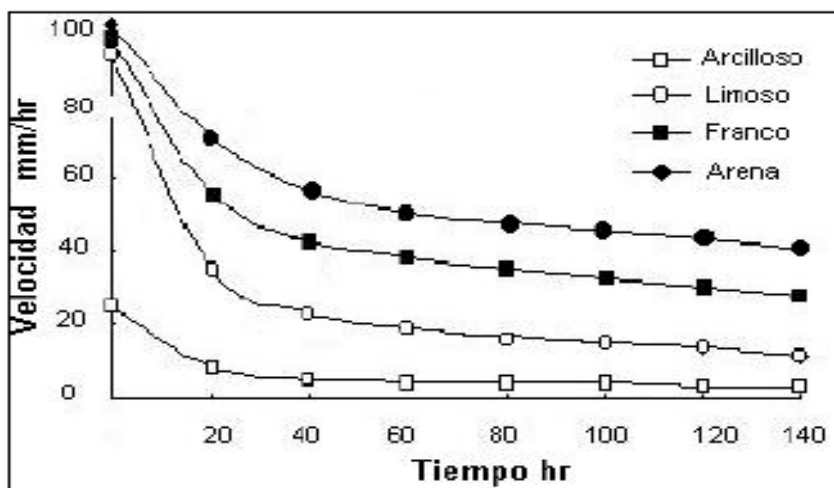
La capacidad de infiltración conocida como infiltrabilidad del suelo, es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie cuando es mantenido en contacto con el agua a presión atmosférica.

Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua ingresa tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina el proceso de infiltración, el cual es controlado por el flujo. Sin embargo, una vez que la velocidad de aporte excede la infiltrabilidad del suelo, es esta última la que determina la velocidad de infiltración, de este modo todos los procesos son controlados por las características del perfil (GUROVICH, 1985).

La cantidad de escorrentía dependerá de la porosidad del suelo, contenido de humedad, intensidad de la lluvia y cobertura del suelo (HEUVELDOP ET AL. 1986).

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, como el espesor de agua empleado para riego o lluvia, la temperatura del agua y el suelo, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación, materia orgánica y actividades microbianas (GAVANDE ET AL. 1972).

La capacidad de infiltración del suelo y su variación en el tiempo dependen del contenido de agua inicial y de la succión, así como de la textura, estructura y uniformidad o secuencia de los estratos del perfil del suelo es decir del tipo de suelo, tanto es posible visualizar una familia de curvas de infiltración para cada tipo de suelo.



**Gráfico 2: Curva de infiltración, según texturas del suelo.**

GUROVICH (1985), la materia orgánica también ayuda a mantener la porosidad del suelo durante periodos largos; esto depende del grado de descomposición en que se encuentra. De esta manera altera la velocidad de infiltración e incluso puede aumentar mediante la siembra de cultivos que aporten gran cantidad de materia orgánica. La presencia de diferentes estratos en el perfil del suelo afecta el proceso de infiltración, ya que puede haber estratos arcillosos o arenosos de diferentes espesores en el perfil del suelo

Al aplicar agua a determinada superficie de suelo, la velocidad se incrementa en forma uniforme a medida que pasa el tiempo la velocidad de infiltración va decreciendo hasta hacerse constante, el aporte de agua comienza a exceder la capacidad del suelo para absorber agua y, el exceso se acumula sobre la superficie, o escurre si las condiciones de pendiente lo permiten. (VÉLEZ ET AL, 2002).

### **3.5 Velocidad de infiltración según la textura del suelo.**

Es la cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y tiempo, se mide en mm de altura de agua que equivale a 1litro por m<sup>2</sup> de superficie.

Cuando el suelo es bastante seco la velocidad de infiltración es alta, pero disminuye rápidamente a medida que taponan los poros, hasta llegar a una situación en que se estabiliza a lo largo del tiempo, este valor se llama velocidad de infiltración estabilizada y fundamentalmente depende de la textura de suelo

La velocidad de infiltración presenta valores muy variables en espacio y tiempo, siendo menor en texturas pesadas o arcillas como se indica en la cuadro:

**Cuadro 2: Velocidad de Infiltración del suelo según textura.**

<b>Textura de suelos</b>	<b>Velocidad de in filtración mm/h</b>
Arcilla	1-5
Franco arcilloso	5 – 10
Franco	10-20
Franco arenoso	20-30
Arenoso	30-100

Fuente: UMAN. Ingeniería de riegos y drenajes .1979.

**b. Clasificación del grupo hidrológico en relación a tipo de suelos.**

Según SCS – USDA (1972) existen cuatro grupos hidrológicos los cuales agrupan a todos los tipos de suelos existentes.

- 1) **Suelos muy permeables:** Son suelos arenosos profundos, con bajo potencial de escorrentía y buena capacidad de infiltración.
- 2) **Suelos permeables:** Son suelos franco arenosos y arenosos superficiales, con tasas moderadas de infiltración y moderada producción de escorrentía.
- 3) **Suelos impermeables:** Son suelos franco arcillosos, franco arenosos superficiales y arcilloso. Presentan una baja tasa de infiltración y es posible que tengan una capa subterránea que impiden el flujo normal del agua a través del perfil.

- 4) **Suelos muy impermeables:** Son suelos arcillosos expansivos, suelos franco arcillosos superficiales. Presentan tasas de infiltración muy baja.

**c. Relación entre el suministro y la tasa de infiltración en el suelo.**

La tasa varía según la textura del suelo, su estructura y humedad del mismo.

La tasa de infiltración del agua en el suelo, no es constante con el tiempo, sino que disminuye al humedecerse el perfil del suelo. Las cifras dadas se refieren a las tasas medias de infiltración, en contra posición a las tasas iniciales y básicas, es decir, que en el momento de iniciar el riego y cuando la tasa de infiltración ha pasado a ser más o menos constante.

En el siguiente cuadro se presentan valores para las tasas de absorción y suministro correspondiente, en l/s, en una superficie de una hectárea, para ciertos tipos de textura de los suelos.

**Cuadro 3: Relación entre textura del suelo, tasa de infiltración y caudal.**

Textura del suelo	Tasa de infiltración mm/hora	Tamaño del caudal (l/s/ha)
Arenoso	50 (25 – 250)	140
Franco arenoso	25 (15 – 75)	70
Franco	12.5 (8 – 20)	35
Franco arcilloso	8 (2.5 – 15)	22
Arcilloso	5 (1 – 15)	14
Arcillo limoso	2.5 (0.03 – 5 )	7

Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje No. 24

**d. Intervalo de humedad Disponible en el suelo.**

La cantidad de agua retenida por un suelo en la capacidad de campo y en el punto de marchitez, donde intervalo de humedad disponible en el suelo varía según la textura del suelo.

**Cuadro 4: Intervalo de humedad Disponible en el suelo.**

<b>TEXTURA</b>	<b>IHD(mm de agua por m de profundidad del suelo)</b>
<b>Arenoso</b>	<b>70-100</b>
<b>Franco-Arenoso</b>	<b>90-150</b>
<b>Franco</b>	<b>140-190</b>
<b>Franco-arcilloso</b>	<b>170-220</b>
<b>Arcilloso</b>	<b>200-250</b>

Fuente: Infoagro.

**e. Longitud de surcos en relación al caudal, pendiente y profundidad.**

Para el riego por surcos y fajas, en suelos con pendientes, absorbe agua pero su superficie está cubierta con agua en movimiento.

**Cuadro 5: Longitud de surcos y caudal**

PENDIENTE %	LONGITUD DE ACEQUIAS (M)												Q MAX. (L/S)
	Tex. Pesada				Tex. Media				Tex. Ligera				
0.05	300	400	400	400	120	270	400	400	60	90	150	190	12
0.10	340	440	470	500	180	340	440	470	90	120	190	220	6
0.20	370	470	530	620	220	370	470	530	120	190	250	300	3
0.30	400	500	620	800	280	400	500	600	150	220	280	400	2
0.50	400	500	560'	750	280	370*	470	530	120	190	250	300	1.2*
1.00	280	400	500	600	250	300	370	470	90	150	220	250	0.6
1.50	250	340	430	500	220	280	340	400	80	120	190	220	0.4
2.00	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	190	0.3
Profundidad de aplicación (mm)	75	150	225	300	50	100	150	200	50	75	100	125	

Fuente. Estudio FAO Riego y Drenaje No. 24



**Cuadro 6: Tamaño del caudal para diferentes suelos y pendientes (cultivos de raíces profundas).**

Tipo de suelo	Pendiente %	Ancho (m)	Longitud (m)	Caudal l/s
Arenoso	0.2 – 0.4	12 – 13	60 – 90	10 - 15
	0.4 – 0.6	9 – 12	60 – 90	8 – 10
	0.6 – 1.0	6 – 9	75	5 – 8
Arenoso franco	0.2 – 1.4	12 – 30	75 – 150	7 - 10
	0.4 – 0.6	9 – 12	75 – 150	5 – 8
	0.6 – 1.0	6 – 9	75	3 – 6
Franco arenoso	0.2 – 0.4	12 – 30	90 – 250	5 - 7
	0.4 – 0.6	6 – 12	90 – 180	4 – 6
	0.6 – 1.0	6	90	2 – 4
Franco arcilloso Arcilloso	0.2 – 0.4	12 – 30	180 – 300	3 - 4
	0.4 – 0.6	6 – 12	90 – 180	2 – 1
	0.6 – 1.0	6	90	1 – 2
	0.2 – 0.3	12 – 30	350	2 – 4

Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje No. 24

#### **f. Factores que influyen en la infiltración**

Los factores que más influyen son aspectos como: textura, estructura, materia orgánica, pendiente, cubierta vegetal y rugosidad del terreno. Estos factores pueden ordenarse como:

- Favorables: agregar materia orgánica, aplicar abono verde, encalado de suelos ácidos y lavado de suelos.
- Desfavorables: compactación del suelo, dispersión del suelo (riego con aguas de mala calidad) y alteración de la estructura del suelo.

### **g. Escorrentía y erosión**

La escorrentía superficial adquiere gran importancia ya que dependiendo del caso, ésta puede convertirse en un importante agente de erosión. Cuando el suelo se satura rápidamente, las lluvias intensas pueden ocasionar escorrentías importantes aún en pendiente leves. La cantidad de escorrentía dependerá de la porosidad del suelo, contenido de humedad, intensidad de la lluvia y cobertura del suelo (HEUVELDOP ET AL. 1986).

## **2. Evaluación de riego por Aspersión**

La evaluación de un sistema de aspersión consiste básicamente en la ubicación de una serie de pluviómetros para la determinación de la pluviosidad de los distintos puntos del área mojado de los aspersores, con la finalidad de obtener bajo ciertos procedimientos, parámetros que expresan la eficiencia del riego aplicado (PROMAS 1998).

Dentro de la evaluación de un sistema de riego por aspersión se debe tomar en cuenta muchos factores y aspectos que pueden afectar a la eficiencia de riego en forma directa o indirecta como: Topográficos, Suelo (tipo, textura), Parámetros de cultivos, Presiones del sistema, Caudales, Pluviosidades, Accesorios, Infiltraciones, Fugas, etc.

Para una rápida evaluación de un sistema de aspersión podemos determinar ciertos parámetros que sirven de base para su calificación. Entre éstos tenemos (PROMAS 1998):

### **a. Características del aspersor**

Las características del aspersor y las condiciones de la prueba son anotadas en el formulario de examen: tipo de aspersor y boquilla, presión de funcionamiento, velocidad y dirección del viento, velocidad de giro, número de golpes del martillo por minuto, y las distancias de espaciamiento. Es posible examinar un solo aspersor, una línea de aspersores o un grupo de aspersores funcionando simultáneamente. Al finalizar la prueba, luego de un lapso prefijado, la cantidad de agua que se acumuló en cada recipiente es medida y registrada en el formulario.

## **b. Elementos técnicos a tomar en cuenta en riego por aspersión**

PROMAS (1998.), para un proyecto de riego, es fundamental el conocimiento de los elementos técnicos que intervienen, los mismos que involucran un gran número de condicionantes que tienen en cuenta suelo, clima, cultivos, parcelación. Etc.

Para la evaluación de riego por aspersión es importante tomar en cuenta los siguientes los siguientes parámetros de riego.

### **1) Determinación del Coeficiente de uniformidad Christiansen (Cu): en %.**

Una elevada uniformidad permite hacer un uso más eficiente del agua disponible, maximizar la producción y limitar las pérdidas de agua por percolación profunda. Las evaluaciones de riego en campo sirven al propósito para determinar la distribución del agua del riego en la parcela. Esto permite diagnosticar la uniformidad del riego estableciendo niveles cuantitativos. Los sistemas de riego por aspersión requieren un valor mínimo de uniformidad para ser considerados aceptables.

KELLER Y BLIESNER. (1990), consideran la uniformidad de riego baja, cuando el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU) es inferior al 84 %. Este criterio se usará en este trabajo para distinguir valores altos y bajos del CU. Es una representación estadística de la uniformidad, utilizado principalmente en sistemas de aspersión.

Este cálculo se basa en la determinación de la cantidad de agua promedio por recipiente y las desviaciones de la cantidad promedio. El resultado es expresado en porcentajes (%). En la medida que la distribución es mejor, menores son las desviaciones y, consecuentemente, el valor que se obtiene se acerca a 100%.

$$CU = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{n \cdot \bar{V}}\right) 100$$

$V_i$ : volumen recogido en cada pluviómetro, en ml

$\bar{V}$ : Media de los volúmenes recogidos en cada pluviómetro, en ml

$n$ : número total de pluviómetros.

## 2) Determinación de la uniformidad de distribución

Para el examen de la calidad de distribución de los aspersores en distintas condiciones de funcionamiento, se emplean distintos métodos, los cuales se basan en la captación del agua de riego en recipientes ubicados en el campo. El tamaño de los recipientes y su ubicación varían de acuerdo al tipo de aspersor.

$$UD = \frac{\bar{V}_{1/4}}{\bar{V}} 100$$

$\bar{V}_{1/4}$ : Media de la 4ª parte de valores más bajos del total

$\bar{V}$  : Media del conjunto de valores.

**Cuadro 7: Valores de la Uniformidad de Distribución.**

Valor de la uniformidad de Distribución	Calificación
Mayor a 85%	Excelente
De 80-85%	Buena
De 75-80%	Aceptable
Menor 75%	Inaceptable

3) **Precipitación media ( $P_m$ )**: altura media recogida en el ensayo, en mm

$$P_m = \frac{\bar{V}}{S} 1000$$

$\bar{V}$  : Media de los volúmenes recogidos en cada pluviómetro, en ml

S : Superficie del pluviómetro, en mm<sup>2</sup>

**4) Pluviometría media recogida ( $h_m$ ):** altura media recogida por unidad de tiempo, en mm/h

$$h_m = \frac{P_m}{t} \cdot 60$$

$P_m$  : Precipitación media, en mm

$t$  : Tiempo de duración del ensayo, en minutos

**5) Pluviometría media aplicada ( $q_r$ ):** altura media aplicada por unidad de tiempo, en mm/h

$$q_r = \frac{q}{S_l \cdot S_m} \cdot 1000$$

$q$  : Caudal aforado en el aspersor de ensayo, en m<sup>3</sup>/h

$S_l$  : Separación entre líneas de aspersores (ramales), en m

$S_m$ : Separación entre aspersores dentro de un ramal, en m.

## **F. NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS.**

La determinación de las necesidades de agua de los cultivos es el paso previo para establecer los volúmenes de agua que será necesario aportar con el riego.

La cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la retiene la que usan para crecimiento y fotosíntesis. La transpiración puede considerarse, por tanto, como el consumo de agua de la planta. Además amerita de considerar que hay pérdidas de agua por evaporación del agua desde la superficie del suelo.

La cantidad de agua que suponen ambos procesos, transpiración y evaporación, suele considerarse de forma conjunta simplemente por que es muy difícil calcularla por separado.

Por lo tanto se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa desde el suelo más la transpiración de las plantas que comúnmente se conoce como evapotranspiración (ETP). La evapotranspiración suele

expresarse en mm de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variará según el clima y el cultivo. Aunque en realidad existe una interacción entre ambos, puede admitirse la simplificación de considerarlos por separado y por tanto la evapotranspiración se calcula como

### **1. Cálculo de la Evapotranspiración de cultivo (Etc.)**

Uno de los principales aspectos de la irrigación es la determinación de la cantidad de agua a aplicar en un cultivo. Esta cantidad está relacionada con la cantidad de ET y por lo tanto se necesita una estimación de este parámetro. En zonas sin lluvia o bajo invernadero la necesidad de riego depende completamente de la ET. Regar de acuerdo a la ET ahorra agua y minimiza la pérdida de agua por infiltración y percolación profunda, debajo de la zona radicular.

En cultivos bajo riego, aplicados por gravedad y aspersión, el ahorro de agua está fundamentado en la ET, debido a que el intervalo entre riegos se trata de alargar al máximo posible, sin perjudicar al cultivo para evitar costos de operación (energía y mano de obra).

El crecimiento radicular está confinado frecuentemente a un volumen de humedad dado, siendo más fácil proporcionar el exceso de agua fuera del bulbo de riego o la insuficiente aplicación conducirá un estrés más severo, porque la zona de amortiguamiento radical es reducida. Por consiguiente un buen manejo de estos sistemas requiere estimaciones precisas de la ET.

Los métodos empíricos para determinar la ET, se basan en el siguiente cálculo:

$$ET = kc \times (ET_r \text{ o } ET_p)$$

Donde Kc es el coeficiente de cultivo, obtenido en cuadros y varía con el estado de desarrollo de los cultivos, el porcentaje de cobertura y la disponibilidad de agua en el suelo. Los valores de evapotranspiración de los cultivos ( $ET_c$ ) vienen expresados en unidades de milímetros por día.

## **2. Estimación de las necesidades de agua de los cultivos, considerando solamente la evapotranspiración**

La demanda diaria de agua de los cultivos, está dada en función del valor de la  $ET_c$ . Por otra parte, para calcular la cantidad diaria de agua a aplicar amerita considerar, además del valor de  $ET_c$ , la eficiencia de riego. En el siguiente cuadro se incluye el cálculo de la evapotranspiración potencial.

**Cuadro 8: Evapotranspiración de referencia, valores medios mensuales y diarios.**

MES	Eto total (mm)	ETo diaria (mm)
Enero	77,3	2,49
Febrero	90,8	3,24
Marzo	97,5	3,14
Abril	87,3	2,91
Mayo	71,8	2,32
Junio	73,5	2,45
Julio	96,9	3,13
Agosto	80,6	2,59
Septiembre	68,9	2,29
Octubre	85,9	2,77
Noviembre	77,4	2,58
Diciembre	76,8	2,48
Total	984,8	32,39

Fuente: Información meteorológica estación CEBADAS.

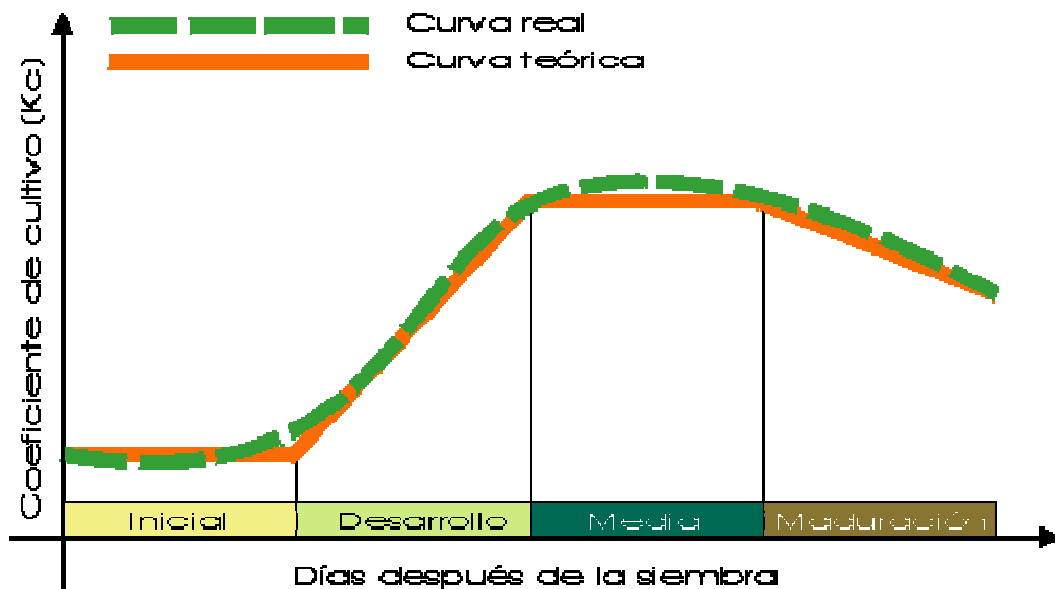
## **3. Coeficiente de cultivo (Kc).**

Las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo dependiendo de su estado de desarrollo se denominan "Coeficiente de Cultivo" ( $K_c$ ).

Según la FAO -56 (Allen et al., 1998) este desarrollo se podría dividir en cuatro fases: inicio, desarrollo, media y maduración. La evolución de estas necesidades del cultivo indica (Gráfico N° 3)

La evapotranspiración del cultivo de referencia ( $E_{to}$ ) caracteriza en cierto modo el clima. Para conocer la ET del cultivo a partir de la  $E_{to}$ , se utiliza un coeficiente de cultivo ( $K_c$ ); este coeficiente es un factor determinado experimentalmente en varios lugares del mundo y sus valores son diferentes para las distintas fases de desarrollo de cada cultivo. Al graficar estos valores en función al tiempo, se encuentra que forman una curva acampanada en la que los mismos se ubican al comienzo y al final del ciclo vegetativo (cuando el cultivo esta pequeño y después de la formación del fruto) y los máximos coinciden aproximadamente con la floración.

Para definir los valores de  $K_c$  se emplea el método utilizado por la FAO con este propósito.



**Gráfico 3: Curva generalizada de Coeficiente de Cultivo  $K_c$ .**



**Cuadro 9: Valores de Coeficiente de Cultivo Kc.**

<b>CULTIVO</b>	<b>Kc Inicial</b>	<b>Kc Intermedio</b>	<b>Kc Final</b>	<b>Periodo vegetativo (días)</b>
Hortalizas	0.70	0.95	0.90	120
Maíz	0.40	1.05	0.55	235
Papa	0.49	1.18	0.76	165
Haba	0.4	1.2	0.60	180
Cereales	0.43	1.05	0.25	150
Pastos	1.00	1.00	1.00	Permanente
Frutales	0.85	1.15	0.85	Permanente
Brócoli	0.70	0.95	0.80	103
Cebolla	0.55	0.95	0.75	166

Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje No. 24

**Cuadro 10: Etapas de desarrollo de cultivos en días.**

<b>CULTIVO</b>	<b>Inicial</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Intermedia</b>	<b>Final</b>
Hortalizas	25	35	40	20
Maíz	40	65	80	50
Papa	45	30	70	20
Haba	45	30	70	20
Cereales	15	30	70	35
Pastos	Permanente			
Frutales	Permanente			
Brócoli	27	38	28	10
Cebolla	15	28	78	45

Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje No. 24

#### 4. La raíz

La planta absorbe el agua por medio de las raíces que penetran en el suelo y se extiende para aumentar su capacidad de absorción de agua.

La demanda de agua aumenta gradualmente desde la germinación de las semillas hasta un máximo valor que es el momento de la floración y formación de granos/ frutos. Una vez que los granos se han formado, los requerimientos de agua bajan rápidamente, es necesario conocer la profundidad de las raíces de cada cultivo para calcular la cantidad de agua que cada uno necesita como se indica en el siguiente cuadro.

**Cuadro 11: Profundidad de las raíces diferentes cultivos.**

<b>CULTIVO</b>	<b>PROFUNDIDAD RADICULAR (cm)</b>
Lechuga	20 – 30
Cebolla	20 – 30
Papa	40 – 60
Fréjol	40 – 60
Remolacha	40 – 70
Pimiento	50 – 80
Maíz	60 – 100
Tomate	80 – 120
Cereales	80 – 120
Alfalfa	100 – 200
Frutales	100-300

Fuente: Hendriks, J. Manual de Riego por Bombeo, SNV, Lima, 1994.

#### 5. Precipitación efectiva de la zona.

La precipitación efectiva o aprovechable por los cultivos es uno de los elementos básicos a considerar en la ecuación de balance hídrico para determinar los requerimientos de riego de estos, ocupando un papel fundamental en la planificación del riego, el uso y manejo

eficiente de los recursos hídricos dedicados a esta actividad, así como en el dimensionamiento de las obras que conforman un sistema de riego. (GARCÍA. 1981).

Es indispensable conocer la frecuencia y el volumen de lluvias, para planificar el riego. Como en un período dado, las lluvias variaran considerablemente de un año a otro, se puede considerar que unas lluvias medianas basadas en datos cortos constituyen, en el mejor de los casos, una aproximación muy somera y expuesta a grandes errores, no toda la lluvia que cae resulta efectiva, parte de ella se pierde en forma de escorrentía, percolación profunda o evapotranspiración. Parte de la lluvia puede perderse por escorrentía superficial, percolación profunda. En las regiones de fuertes e intensas lluvias, puede ocurrir que solamente entre una parte de ellas quede almacenada en la biosfera, por consiguiente, la eficiencia de la lluvia será baja. En el caso de las lluvias frecuentes y ligeras puede ser muy importante la intercepción del agua por las hojas de las plantas.

**Cuadro 12: Precipitación en la zona.**

<b>Mes</b>	<b>Precipitación mensual(mm)</b>	<b>Precipitación efectiva mes(mm)</b>	<b>Precipitación efectiva día (mm).</b>
Enero	75,38	52,77	1,76
Febrero	97,58,	68,31	2,28
Marzo	92,3	64,61	2,15
Abril	70,32	49,22	1,64
Mayo	90,45	63,32	2,11
Junio	80,52	56,36	1,88
Julio	18,54	12,98	0,43
Agosto	70,11	49,08	1,64
Septiembre	5,09	3,56	0,12
Octubre	80,01	56,01	1,87
Noviembre	87,6	61,32	2,04
Diciembre	39,62	27,73	0,92

**Fuente: Información meteorológica de la estación CEBADAS. 2007**

## 6. Láminas y frecuencias de riego

La lámina de riego se define como la cantidad de agua que se debe aplicar al suelo, dependiendo de la profundidad de las raíces o de la profundidad a la cual se desea llegar con el riego.

Cuando se riega intensivamente un suelo, parte del agua infiltrada drenará por percolación profunda hacia capas más profundas, proceso que continuará hasta que las fuerzas de retención del suelo sean mayores a la fuerza de gravedad, y en ese momento se dice que el suelo está a la *capacidad de campo*. Teóricamente, estas fuerzas de retención equivalen a un valor de 1/3 de atmósfera. En la capacidad de campo, las plantas pueden extraer el agua necesaria para su desarrollo con gran facilidad y con el mínimo gasto de energía. A medida que el suelo pierde humedad por evapotranspiración, el contenido de agua decrece y las plantas atraviesan procesos fisiológicos cada vez más difíciles para extraer el agua, hasta llegar a un límite de contenido de humedad, donde la planta no puede extraer mas agua y comienza a marchitarse. En ese momento el contenido de humedad es denominado *punto de marchitez permanente*, en el cual, teóricamente, las fuerzas de retención del agua por parte del suelo, equivalen a un valor de 15 atmósferas.

La cantidad de agua disponible para las plantas, se ubica entre los contenidos de humedad correspondientes a capacidad de campo y punto de marchitez permanente:

$$AU = (CC - PMP) * Da * Z$$

*AU*: Agua útil o lámina total de agua, disponible para las plantas, en la zona radicular [mm]

*Z* : profundidad de la zona radicular [mm]

*CC*: contenido de humedad a capacidad de campo [ $m^3 / m^3$ ]

*PMP*: contenido de humedad a punto de marchitez permanente [ $m^3 / m^3$ ].

*Da*: densidad aparente del suelo [ $gr/cm^3$ ]

Aunque el cultivo puede extraer agua hasta el punto de marchitez permanente, a medida que el suelo se seca, las plantas comienzan a emplear cantidades significativas de energía,

para extraer el agua, lo que se traduce en situaciones de estrés, imposibilidad de satisfacer la demanda evapotranspiratoria, y posible reducción de productividad. Estas condiciones de estrés hídrico, se manifiestan a partir de un contenido de humedad intermedio o umbral entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Con el fin de considerar la cantidad del agua disponible para la planta, que puede ser fácilmente extraída por las plantas, se calcula la denominada *lámina neta*, a través de la siguiente expresión indicado por CASTAÑÓN, G. (2000).

$$Ln = \text{Umbral} * AU$$

*AU*: Agua útil o lámina total de agua, disponible para las plantas, en la zona radicular [mm]

*Umbral*: Umbral de riego [fracción]

*Ln* : Lámina neta [mm]

## 7. Determinación de la lámina de riego

El valor del umbral de riego, depende de la sensibilidad del cultivo a la reducción del agua disponible en el suelo, factores climáticos y factores económicos.

Para cultivos delicados y con un valor económico importante como hortalizas y flores, es común adoptar umbrales de riego entre 0.3 y 0.4 (30 – 40 %). En cultivos menos delicados como es el caso de los pastos, es común asumir valores de 50 %.

Conocida la lámina de agua, que el suelo puede retener y definido el umbral de riego según el tipo de cultivo, se procede a calcular la frecuencia de riego máxima, a través de la siguiente ecuación indicado por CASTAÑÓN, G. (2000).

$$FR_{max} = Ln/ETc$$

*FR<sub>max</sub>*: frecuencia de riego máxima [días]

*Ln*: Lámina neta [mm]

$ET_c$ : evapotranspiración del cultivo [mm/día]

El valor de  $FR_{max}$  representa el intervalo máximo entre riegos, que permite satisfacer la demanda de evapotranspiración del cultivo, en función del tipo de suelo y el umbral de riego adoptado.

Finalmente la lámina de riego a aplicar se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$Lb = ET_c \cdot FR / Ef$$

$Lb$ : lámina bruta de riego (mm)

$FR$ : frecuencia de riego (días)

$ET_c$ : evapotranspiración del cultivo (mm/día)

$Ef$ : eficiencia de aplicación del agua (fracción)

El volumen de agua a aplicar se determina como:

$$V_{riego} = Lb \cdot \text{Área}$$

$V_{riego}$ : *volumen* de riego a aplicar (litros)

$Lb$ : lámina bruta de riego [mm]

$\text{Área}$ : área cultivada [metros<sup>2</sup>]

## **G. TECNIFICACION DEL RIEGO PARCELARIO.**

El sistema de riego utilizado tradicionalmente en el mundo andino es por "inundación" o "rebalse", es decir transportando el agua a través de acequias para luego anegar los terrenos de cultivo. Este sistema tiene muchos inconvenientes especialmente grandes pérdidas por infiltración y evaporación durante el transporte del agua y el riego de las parcelas; también en zonas con pendiente, con este sistema de riego, los terrenos agrícolas son vulnerables a

la erosión y arrastre de las capas superficiales del suelo, disminuyendo la calidad de los suelos y consecuentemente la calidad de los productos. (ROGERS, E. M. 1983).

El riego tecnificado es una de las prácticas más útiles para el desarrollo de la agricultura, representando múltiples ventajas, sin embargo se requiere de personas capacitadas para su aplicación. En este sentido existen numerosos esfuerzos y proyectos para transferir esta tecnología en el país, los que deben incluir mecanismos que hagan de la adopción un proceso progresivo, cuyas etapas deben ser evaluadas y superadas para acceder a los siguientes niveles de capacitación.

La capacitación agrícola en nuevas tecnologías es uno de los aspectos fundamentales para alcanzar mayores niveles de desarrollo a partir del uso adecuado y eficiente de nuevas herramientas. (ROGERS, E. M. 1983).

Según las cifras del III Censo Agropecuario de 1994, el riego tecnificado por goteo y aspersión sólo es usado por el 1.9% del total del área agrícola bajo riego y el 97.4% de las unidades agrícolas bajo riego lo hacen por gravedad o inundación, lo cual conlleva perder grandes volúmenes de agua por filtración o evaporación y la creciente depreciación de los suelos por erosión o salinización.

El riego tecnificado tiene la ventaja de ahorrar entre un 40% a 60 % de agua, un recurso escaso en la mayor parte de la sierra y la costa al permitir que el agua llegue a la planta en la cantidad necesaria y la oportunidad adecuada. Para las zonas altoandinas supone la posibilidad de aprovechar la estacionalidad de las lluvias para utilizarlas en épocas de estiaje. El impacto en el rendimiento de los cultivos es considerable.

### **1. Riego Parcelario.**

Actualmente la utilización del riego, en la región andina, ha revolucionado la cultura del uso, en el que se destaca la maximización del beneficio del recurso por unidad de superficie, con el mayor rendimiento económico y social. En este sentido la presente estrategia se levanta sobre el concepto de la tecnificación del riego parcelario, donde no prima el volumen de agua disponible por familia, sino la necesidad del cultivo.

Se contribuirá al aprovechamiento del agua para la actividad agropecuaria, al tiempo de buscar una mayor equidad en el acceso y distribución de éste recurso para las parcelas.

La característica técnica de los sistemas de riego, estarán sujetas a la extensión de tierras disponibles para la producción agropecuaria, a la textura del suelo para la ubicación de la tranquila y el caudal (turno) que cada usuario tiene derecho.

Los aspectos técnicos tomados en cuenta para la implementación del sistema son: tipo de cultivo, extensión de la parcela, topografía y capacidad de inversión de la familia.

## **2. Propuesta técnica para el uso y manejo del riego**

De manera general se clasifican en dos grandes grupos:

- Sistemas de riego por superficie
- Sistemas de riego a presión

### **a. Sistemas de riego por superficie o gravedad**

Cuando el agua es empujada por la fuerza de la gravedad, se mueve por la superficie del suelo, desde un punto más alto, hacia un punto mas bajo a medida que se infiltra por el terreno. Como es la fuerza de la gravedad la que mueve al agua, se denomina también sistema de riego por gravedad.

Dentro del sistema de riego por superficie se puede determinar algunas formas o métodos de aplicar el agua, entre los que podemos mencionar los siguientes:

#### **1) Riego por surcos**

Se realiza en cultivos como hortalizas, maíz, papas entre otros, que se riegan por los surcos, es decir, por los espacios – canales construidos entre las filas del cultivo.

#### **2) Riego por melgas**

Consiste en la construcción de pequeñas tazas o pozos rectangulares, en cuyo interior se cultivan hortalizas como: el maíz, pastos, frutales, etc.



### 3) Riego por pozas

Es el riego por compartimentos grandes, que se utilizan en cultivos de arroz y árboles frutales.

### 4) Riego por desbordamiento natural

Este riego se realiza mediante el ingreso del agua a la parcela, dejando que circule libremente de acuerdo a la topografía; este tipo de riego se utiliza básicamente para cultivos forrajeros perennes y cuando existe abundante agua.

### 5) Ventajas del riego por superficie o gravedad

- Se puede utilizar en todo tipo de climas y en suelos francos limosos o de textura fina de preferencia.
- No requiere de mayores insumos comprados en el mercado.

### 6) Desventajas del riego por gravedad

- Demanda grandes volúmenes de agua de manera permanente.
- Requiere de topografías relativamente planas
- Se necesita considerable mano de obra, para el control y mantenimiento del riego.
- Es muy importante que los suelos tengan una velocidad de infiltración baja.
- Contribuye a acelerar los procesos erosivos de los suelos.

#### b. Sistemas de riego a presión

Este método de riego, se utilizarán mayormente en el proyecto, a través de accesorios como: tuberías, aspersores o goteros para la distribución del agua. Para el funcionamiento de estos accesorios, se necesita que el agua tenga presión.

El agua entonces es conducida a través de tuberías, para abastecer de presión a los aspersores o goteros. El agua a presión puede ser obtenida de dos maneras:

- Por desnivel de terreno
- Por medio de una bomba.

Entre los sistemas o métodos de riego a presión más conocidos están:

### **1) Por aspersión**

Consiste en la aplicación del agua al suelo en forma de lluvia. Esta lluvia se produce por el paso del agua a través de las minúsculas boquillas de los aspersores.

### **2) Por micro aspersión**

El principio de funcionamiento es igual al anterior, la diferencia esta en la descarga de los emisores, y se conoce como mini aspersores, a aquellos emisores cuya descarga es menor a  $0.5\text{m}^3/\text{hora}$ , y se utiliza para irrigación de pequeñas huertas o en jardines.

### **3) Por goteo**

Es la aplicación lenta del agua sobre o bajo la superficie del suelo, el agua se aplica localizadamente junto a la planta y a lo largo de las hileras, posee también alta frecuencia de aplicación del agua, esto hace que siempre el suelo este húmedo, con agua fácilmente aprovechable para las plantas y en estas circunstancias la planta desarrolla su máxima productividad.

### **c. Aspectos técnicos considerados en el diseño del sistema riego parcelario**

La propuesta consiste en riego por aspersión en su mayoría, micro aspersión en algunos casos y por goteo en zonas donde no se logra tener presiones suficientes, superficies en donde la pendiente es casi cero se determino el riego por superficie.

Cualquiera que sea la forma de aplicación del agua a las plantas, esta llegará a los emisores dependiendo de factores como: las condiciones topográficas, tipo de suelo, acceso al agua, frecuencia de turnos, caudal, cultivo, superficie cultivada, etc.

Conociendo uno de los problemas más fuertes que afronta el campo en estas zonas es la falta de agua sobre todo en épocas de estiaje, proponemos lo siguiente:

- Mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico, con la tecnificación del riego (aspersión, micro aspersión y goteo).
- Mediante el uso y aprovechamiento del agua, se podrá sensibilizar la importancia de manejar, conservar o recuperar las microcuencas hidrográficas, como espacios donde se desarrolla el ciclo hidrológico.

#### **d. Factores determinantes en el diseño**

Existen muchos factores tomados en consideración para planificar un sistema de riego y determinar las necesidades hídricas para los cultivos, entre estos factores principales se consideraron los siguientes: características físicas y topográficas del suelo, fuentes de provisión de agua, sistemas de administración parcelaria de agua, patrón de cultivos y factores ambientales.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

#### **1. Localización**

El presente estudio de investigación, se realizó en la Comunidad de Ceceles, Parroquia Licto, Cantón Riobamba, Provincia del Chimborazo. (ANEXO 1)

#### **2. Situación Geográfica:**

- a. Altitud: 2910 msnm.
- b. Latitud: 9794072 UTM
- c. Longitud: 765918 UTM

#### **3. Características climáticas<sup>1</sup>.**

- a. **Temperatura máxima:** 19.03°C
- b. **Temperatura mínima:** 6.18°C
- c. **Temperatura promedio:** 11.67°C
- d. **Precipitación:** 709.94 mm por año
- e. **Hr:** 70-75%

#### **4. Clasificación ecológica.<sup>2</sup>**

Según el mapa bioclimático y Ecológico del Ecuador (Cañadas 1983), basado en la clasificación ecológica de Holdridge, se encuentra en la siguiente Zona: Bosque seco Montano bajo (bh-MB).

<sup>1</sup> Estación meteorológica Cebadas. 2007.

<sup>2</sup> **FUENTE:** SIG Recursos Hídricos Chimborazo

## 5. Suelos.

Son suelos profundos con más de 50 cm de capa arable, pobres en contenido de materia orgánica, la textura de toda la zona son Franco-Arenosos con pH: neutros a ligeramente ácidos.

### B. MATERIALES

#### 1. Materiales.

- Cartas geográficas
- Planos topográficos - catastrales
- Hojas de papel bond
- esferos
- Impresora,
- Bolígrafo.

#### 2. Equipos

- Cámara fotográfica.
- Computador.
- Programas de computación.
- Programas para el cálculo de láminas de infiltraciones e intervalos de riego.
- Cronómetros.
- Altimetro.
- Manómetro.
- GPS

#### 3. Materiales utilizados en el campo durante el ensayo.

- Dos cilindros de Infiltración (Diámetro de 30 y 60cm, espesor 4mm y altura de 30 y 40cm)
- Tres Vertederos.(Forma; rectangular, trapezoidal y triangular )
- Recipiente plástico de 10lt.
- Un Barreno de acero (medir profundidad de humedad)

- Nivel, cinta métrica.
- Una azada.
- Aspersor instalado (tipo Senniger y Nacional)
- Pluviómetros (vasos plásticos)
- Una probeta plástica de 100mm
- Píolas
- Libreta de campo.

### C. **METODOLOGÍA.**

#### 1. **Para cumplir el primer objetivo se desarrolló la siguiente metodología.**

- Se realizaron convocatorias a dirigentes y usuarios de la zona de CECECELES respaldadas con la institucionalidad del Instituto Nacional de Riegos (INAR) en Chimborazo y la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) que apoya el desarrollo rural en el sistema de riego Licto.
- En las reuniones de coordinación se establecieron acuerdos sociales con dirigentes y usuarios del riego de los dos sistemas Gompue y Guargualla – Licto, para realizar el Diagnóstico participativo y elaborar la propuesta metodológica conjunta de tecnificación del riego parcelario, coordinando con la Unión de Organizaciones beneficiarios de riego “NUEVA ALIANZA. “de Ceceles.
- Establecido los acuerdos sociales, se realizó un cronograma de trabajo con los beneficiarios, quienes delegaron a dirigentes, aguatero y una ex promotora concedora del sistema de riego en Ceceles, facilitaron la información del proceso participativo de infraestructura, modulación del área, turnos y horarios de distribución.
- En una segunda instancia de planificación y coordinación de actividades, se plantea los objetivos de trabajo, con fines demostrativos donde INAR-CESA ejecutarán luego un módulo piloto de mayor problemática del riego parcelario, instalando un módulo el riego por aspersión con todos los accesorios y equipos completos, los

beneficiarios aceptan la Propuesta y se inicia la fase de investigación con el diagnóstico participativo.

- Se realizó taller con los dirigentes, aguatero y la ex promotora concedora del riego para conocer los principales problemas que causan dentro del riego parcelario, necesarias para direccionar la elaboración de propuestas sobre tecnificación del riego y conocer las ventajas y desventajas de los metodos de riego tradicionales.
- Se realizó recorridos por la zona de riego a de fin conocer las principales problemáticas que afectan al riego óptimo, inventariando la infraestructura básica como: bocatoma, Conducción principal y secundaria, reservorios y la definición de módulos de riego que están en operación bajo mecanismos y estrategias sociales.
- Se realizó entrevistas y encuestas a los usuarios de Ceceles, para lo cual se tomo una muestra del 10% de un total de 286 usuarios con el fin de conocer el funcionamiento de los sistemas de riego.
- El diagnóstico participativo se realizó para conocer a detalle las Características de las fuentes de agua, infraestructura de riego, organización de regantes, derechos y repartos, acuerdos sociales que manejan, sistema de producción y el funcionamiento del riego parcelario en la zona

## **2. Para cumplir el segundo Objetivo se utilizó la siguiente metodología.**

- Con el aguatero y la ex promotora se realizó una observación directa por toda la zona de riego, para proveer información real que permitirá conocer los parámetros técnicos y poder determinar los métodos de riego utilizados tradicionalmente y las causas que afectan en el riego parcelario.
- Se realizó pruebas de infiltración por el método del cilindro infiltrómetro y por el método de canchales de Infiltración y de aspersión; los resultados permitieron evaluar los métodos adecuados de riegos que utilizan en la zona. El procedimiento de esta práctica fue:

**a. Pruebas de infiltración por método del cilindro infiltró metro.**

Para el ensayo de cilindro infiltró metro se estableció según (GUROVICH, 1985), de la siguiente manera:

- Se seleccionó un sitio estratégico en cada módulo para la instalación de los cilindros infiltró metros, evitando zonas excesivamente compactados por maquinarias, personas o animales domésticos.
- Se ubicó verticalmente los cilindros infiltrómetros hasta aproximadamente 10cm de profundidad
- Luego se llenó con agua ambos cilindros simultáneamente el espacio entre los dos cilindros hasta una altura aproximada igual a la que se utilizará en el cilindro interior.
- Se rellenó el cilindro interior hasta una altura de agua conocida para facilitar la lectura inicial a tiempo cero.
- Se realizó medidas de tiempo y altura de agua, contando el tiempo desde que se llenó el cilindro por primera vez. Estas medidas se realizaron mediante una escala graduada (cm) y un cronómetro, midiendo la infiltración acumulada en el cilindro interior a intervalos de tiempo apropiados. Las infiltraciones se midió a intervalos de los siguientes tiempos: 1,2,3,4,5,10,15,20,25,30,40,50,60,70,80,90 y 100 minutos, controlando que el nivel de agua no bajé los 5cm, debiendo reponer agua según sea necesario.
- En una libreta de campo se anotó los tiempos en minutos y el descenso de la infiltración en cm de cada ensayo de la zona.
- Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos.

**b. Pruebas de infiltración por el método de surco infiltró metro.**

Los ensayos se realizaron en canchales disponibles utilizados para el turno de riego, en tres vertederos metálicos de diferentes secciones (rectangular, trapezoidal y triangular) de 30cm de ancho y la altura de 45cm. Se midió la longitud y el ancho de los canchales para ubicar los tres vertederos, se colocó estratégicamente al inicio del canchale en el centro y al final del la parcela a ser regada.



- Utilizando un azadón se removió el suelo y se colocó los vertederos para no tener errores, ayudados con un nivel de referencia, para la ubicación adecuada de cada vertedero nivelando su posición y garantizar los resultados.
- Se ingresa el caudal normal de aplicación de un turno cualquiera a la entrada de las parcelas y con el cronometro se tomo el tiempo inicial, en la mitad y al final de la parcela con la finalidad de conocer el tiempo de avance que demora en recorrer el agua en la longitud determinada en cada parcela del ensayo.
- Cuando el riego se uniformiza se midió el caudal que pasa por cada punto de ubicación de los vertederos.
- Se tomo el tiempo que demora en salir los excedentes de estos caudales desde el momento de cortar el caudal de riego.
- Concluido el riego parcelario con un barreno se extrajo muestras de suelo para medir la profundidad del suelo mojado en el mismo punto de cada vertedero.
- Con los datos obtenidos se tabularon en las cuadros de la siguiente manera: Columna 1 (nombre del modulo), columna 2 (longitud de canterones), columna 3(tiempo de avance), columna 4 (tiempo total de aporte), columna 5 (profundidad infiltrado) y columna 6 (Caudal en cada punto lt/s ) mismos que sirven para realizar los cálculos indicados.
- Con los datos obtenidos se calculo los siguientes parámetros de riego utilizando las formulas:

### **c. Evaluación del riego por aspersión.**

Las evaluaciones del sistema de aspersión se hicieron en dos parcelas de los módulos del sector Cecel Grande 7(CG7) y Cecel Grande 3 (CG3), debido a la existencia de la infraestructura de riego presurizado, para lo cual se realizó los siguientes pasos para la evaluación de riego por aspersión.

- Se eligió dos módulos denominados Cecel Grande 7 y Cecel Grande 3, en las cuales se anoto las principales características de la zona.
- Características del aspersor como son: Marca, modelo, diámetro y número de boquillas de cada aspersor, altura del pedestal.

- Se realizó la medición del caudal que proporcionaron los aspersores o llamado Caudal de descarga que aportan a la red de pluviómetros instalados, en un recipiente y ayudados con una probeta aforada y con el cronómetro donde se realizó con tres repeticiones.
- Luego con un manómetro se midió la presión del fluido en la válvula de control y a la entrada del aspersor que se conoce como presiones de trabajo para lo cual se quitó el aspersor y se colocó el manómetro con la cual se obtuvo presiones en unidades de psi.
- Para ubicar los pluviómetros, se determinó el perímetro mojado por el aspersor.
- Luego se colocó en área de acción los pluviómetros formando una cuadrícula con piolas y estacas separados a 3x3 metros en el Módulo Cecel Grande 7 y a 2x2m en el módulo CG3 entre sí. Los pluviómetros son vasitos plásticos con una superficie total recogida de 3369 mm<sup>2</sup>. las cuales fueron enterrados a 5cm de profundidad para asegurar que el pluviómetro no se vire con la fuerza de precipitación.
- Con un cronómetro se anotó la velocidad de giro del aspersor el número de martillos por minuto.
- Con el cronómetro se tomó el tiempo de riego que se realiza el dueño de la parcela la cual es el tiempo que sirvió para la evaluación de la prueba de precipitaciones del aspersor.
- Al acabar la prueba se determinó el volumen de agua recolectada por cada uno de los pluviómetros de la red.
- Con los datos obtenidos se calculó los siguientes parámetros de riego utilizando las fórmulas de Christiansen (1942).

### **3. Para cumplir el tercer Objetivo se utilizó la siguiente metodología.**

- Mediante el diagnóstico participativo que se hizo a través de reunión, taller, entrevista y encuestas se conoció principales problemas que tiene la zona de Ceceles en el aspecto de riego, esto está escrito en resultado del primer objetivo los principales características como; fuentes de agua, infraestructura, derecho, aprovechamiento, organización de los regantes y sistema de producción de la zona y de acuerdo a esto se propondrá las posibles soluciones.

- Para conocer el riego tradicional se realizó ensayos superficiales y de aspersión con lo cual se obtuvo como resultado que existe un aprovechamiento ineficiente del agua , siendo la principal causa el mal manejo de caudal y obteniendo eficiencias de aplicación muy bajas, escurrimiento superficial en exceso, profundidades de infiltraciones superficiales los principales parámetros que nos indican un desperdicio de caudal en grandes cantidades, por tanto con estos resultados se propone la tecnificación y las posibles alternativas viables y sostenibles que mejorará el riego y por ende la productividad de la zona de los Ceceles en el resultado.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **A. ACUERDOS SOCIALES INAR-USUARIOS.**

Los acuerdos sociales que se establecieron entre usuarios de riego y técnicos de INAR en la reunión son siguientes:

- La comunidad de Ceceles accedió a realizar el diagnóstico participativo con el fin de que el Instituto Nacional de Riego, cumpla con la instalación del riego por aspersión en un módulo piloto.
- El INAR plantea que, una vez concluido el diagnóstico participativo, construirán un módulo piloto con mayor problemas de riego parcelario, instalando un módulo piloto de riego por aspersión con todos los accesorios y equipos necesarios.
- Los beneficiarios de los dos Sistemas de riego Compuene y Guargualla permitieron el ingreso de la ESPOCH, para realizar el diagnóstico participativo, delegando a personas entendidas que colaboren durante la fase de estudio (dirigentes, aguatero y una ex promotora de riego) quienes conocedores del sistema de riego, acompañaron en reuniones, talleres, entrevistas, recorrido por la zona de estudio (inventario sistema de riego- cultivos) y luego proceder a realizar entrevistas a usuarios de Ceceles, y la junta general de usuarios del Sistema de Riego Licto, logrando obtener información del proceso participativo de infraestructura, derecho y aprovechamiento, organización de los regantes, sistema de producción y riego parcelario, entonces se cumplió el cronograma de trabajo elaborado al inicio de la investigación. (ANEXO 2)

### **B. DIAGNOSTICO PARTICIPATIVO.**

El diagnóstico participativo se realizó con: recorridos, talleres, entrevistas, encuestas con el fin de conocer los principales problemas técnicos y sociales que tiene los dos sistemas: Compuene y Licto, generando información primaria que demuestren la debilidad y/o fortaleza de los usuarios, estrategias para tecnificar el riego parcelario y obtener el aprovechamiento del agua de manera adecuada.

Con el diagnóstico se propuso conocer los principales problemas técnicos y sociales que tiene los dos sistemas del riego Gompue y Licto, siendo necesario realizar reuniones con dirigentes de riego, generando información que demuestren la debilidad de los usuarios, así como posibles soluciones para tecnificar el riego parcelario y obtener el aprovechamiento del riego de manera adecuada, también es importante conocer el estado actual de las obras de infraestructura, fuentes de agua, bocatomas, conducciones, obras de distribución y patrón de cultivos predominantes en la zona.

### 1. **Historia de los Sistemas de Riego.**

El funcionamiento del sistema de Gompue se conoció a través de entrevistas a 3 personas más mayores de la zona, también se basó en la investigación que realizó (BERNITA Z.1996). Para el Sistema de Guargualla –Licto se conoció a través de entrevistas a los dirigentes del turno y también información facilitada por la junta General de Riego-Licto, teniendo resultados indicados a continuación.

#### a. **Sistema de Riego Gompue.**

El *sistema* de Gompue data de aproximadamente 120 a 130 años atrás, los dueños eran hacendados donde la mayor superficie de producción era pasto y los indígenas del lugar eran trabajadores de la hacienda, Según usuarios de la zona Ceceles Huertapamba antes era parte de una sola hacienda, siendo dueño Benigno Araujo quien probablemente construyó la acequia en el año de 1883. Se dice que empezó un juicio contra una familia Merino, quien era dueño de las parcelas de donde proviene agua, para obtener derecho sobre agua de Gompue, entonces el derecho de agua lo obtuvieron por herencia y unos 70 años atrás empezaron a comprar en gran escala los indígenas de las comunidades aledañas con los ingresos de la migración. Algunos usuarios actuales compraron lotes o recibieron como herencia.

#### b. **Sistema de Riego Guargualla- Licto.**

Los campesinos de Ceceles debido a que el Sistema de riego Gompue no cubría las necesidades de riego parcelario de la mayoría de familias, planificaron gestionar el derecho en el sistema de Riego Guargualla-Licto con la finalidad de beneficiar el caudal y regar en las zonas secas por sobre de la cota de la acequia de Gompue, los que

lucharon por 20 años para que se les incluya en el Proyecto. CESA con un equipo técnico del proyecto Licto en 1995 se responsabilizaron de la formulación y ejecución de este proyecto diseñando la integración de los dos sistemas.

## **2. Infraestructuras.**

Para obtener información sobre infraestructuras de los dos sistemas, se hizo a través de recorridos y entrevistas.

### **a. Caracterización de la Infraestructura del Sistema de riego Gompue.**

Las infraestructura del Sistema Gompue abastece a dos módulos y el caudal es muy poco.

#### **1) Captación**

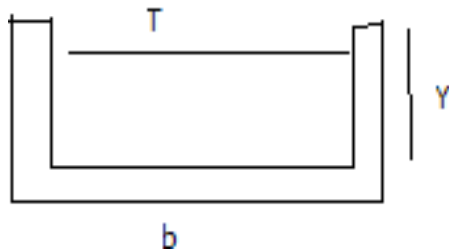
La bocatoma esta ubicado en la quebrada llamada Gompue a 2980msnm, luego se conduce a Ceceles por conducción abierta. En 1958 la bocatoma era un muro transversal a la corriente (rústica) para desviar el agua esto seguía desgastando su fondo, decidiendo desviar el agua mas arriba a unos 40m desde la bocatoma antigua construyendo un nuevo muro, obra ejecutada en el año de 1991, con un ancho promedio de 9,30m perpendicular al río con una altura de un metro encima del lecho Castañón

#### **2) Conducción principal Gompue.**

La mayor parte de la conducción principal no es revestido y sus medidas es de 30cm a 100cm de ancho y diferentes profundidades por desgaste de suelo por el agua, siendo colocados 240m de tubería en diferentes lugares donde producen derrumbos, estos fueron colocados en el año de 1958 por autogestión entre los usuarios que instalaron noventa y cinco tubos de hormigón de (longitud de 1.5 m Q 0.30m). Además construyeron cuatro desagües de hormigón el ancho es de un metro, un acueducto sobre la quebrada Pitzil entre Cecel Huertapamba y Tuquig. El desnivel desde la bocatoma hasta zona de repartidor (escuela) es de 9.66m la distancia del mismo canal es de 2330m es decir una pendiente en promedio es de 2.7 por mil el desnivel mayor queda en los primeros mil metros. (ANEXO 3)

**3) Conducción secundaria Gompue**

El canal Secundario de doble pared inicia en el sector Pukajaca termina en la Escuela la distancia es de 1000m, este canal es revestido todo con hormigón las medidas del canal son los siguientes.



- T= Espejo de agua (25cm)
- b = ancho de solera (30cm).
- Y= Altura de canal (30cm).
- Espesor del canal es 10cm.
- Margen libre es de 5cm

**Gráfico 4: Conducción secundaria Gompue.**

La distribución del sistema de Gompue inicia antes de la escuela en el punto que inicia la zona de riego y derivados por tomas laterales, el canal tiene una pendiente de 1.0 por mil tiene dos ramales una para desviar a Cecel Tuquiy y el Otro a Ceceles Hurtapamba y otros dos ramales están debajo de la carretera a través del tubo.(ANEXO 4)

**4) Red de distribución terciaria.**

Las canales terciarios para los dos módulos son de tierra es decir no tiene revestimiento las longitudes son diferentes para cada zona.

**Cuadro 13: Número de beneficiarios por módulos en Gompue.**

Módulos	Numero de parcelas	Número de dueños	Área total (has)
CG4	265	97	28.490
CG5	254	169	23.758
Total	519	226	52.248

Fuente: recorridos y entrevistas, información catastral.

Del cuadro adjunto se deduce que: La tenencia de tierras en CG4 es de 0,1ha/lote, y 0,29ha/usuario lo que determina el minifundio

La tenencia de tierras en CG5 es de 900m<sup>2</sup> /lote y 0,14ha/usuario esto asevera el minifundio

## b. Caracterización de la Infraestructura del Sistema de riego Licto.

### 1) Bocatoma.

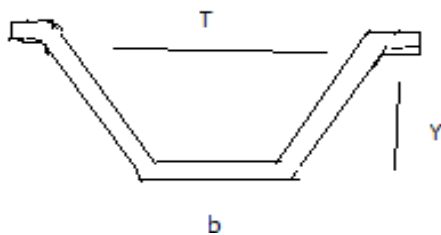
La Bocatoma del Sistema de riego Guargualla-Licto está ubicado a 3057msnm, lo construyeron en el año de 1997, con capacidad para captar 1.200 l/s, caudal que beneficia a las 20 comunidades o sectores que incluyen a 1400 familias, 7500 personas y están regando 1.700 has, para captar agua de la bocatoma lo hacen con apoyo de un canalero contratado por INAR. (ANEXO 5)

### 2) Túneles

Debido a la inestabilidad Geológica de la montaña a la salida del Rió Guargualla e ingreso al canal principal no permitía el paso normal del agua, donde se construyeron tres túneles revestidos de hormigón armado para el paso del agua, el túnel es de 1800m de largo, ancho del túnel es de 1.5m el alto es 2m y el otros dos a una distancia de 1km de la bocatoma. (ANEXO 6)

### 3) Canal Principal Licto - Ceceles

La conducción principal del sistema de Guargualla-Licto, inicia en la bocatoma abscisa (0+00) hasta la entrada de Sifón de Ceceles, abscisa (11+040), donde inicia el canal secundario a Ceceles. El canal es revestido de hormigón con pendientes de uno por mil sus medidas son:



T= Espejo de agua (1,80m)

Y= Altura (1,10m)

b = ancho de solera (1m)

Espesor del canal es 15cm

Margen libre es de 20cm.

### Grafico 5: Canal Principal Licto - Ceceles.

La conducción principal del sistema de Guargualla-Ceceles que mas les preocupa su funcionamiento inicia desde la bocatoma abscisa (0+000) hasta la entrada al Sifón Ceceles, abscisa (11+040), donde inicia la conducción secundaria para Ceceles. Después de la salida del sifón Ceceles, se dispone de un canal revestido con hormigón, provisto de unas pendientes de uno por mil (ANEXO 7)



#### 4) Construcción de plataforma.

En 1993 empezaron las excavación y construcción de la plataforma que esta ubicado a la salida del sifón Chambo, trabajo que duró un año por tener una longitud igual a 9Km de plataforma esto permitiría desviar el agua del canal Principal al canal secundario en dirección a Ceceles, la plataforma fue construido en 1995 unos cuatro kilómetros quedando abandonado por fallo geológicos considerables errores en fase de la construcción ya que la pendiente no era uniforme y aún subía en el tramo Cecel Lincas, ellos decidieron cambiar y uniformizar la plataforma.

#### 5) Sifones.

Por la inestabilidad geológica antes mencionada para la conducción secundaria y principal en Ceceles fue necesario construir tres sifones grandes hasta llegar con agua a la zona de riego Ceceles construyeron en un total de cinco sifones que deben a travesar el agua.

Los tres sifones tiene una capacidad máxima de  $1m^3/s$ , una presión de agua de 300m, construyeron en año de 1995, el primero sector de Sanaycon en el Km 8 + 810, el segundo ubicado en el sector Pushajaka en el Km 9 + 810 y el tercero esta ubicado en el km 10 + 810 sobre el rio Chambo con una longitud de 1.390m las cuales fueron construidos con el fondo de contravalor Ecuatoriano-Suizo.

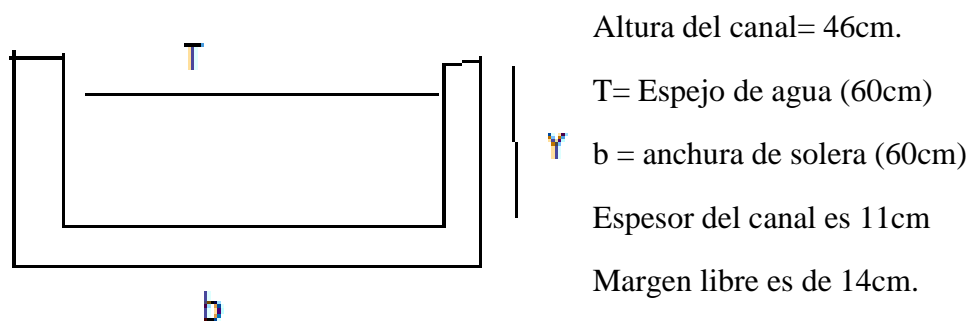
Los dos Sifones secundarios existentes, al interior de la zona de estudio tiene una capacidad máxima de conducir 140l/s, Un sifón esta ubicado en el sector GAUNAN-OCTUZPAMBA con una presión de agua de 350m, el material es de hierro fundido, mismos que construyeron en el año de 1995 con el fondo de Contravalor Ecuatoriano-Suizo. Este sifón permite transportar agua desde la cordillera oriental hacia la región interandina, cruzando sobre el Rio Chambo.

Los dos sifones se lo construyeron en el año de 1999 con el apoyo del Consejo provincial uno inicia en la abscisa Km. (11+040) esta ubicado en Choca loma y cruza al otro lado conocido como Gaullunloma, la longitud es de 1100m en total, 150m el material es de PVC y los demás es de acero sus diámetros es de 250mm su capacidad es para 140lt/s.

El otro inicia en Durazno loma y cruza al reservorio de Zanja loma y a los módulos CG7-CG8, la longitud de la tubería es de 1000m su diámetro es de 250mm de PVC. (ANEXO 8)

### 6) Conducción Secundaria- Ceceles

Luego de buscar financiamiento en varias instituciones en Octubre de 1993 el Consejo Provincial de Chimborazo compromete financiar la construcción del canal secundario, en 1995 inician con la construcción del canal secundario a partir de la salida sifón Chambo-Ceceles que inicia en la abscisa Km (11+040) su longitud es de 4km y termina en el Sector Cecel Lincas (CL1) todo el canal es abierto de hormigón con las siguientes dimensiones y en el (ANEXO 9).



**Grafico 6: Conducción Secundaria- Ceceles.**

### 7) Red de distribución terciarios.

Los 14 módulos existentes en Ceceles tienen redes terciarios de distribución y aplicación completos, la mayoría son conducciones cerradas con tubería PVC-P con diámetro de 90-110mm y una presión de 0.5 a 0.63 MPa, pocos tramos son de tierra y de hormigón, las longitudes son diferentes para cada zona de distribución.

### 8) Obras de Reparto y Compuertas.

Tanque doble, tiene dos salidas de agua para regar una se cierra y la otra se abre las medidas son 137cm de ancho 157cm de largo y 80cm de profundidad, tanque simple tiene una sola compuerta las medidas son 75cm de ancho 156cm de largo y 60cm de

profundidad, tanque terminal esta al final de una red es donde termina el turno de un sector las medidas son 50cm de ancho 85cm de largo y 45cm de profundidad.

Las compuertas se encuentran en tomas de salida de agua sus medidas son 34cm de ancho y 42cm de largo.

**Cuadro 14: Inventario de Obras de repartos por módulos.**

Módulos	Tanque doble	Tanque simple	Tanque Terminal	Compuertas
Octuspamba 1 (OP1)	1	2	2	1
Octuspamba 2 (OP2)	1	4	4	1
Canallapamba 1 (CP1)	1	5	5	4 ,Falta 1
Canallapamba 2(CP2)	1	4	3	4
Cecel Lincas	1	2	2	3
Cecel Grande 1(CG1)	1	3	1	5
Cecel Grande 2(CG2)	1	3	2	4, 3 dañada
Cecel Grande 3(CG3)	1	4	2	5, 1 dañada
Cecel Grande 4(CG4)	1	0	0	6, 3 Falta
Cecel Grande 5(CG5)	1	0	0	5, 2 dañado
Cecel Grande 6(CG6)	1	4	2	7,1 Falta
Cecel Grande 7(CG7)	1	9	4	5
Cecel Grande 8(CG8)	1	5	2	6
Total	13	35	29	60

Fuente: recorridos y entrevistas.

## 9) Reservorios.

Los usuarios del Sistema de Riego Guargualla-Licto en Ceceles actualmente cuentan con dos reservorio en Canallapamba, siendo construido en el año 2004, y Zanjaloma construido en el año 2000, los mismos que utilizan para almacenar agua durante la noche y regar el día, estas obras construyeron planificando para evitar graves problemas de erosión, regando en la

oscuridad especialmente en laderas con fuertes pendientes y evitar que las mujeres salgan de la casa a regar en la noche, así también trataron de evitar robo agua por la falta de control.

### **3. Gestión al derecho de riego.**

Las técnicas utilizadas para conocer sobre gestiones del derecho de riego se realizó a través de entrevistas a usuarios y información que se obtuvo en fuentes secundarias que están ligadas al sistema de riego Gompune y Guargualla, la información sobre sistema de Guargualla- Licto se obtuvo en la Junta General de regantes de Licto y entrevistas a los usuarios, del sistema de Gompune se obtuvo por entrevista y en el estudio realizada por BERNITA.1995.

#### **a. Gestión de Derecho al agua del Gompune.**

Para obtener el derecho al agua de Gompune por lo que los Ceceleños regando mucho años atrás, solicitaron formalmente la cual no siendo aceptado, entonces unos cincuenta persona de los ochenta y ocho usuarios se reunieron el 6 de Mayo de 1973 para designar una directiva, los mismos que hicieron la solicitud a la Agencia de Agua el 11 de Mayo de 1973, con los nombre de todos los usuarios que regaban desde mucho años atrás, siendo aceptado el 30 de Mayo de 1974, entonces notificaron y publicaron esta solicitud. Para la concesión era importante realizar medición del caudal. En Noviembre de 1979 realizaron estudio técnico y mostro un caudal de Concesión de 38.7 l/s e incluyó una lista de Usuarios y superficie a regar y la obligación era que la concesión debe ser renovada cada diez años.

La ultima renovación de la concesión hicieron el 15 de Junio de 2002 con el mismo caudal que es de 38.7 l/s con un total de 135 usuarios y una superficie de 46,86 ha, siendo cerrado el cupo a tener derecho al Agua de Gompune.

En 1999 midió caudales en la bocatoma obteniendo un total 38.7 l/s las cuales a través de infiltraciones y desvió de caudal por robos se pierde en la conducción principal, también con la llegada de agua de Guargualla la Comunidad de Obraje solicito renovación de sentencia al CNRH, adquiriendo 5litros de agua del Sistema Gompune, entonces hicieron mediciones de caudal en diferentes épocas al inicio del canal secundaria obteniendo caudal entre 15-18 l/s y actualmente la comunidad es beneficiaria de este caudal que abastece a los módulos CG4 y CG5.

### **b. Gestión de Derecho al agua de Guargualla- Licto.**

En 1974 iniciaron con la idea para ingresar al proyecto de Riego Guargualla-Licto, en 1982 presentaron una solicitud al INERHI, la respuesta de ellos era que tenían que esperar hasta el final de la construcción de la primera etapa. Luego de esperar varios años y al no tener respuestas, en 1992 ingresaron por iniciativa propia a trabajar en la construcción de una plataforma con la finalidad que les incluyan en el proyecto, para lo cual eligieron una directiva responsable del seguimiento en el proyecto.

Al inicio tuvieron mucha inseguridad que no les incluyan en el proyecto, por lo que ingresaron paulatinamente empezando a trabajar con 60 socios, los demás desconfiaron del proyecto. En 1994 hubo 238 socios que contribuyeron con aportes económicos e físicos y actualmente son 286 socios y unas 1380 personas beneficiarias de las aguas de Guargualla.

### **c. Asignación del derecho de uso.**

Para ser usuario en los dos Sistema de riego, los potenciales usuarios deben cumplir con varios requisitos, primero se debe organizar para tener acceso al agua, uso de la infraestructura y la toma de decisiones sobre la gestión de los sistemas, los usuarios crean sus derechos al agua mediante su participación en la tramitación, el diseño, la construcción del sistema a través del mantenimiento y la rehabilitación de sus obras re-crean sus derechos en base a una acción colectiva en la gestión. Al obtener el derecho deben mantener con la activa participación en asambleas trabajos y reuniones convocadas. Con el derecho adquirido tienen que recibir la dotación de agua que le corresponde de acuerdo a los turnos establecidos y las condiciones de disponibilidad de agua, además los usuarios tienen derecho a elegir y ser elegido; para conformar las directivas de los diferentes espacios de la organización, con igualdad de oportunidades en los programas de capacitación técnica y en general recibir los beneficios que la organización de regantes establezca.

#### **1) Derecho de agua en el Sistema Gompue.**

Para obtener derecho al agua de Gompue la ley de aguas estipula que quien desee obtener una concesión de un derecho de aprovechamiento de agua, debe hacer una solicitud al jefe de

Agencia de SENAGUA mientras los Ceceleños usaron agua de la quebrada Gompueñe hace mucho tiempo, tenían que solicitar formalmente para el uso del agua; con este objetivo unos 50 de los 88 usuarios se reunieron el 6 de Mayo 1973, para conformar una directiva con los propietarios grandes. El nuevo directorio hizo la solicitud a la Agencia de Aguas el 11 de Mayo de 1973, donde constaba que los usuarios desde hace mucho tiempo utilizaban agua para el riego de sus cultivos. Se necesitó publicar esta solicitud primero en la Parroquia de Flores por lo que las fuentes pertenecen a esa parroquia y desde 30 de Mayo de 1974, cuando la solicitud era aceptada al trámite legal, empezaron el trabajo de notificar y publicar esta solicitud para otros posibles usuarios del mismo caudal, para obtener derecho tenían que realizar estudios del caudal y terrenos, demostrando que la concesión el caudal de concesión de 38.7lt/s la superficie a regar era 46.83has que correspondía un caudal característico de 0,83l/s, donde ya se consideraron la pérdida en conducción de 4.67l/s y la demanda era de 51.5lt/s por lo tanto en ese entonces ya existió déficit hídrico.

El reparto de esta agua lo hacían en orden secuencial de las parcelas, que por tradición desarrollaban en la época de los hacendados y se mantienen sigue igualmente los Ceceleños, aplicando la misma estrategia en diferentes superficies mismo que riegan por gravedad sin posibilidad alguna de crear mas derechos a esta agua por falta del recurso hídrico.

## **2) Derechos de agua en el Sistema Guargualla - Licto.**

Los usuarios obtuvieron el derecho al riego a través de un proceso de gestión ante la CODOCAL (Corporación de Organizaciones Campesinas de Licto ) y la JGU-Guargualla-Licto, con el apoyo de CESA en marzo de 1994 los usuarios lograron que la asignación del derecho e ingresó al proyecto, aceptando sin responsabilizar de la construcción de las obras de infraestructura; por lo que decidieron realizar todas las gestiones necesarias como: mingas generales, reuniones y aportes, luego la elección de la directiva dentro de los usuarios, hicieron tramites legales para pertenecer a la Junta General de Riego-Licto, legalizaron sus nombres en la Junta General de Usuarios del Sistema de Riego-Licto, demostrando que son socios y tienen derecho a ser beneficiarios al uso de este recurso.

Las normas para transferir el derecho del agua; hacia los nuevos usuarios o herederos de los terrenos siguen normas internas de la organización e indicar que el nuevo socio va a ingresar

como usuario, primero debe ser aprobado por la asamblea general de usuarios y cumplir con otras normas internas de los socios y finalmente pagar 600\$/ha o su equivalente a la JGU-Departamento administrativo.

#### **d. Distribución del riego.**

En el sistema de distribución no están de acuerdo por lo que actualmente los turnos por horas y por unidad de Superficie no son iguales para todos, tienen muchos problemas y buscan posibles alternativas que fortalezcan y mejoren el reparto por lo que están regando unos en superficie pequeños y otros en superficie grandes con la misma cantidad de caudal y en zonas planos e inclinados.

Se buscan alguna manera de mejorar el riego e indican que sería mejor, dotar agua a las personas que tienen poca superficie, menos cantidad de agua, pero más tiempo; podrían mejorar el riego en sus parcelas, ya que actualmente están repartiendo agua por tiempo y todo el caudal que llegue a sus parcelas producen erosión de los suelos al enviar el caudal por miniflujo.

#### **1) Distribución de riego Gompue.**

Los 15 l/s y en época de lluvia 18l/s son utilizados en los módulos Cecel Grande 4 y Cecel Grande 5, la frecuencia de riego es de 15 días, el agua es utilizado los 24 horas, tienen una hora fija y definida, riegan dependiendo de la superficie que tienen cada usuario, el turno es de 5 minutos hasta 3-4 horas con grandes desperdicios, riegan en orden secuencial parcelario siguiendo el orden de la toma desde canal secundario y en la noche riegan normalmente, el riego inicia en Chipó Quinri y termina el turno en Tukig Huayco.

#### **2) Distribución de Agua Guargualla.**

El caudal de Guargualla –Licto que se desvía por el sifón Ceceles es de 125 l/s y por la plataforma que construyeron desvía 15l/s a la zona de Tzetzeñag que están regando en dos módulos de Guitarra pamba y Kiansapamba y son aprovechado por 18 usuarios de la zona, entonces los 125l/s desvía a Ceceles.

La distribución inicia desde la salida de sifón a Ceceles llamado Quevelbogoma a una altitud de 3033msnm desde el tanque repartidor se divide a zona de Ogtuzpambas y el resto conduce por canales secundario hasta llegar al reservorio, la repartición del caudal lo hacen aproximando o midiendo con una barita dependiendo del tamaño de la superficie en cada modulo.

El caudal que desvía a Ogtuzpamba 1 y 2 es aproximadamente unos 20l/s las parcelas son de la gente que vienen de otros sectores por lo que no riega mucho y la infraestructura no esta en buen estado, además los terrenos de estas parcelas tienen fuertes pendientes y no están en las mapas catastrales.

El agua de Guargualla-Licto se almacena en dos reservorios que se indica a continuación.

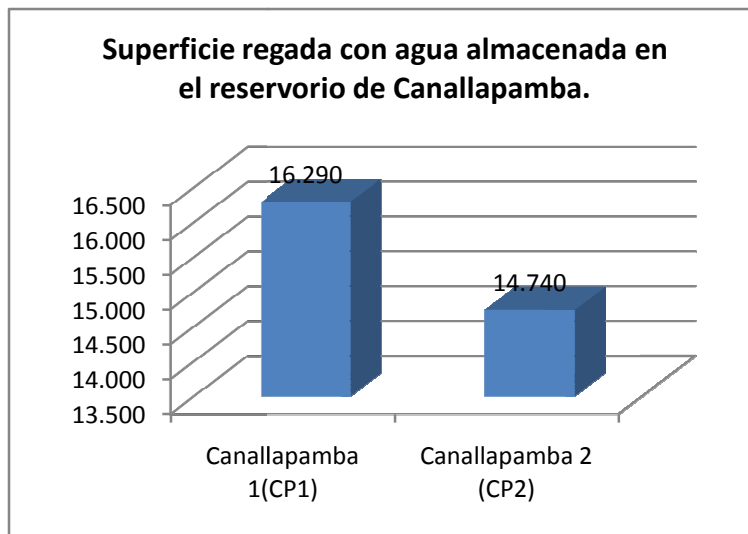
### 2.1 Reservorio de Canallapamba.

**Cuadro 15: Módulos servidas por el reservorio Canallapamba**

<b>Modulo</b>	<b>Número de parcelas</b>	<b>Número de usuarios</b>	<b>Superficie total de riego(ha)</b>	<b>Caudal aproximado(l/s)</b>
CP1	173	106	16.290	20
CP2	294	178	14.740	15
Total	467	284	31.03has	35

Fuente: Información catastrales





**Grafico 7: Superficie regada reservorio almacenada de Canallapamba.**

Con el caudal almacenada en el reservorio Canallapamba esta abasteciendo a dos modulos en un total de 31,03 ha, devididas en 284 parcelas de riego.

## **2.2 Reservorio de Zanja loma.**

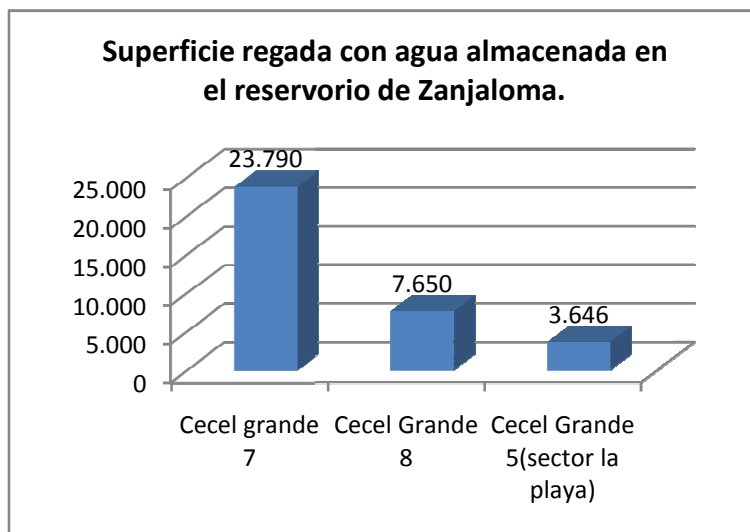
El reservorio fue construido en el año 2000, tiene una tubería de entrada de 200mm de diámetro y dos tuberías de salida de 110 mm de diámetro y una tubería de salida de 140mm de diámetro, que va directamente a Cecel Huertapambacon una longitud de 1325m, este reservorio abastece a tres módulos; Cecel Grande 7, Cecel Grande 8 y una parte de Cecel Grande 5 llamado playapamba. En el reservorio almacenan desde 6.30pm a 4.30am y riegan durante el día dependiendo de la superficie que tiene cada usuario; el caudal se divide a tres módulos dependiendo de la superficie de las parcelas.

El caudal que llega a este reservorio es aproximadamente de 74l/s a través de una tubería de 200mm de diámetro y sale a tres módulos por tubería de 140mm, otra de 63mm diámetro y por una tubería de 63mm de diámetro que va directamente a playa pamba.

**Cuadro 16: Módulos servidas por el reservorio Zanja loma.**

Modulo	Número de parcelas	Número de usuarios	Superficie total de riego(has )	Q aprox. (l/s)
CG 7	171	81	23.790	20
CG 8	117	40	7.650	10
CG 5 (sector la playa)	222	155	3.646 <sup>3</sup>	5
Total	510	276	35.086	35

Fuente: Recorrido, entrevistas y listas catastrales

**Grafico 8: Superficie regada con reservorio almacenada de Zanjaloma.**

El agua se almacena en la noche, y en día es regada abasteciendo a tres modulos siendo regada en total a 35,086 ha, las suales estan siendo aprovechado por 276 parcelas.

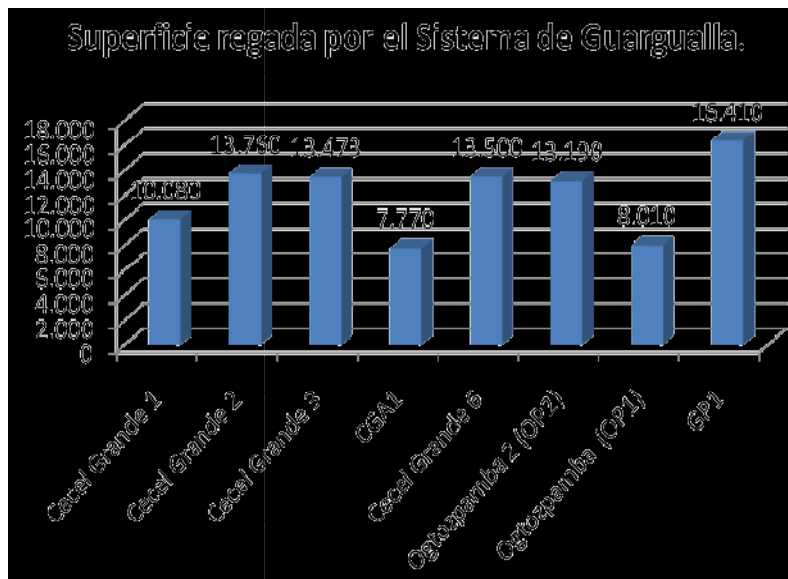
### 2.3 Módulos servidos por el agua de Guargualla sin ingresar a los reservorios.

El agua que no esta siendo ingresado al reservorio y durante el día que no almacenan el agua son servidas a los módulos indicados en el (cuadro 17), siendo regado dependiendo la superficie de cada modulo la cual son regando las 24 horas del día.

**Cuadro 17: Módulos servidas por agua de Guargualla- Licto sin ingresar a los reservorios.**

Módulo	Numero de parcelas	Numero de usuarios	Superficie tota de riego(has)	Caudal aproximado(l/s)
CG1	180	85	10,080	10
CG2	132	61	13,760	15
CG3	121	65	13,473	15
CGA1	80	27	7,770	10
CG6	122	22	13,500	15
OP2	203	95	13,190	15
OP1	119	75	8,010	10
GP1	256	72	16,410	15
Total	1213		96,193	105

Fuente: Recorrido, entrevistas y listas catastrales



**Grafico 9: Superficie regada por el sistema de Guargualla directamente.**

Las áreas de riego que se ve en el grafico,son regada directamente sin ser ingresado al reservorio, las mismas que son aprovechado por 502 personas.

**e. Turnos y horarios de riego.**

Los usuarios del riego en Asamblea General de Ceceles han establecido tener un horario para regar según turnos en orden secuencial de módulos y parcelas de cada usuario, el riego es proporcional a la superficie cultivada para cada usuario y se ve una variabilidad grande entre parcelas las horas de riego por hectárea de cultivo.

**1) Frecuencia de riego del Sistema Gompune**

La frecuencia de riego es cada 15 días y las 24 horas debido a que la superficie de las parcelas es extensa y a veces disminuye agua por la que no cubre en su totalidad a las parcela, el turno empieza siguiendo el orden de las tomas del canal iniciado en Sector conocido Chipu Quinri y termina en el sector conocido Tkukig Huayco el agua es utilizado las 24 horas, el turno en Cecel grande 5 inicia los días lunes 6 am y termina los viernes 7:30am Luego pasa al modulo llamado Cecel Grande 4 que inicia los viernes 8 am termina lunes 5:30am.

**d. Frecuencia de riego del Sistema Guargualla**

Del sistema de riego Guargualla-Licto es las 24 horas, además por lo que presento varios problemas para regar en la noche propusieron construir dos reservorios nocturnos y evitar que las mujeres salgan de la casa a regar en la noche, evitar graves problemas de erosión por la oscuridad especialmente con parcelas pequeñas y de fuertes pendientes, también trataron de evitar robos agua, mismos que están regando por diferentes métodos siendo por superficie y poco en aspersores.

**Cuadro 18: Frecuencia de riego sistema Gompune y Guargualla.**

Módulo	Frecuencia de riego
<b>SISTEMA GOMPUNE</b>	
CG4	Cada/15días
CG5	Cada/15días
<b>SISTEMA GUARGUALLA-LICTO</b>	
CG1	Cada /8 días
CG2	Cada /8 días
CG3	Cada /8 días
CG6	Cada /8 días
CG7	Cada /8 días
CG8	Cada /8 días
Cecel Lincas 1	Cada /8 días
CP1	Cada /8 días
CP2	Cada /8 días
OP1	Cada /8 días
OP2	Cada /8 días
Huerta pamba	Cada /8 días

Fuente: Lista y horarios elaborados por usuarios

Los usuarios mencionan que debido a que las parcelas son muy pequeñas dividen agua para dos o tres parcelas entre usuarios, para evitar erosión en grandes cantidades si utilizan un solo usuario.

Para el control de turnos y horarios han designado una persona con la aprobación de la asamblea general, mediante el pago de una bonificación se contrato un aguatero de la zona, quedando encargado de abrir y cerrar compuertas, verificar si existen daños de la infraestructura en la conducción y distribución.

#### **f. Aprovechamiento**

El sistema de riego Gompue y Guargualla- Licto están siendo utilizados por usuarios de Ceceles y se reparten por módulos según la superficie que tienen cada uno. Los 286 usuarios se benefician de estos dos sistemas, contando que seis personas no aprovechan del agua de Guargualla pero si de Gompue, ellos no tienen derecho al agua de Guargualla ya que no trabajaron en las obras de construcción ni económicamente, últimamente los usuarios que están utilizando el agua de los dos sistemas decidieron unir el agua de Gompue y Guargualla. Solo en 50ha de Huertapamba (CG4-5 y 7) de 198ha en total.

**Con 15 l/s el sistema de** Gompue se aprovechan en dos módulos CG4 y CG5 según el área y el número de usuarios.

**El Sistema de** Guargualla - Licto abastece los módulos CG1, CG2, CG3, CG6, CG7, CG8, CP1, CP2, OP1, OP2 y Cecel Grande 5 llamado como Playa pamba dependiendo de la superficie , número de usuarios el turno es cada ocho días

#### **4. Organización de los regantes**

Las técnicas que se utilizo son por entrevistas a usuarios y información secundarias que se obtuvo a través de la dirigencia en actas, reglamentos internos, libros de contabilidad de la tesorería.

La Unión de Organizaciones beneficiarias del riego “**NUEVA ALIANZA**” de Ceceles al igual que otros comités comunales de riego tienen normativas reconocidas por la propia organización social, siendo una obligación el respeto de los acuerdos establecidos en asamblea General para la aplicación racional del agua. La institución encargada legalmente es

el INAR (Instituto Nacional de Riego), quienes tienen establecidos acuerdos legales validas exclusivamente para la organización o junta de regantes los que deben basarse en valores culturales, costumbres y acuerdos sociales legítimamente reconocidos es decir el derecho que tiene por origen o costumbre.

**a. Reglamento Interno.**

El reglamento interno es un documento socialmente reconocido por todos los usuarios, para cumplir las actividades encomendadas en bienestar del sistema de riego, con las que pueden avanzar o mejorar su organización para un buen funcionamiento de su sistema.

Los usuarios cuentan con el Reglamento Interno de la Organización, que fue elaborado en el 2003 por dirigentes y usuarios con ayuda Técnica de CESA. Algunos líderes hicieron conocer con claridad este documento a todos los usuarios, con tres lecturas que fueron aprobados en secciones ordinarias; luego fue archivado en las actas por el Secretario de ese entonces.

Dentro de la junta de regantes se rescatan los acuerdos y normas internas mas relevantes a ser cumplidos obligatoriamente por los usuarios, generando donde ventajas y desventajas en los usuarios mismas que describen a continuación.

- Los derechos y turnos de riego equitativo.
- Operación y mantenimiento del sistema recurrente.
- Cumplir mingas, reuniones y aportes.
- Comisiones para realizar trámites de un proyecto.
- Permisos por calamidad domestica.(enfermedad, muerte de algún familiar y otros)
- Función de la mujer en asambleas.
- Justificación por faltar a reuniones o mingas.
- Sanciones por la asamblea general al no cumplir actividades encomendadas al usuario
- Sanciones por no cumplir a las actividades recomendadas por los usuarios.
- Las responsabilidades del aguatero o canalero. Etc.

**b. Mingas.**

Las mingas se realizan de acuerdo a un Plan Operativo Anual elaborado cada inicio del año por la directiva de turno, donde los usuarios deben cumplir, con mingas ordinarias establecidas por fechas al inicio de cada periodo, esto es un día al mes; de la misma manera pueden haber mingas extraordinarias que son anunciados 24 horas antes cuando sea necesario como presencia de derrumbos, limpieza de canal en invierno u otras situaciones que se pueden dar al instante.

**c. Multas.**

Las multas se establecen al inicio de cada periodo directivo, debiendo pagar cada tres meses, esto se pagan por incumplimiento a mingas, reuniones, comisiones y otras actividades encomendadas por la organización.

- Por faltas a mingas a la bocatoma del Sistema de riego Licto se han establecido para el año 2008-2010 un valor de ocho dólares.
- Las mingas en la zona de Ceceles se han establecido para el año 2008-2010 cuesta un valor de cinco dólares.
- Por falta a secciones que han establecido para el año 2008-2010 un valor de tres dólares.
- Al no cumplir con el pago de multas, hay una sanción como la suspensión de agua de riego, hasta que el usuario cumpla con las obligaciones de las diferentes multas.

**d. Elección de la Directiva de Unión de Organizaciones beneficiarias del riego “Nueva Alianza” de Ceceles.**

La elección de la Directiva de Unión de Organizaciones beneficiarias del riego “Nueva Alianza” de Ceceles, realizan cada dos años, democráticamente por mayor votos de usuarios elegido como nuevos dirigentes aceptan voluntariamente. La directiva se conforma por una personas de cada modulo, para la elección de los mismos en una asamblea se nombran un tribunal a las personas encargadas a la elección de la nueva directiva conjuntamente con los usuarios buscan a las personas que pueden ser representados con a la nueva dirigencia, luego eligen por voto general de los usuarios y la directiva esta conformado de la siguiente manera: Presidente, Vicepresidente, Secretario, Tesorero y tres Vocales.

**e. Funciones de los dirigentes.**



La dirigencia es cabeza de los usuarios y encargados de cuidar y proteger el funcionamiento del sistema así también: Dar mantenimiento a las infraestructuras del canal, distribución correcta del agua, trámites en bienestar de todos los usuarios y buscar proyectos para mejorar sus formas de vida a través del riego.

Actualmente se registran 280 socios quienes tienen la obligación de regir y hacer cumplir el reglamento interno que fue aprobado dentro de la misma asamblea general conjuntamente con todos los usuarios.

La directiva se reúne todos los domingos, para conocer los principales problemas que han suscitado durante la semana y planifican la realización de mingas y reuniones al ser necesarias. La directiva organiza una asamblea general con los usuarios del riego para informar lo ocurrido durante la semana, cobrar aportes económicos o indicar los avances de trámites realizados por la dirigencia. La asamblea ordinaria realizan un día al mes (martes), extraordinarias de ser urgente lo hacen de inmediato y indican las actividades o tramite para hacer algún trabajo piden autorización a los usuarios en asamblea general por la última autoridad para tomar decisiones en bien de sus beneficiarios del sistemas de riego además se resuelven los problemas y conflictos existentes dentro de la organización. Las sesiones se realizan desde 14h00 a 18h00 consisten generalmente en entregar informes de actividades o tramites desarrolladas, a ejecutarse en bienestar de los usuarios, entrega del informe financiero, cobros de tarifas, gestión de proyectos e informar quienes faltan a mingas, reuniones y/o atraso a las reuniones.

#### **f. Obligaciones de los usuarios.**

Los usuarios deben cumplir con las obligaciones establecidas en el reglamento interno de la zona, también tienen derecho al agua, uso de la infraestructura, participación en la toma de decisiones y en la *gestión* del sistema, entre otras como.

- Cumplir con las disposiciones que dicte la Asamblea General de socios.
- Cumplir con las mingas programadas para construir, proteger, mejorar y mantener el sistema de riego.

- Usar el agua sin desperdiciar, en el lugar y turno correspondiente.
- Asistir y participar en reuniones y asambleas convocadas por los directivos de la organización y cumplir con los acuerdos adoptados por la organización.
- Estar al día en el pago de cuotas y tarifas que apruebe la Asamblea General.

##### **5. Padrón de Usuarios.**

Los Ceceleños tienen elaborado un padrón de usuarios, enumerado y representado con apellidos y nombre de los usuarios, que sirven para un control social de la participación de los usuarios, en diferentes actividades e instancias como: mingas, reuniones o presentar proyectos.

##### **6. Sistema de producción.**

El estudio realizado por CESA, 1996 indica que una familia tiene un promedio de 1.25 hectáreas distribuidas en 28 lotes con 0.25 hectáreas bajo riego que abastecía del Sistema de riego Gompune; actualmente se registran 214.5 hectáreas distribuidos en 2190 lotes o parcelas que están bajo riego; la mayoría de los primeros dueños fueron transferidos por herencia, pocos comprados que son abastecidos por el Sistema de riego Gompune y Guargualla.

Los productos de las actividades agropecuarias son insuficientes para la sobrevivencia familiar, indicando que hay un alto grado de migración especialmente de la gente joven que salen a diferentes Provincias del Ecuador y fuera del país; también hay migración temporal de hombres aproximadamente del 90% a trabajar y los hijos estudian la mayoría en la Parroquia Cebadas.

Entonces, las mujeres son las encargadas de todos los trabajos productivos, reproductivos y comunales de la zona. La fuente principal de ingreso viene de afuera por trabajos de los hombres, seguido de la venta de la leche a empresa lácteas de la zona, que es el ingreso principal de las mujeres; los productos agrícolas son solo destinados para autoconsumo y la producción pecuarias es parcialmente autoconsumo y muy poco al mercado, a excepción de la tenencia de animales.

## 7. Patrón de Cultivos.

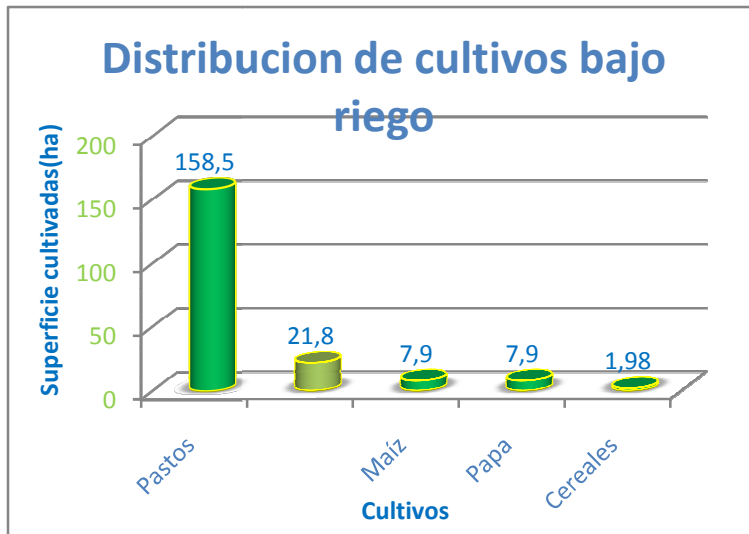
El riego determina el padrón de cultivos; pasto y alfalfa que predominan en terrenos bajo riego, con el pasto mantienen bovinos para la producción de leche que venden en la misma zona (Quesería Local) donde cada familia tiene de 2-3 vacas limitados por la superficie de pastos. Además tienen especies menores como chanchas, ovinas, gallinas, cuyes y conejos. A más de pasto y alfalfa en menor escala siembran papa, maíz, hortalizas y frutales. Otro producto característico de la zona son los árboles de capulí, producto para autoconsumo, venta y trueque.

En terrenos secos se cultiva maíz, cebada y lenteja (cultivos de secano) cuyos productos tienen de 9 a 10 meses de acto productivo; el fertilizante más utilizado es estiércol de sus animales. 198,147

**Cuadro 19: Superficie bajo riego por cultivo.**

<b>Cultivos</b>	<b>Actual (%)</b>	<b>Área total (has )</b>
Pastos	80	158,5
Maíz	4	7,9
Papa	4	7,9
Hortalizas	11	21,80
Cereales	1	1,98
Promedio	100	198,147

Fuente: Contabilizando en el campo

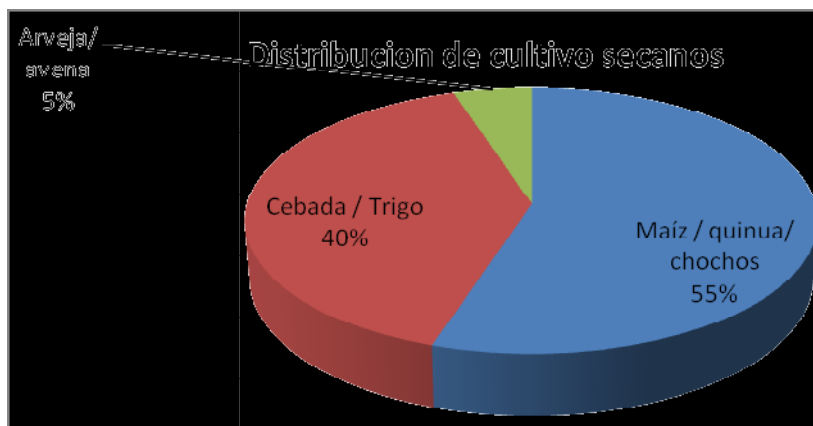


**Grafico 10: Distribucion de cultivo bajo riego.**

**Cuadro 20: Superficie secano de cultivos.**

Cultivo	Actual (%)
Maíz / quinua/ chochos	55
Cebada / Trigo	40
Arveja/ avena	5

Fuente: Contabilizando en el campo



**Grafico 11: Distribucion de cultivo secano.**

## 8. Método de riego parcelario

### a. Pendiente de Suelos.

La topografía de los suelos de Ceceles están en un rango entre 4- 55% por lo que están desperdiciando el agua en grandes cantidades, produciendo perdidas de los suelos por erosión hídrica y nutrientes de los suelo en grandes cantidades. (ANEXO 10)

**Cuadro 21: Rango de pendientes en diferentes módulos.**

Módulos	Textura	Rango pendiente (%)
CP1	Franco-arenoso	4-10
CP2	Franco-Arenoso	4-10
CG1	Franco-Arenoso	15-46
CG2	Franco-Arenoso	10-30
CG3	Franco-Arenoso	15-55
CG4	Franco-Arenoso	4-8
CG5	Franco-Arenoso	4-8
CG6	Franco-Arenoso	5-30
CG7	Franco-Arenoso	5-31
CG8	Franco-Arenoso	5-35

Fuente: Medición y calculo.

### b. Métodos de riegos que utilizan en Ceceles.

La mayoría riegan superficialmente y por aspersión apenas regando en los módulos 1,3 y 7 debido a las condiciones topográficas no permiten regar por las pendientes altas. Métodos de riegos utilizados CUADRO: 22

**Cuadro 22: Riego utilizado con diferentes métodos en diferentes Módulos.**

Módulos	Inundación (%)	Canterones (%)	Surcos (%)	Aspersión (%)	Riego total (%)	Superficie regada (m2)
CG1	5	70	15	40	100	10.080
CG 2	25	70	5	0	100	13.760
CG 3	10	30	10	50	100	13.473
CG4	70	20	10	0	100	28.490
CG5	75	20	5	0	100	23.758
CG6	50	25	25	0	100	13.500
CG 7	45	30	10	20	100	23.790
CG 8	10	50	40		100	7.650
CG 5	70	20	10	0	100	3.646
CP <sup>4</sup> 1	20	70	10	0	100	16.290
CP2	20	70	10	0	100	14.740
OP1	10	65	15	0	100	13.190
OP2	50	25	25	0	100	8.010
CL	45	35	20	0	100	7.770
Promedio	36	42	15	7	100	198,147

Fuente: Datos medidos y calculados.

**c. Desvío de Aguas.**

Mencionan que hay robos de agua debido a que los mismos usuarios pierden el turno por no regar por algún contratiempo o simplemente por regar al apuro no riegan bien, también hay

robos por la frecuencia de riego de 15 días y los suelos son franco arenosos pierde rápidamente la humedad en el caso de hortalizas necesitan mucha humedad. Una de las usuarias indico que el robo ocurre más por la dirigencia de turno y en la noche. Además se ha visto robos de agua desde canales secundarios en la zona de Cecel Grande 1 a través de tubos pequeños y con champas o piedras taponados en los canales, esto se notaba claramente en el modulo cuatro.

Al reiterar robos la solución lo hace en la asamblea general, la dirigencia conjuntamente con los usuarios buscan sanción que deben cumplir, el que roban el agua no deben regar por un año y la multa es de 100 dólares, la cual nos indican que casi nunca cumplen estas sanciones.

## **C. EFICIENCIA-RIEGO OPTIMO vs PRODUCTIVIDAD.**

### **1. Pruebas de infiltración**

Para el cumplimiento del segundo objetivo se realizó ensayos en cada modulo para conocer y analizar la eficiencia de riego superficial y por aspersion e interrelacionar con tiempos e intervalos de riego óptimo.

#### **a. Prueba de infiltración por método cilindro infiltró metro**

Se propone determinar la velocidad de infiltración de agua en el suelo, y relacionar en términos del diseño hidrológico con la pertinencia de las Obras de conservación, aprovechamiento de suelos, en particular de las zanjas de infiltración, mismas que son importantes para elegir métodos de riego, tiempos de riego, frecuencia y caudal utilizados en relación con la superficie a regar; estos valores pueden contribuir a disminuir la erosión hídrica y el escurrimiento superficial, mejorando la eficiencia de aplicación. (ANEXO 11)

#### **1) Infiltración acumulada e infiltración instantánea.**

La infiltración es calculada por el método de Kostiakov, relacionando con la bibliografía en los cuadros y gráficos se indica a continuación.

### 1.1. Infiltración acumulada e Instantánea Canalla pamba 1.

La infiltración acumulada ( $i_a$ ) es la cantidad total de agua adicionado dentro del cilindro infiltró metro relacionando con el tiempo que tardo la medición del ensayo los mismos que se indican en los cuadros y gráficos.

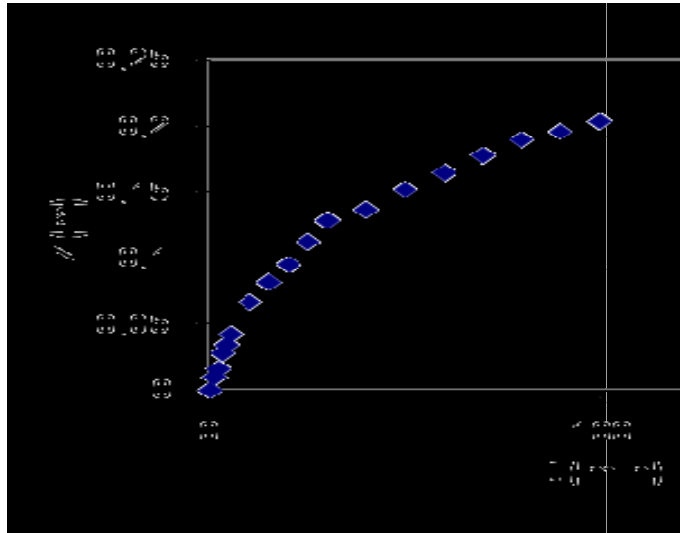
**Cuadro 23: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo Canalla pamba 1.**

DATOS DE INFILTRACION CANALLAPAMBA 1			
t (min)	Altura de agua (cm)	Z (m)	i (m/min)
0	22	0	0
1	21	0,01	0,01
2	20,4	0,016	0,006
3	19,2	0,028	0,012
4	18,6	0,034	0,006
5	17,8	0,042	0,008
10	15,4	0,066	0,0048
15	13,9	0,081	0,003
20	12,5	0,095	0,0028
25	10,8	0,112	0,0034
30	9,2	0,128	0,0032
40	8,4	0,136	0,0008
50	6,9 +10	0,151	0,0015
60	15,6	0,164	0,0013
70	14,3	0,177	0,0013
80	13,1	0,189	0,0012
90	12,5	0,195	0,0006
100	11,7	0,203	0,0008
PROMEDIO			0,0667

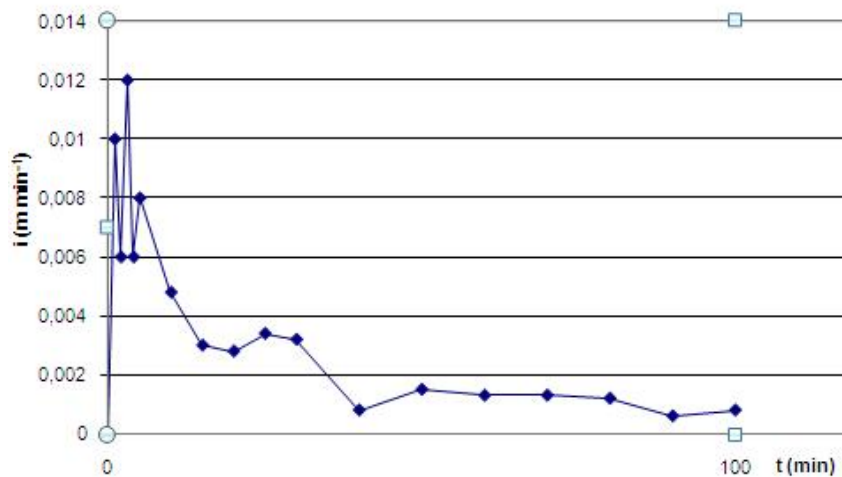
Fuente: Datos medidos y calculados.

Como se indica en la cuadro 23, hay descenso gradual de agua del cilindro interno, durante la prueba de infiltración, esto debido a que en el suelo, los primeros centímetros se trata de suelos sueltos; con el avance de la profundidad cada vez la capa de suelo se endurece, por tratarse de suelos de cangagua dura.





**Gráfico 12: Curvas de Infiltración Acumulada (CP1).**



**Gráfico 13: Curvas de Infiltración instantánea (CP1).**

La curva de infiltración Acumulada en el **gráfico 12** en los primeros cinco minutos el incremento de la infiltración es de (0,5-1cm) donde se desciende muy rápido y con el pasar del tiempo, la velocidad de infiltración va decreciendo lentamente a medida que se va saturando el suelo.

Igual sucedió, en el estudio, donde la velocidad durante todo el tiempo de prueba no se hace constante, manteniendo en el suelo, entonces a los 100 minutos sigue infiltrándose agua, entonces se dice que la capacidad de infiltración es mayor a la velocidad de aporte del flujo. **Gurovich, 1985**. Se demuestra al suelo franco arenoso y es permeable.

En el grafico 13, en los primeros minutos la velocidad de infiltración es rápida luego se uniformiza y a los 100 minutos la velocidad sigue decreciendo lentamente sin llega hacer constante aseverando que es un suelo profundo con textura suelta.

Al sumar los resultados de la infiltración descritos en la cuadro 23: el promedio de infiltración es de  $(0,0667\text{m/min}) = (66,7\text{mm/min})$ , demostrando según (UNAM, 1979) la velocidad de infiltración se encuentra dentro  $(30\text{-}100\text{mm/h})$  típico de un suelo arenoso.

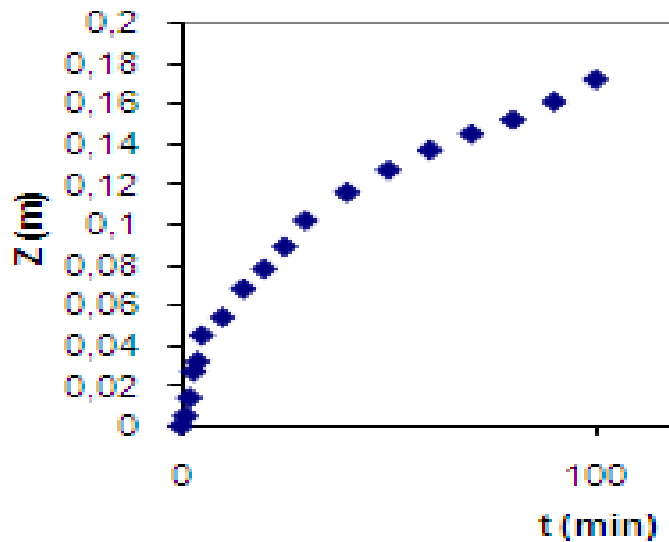
### 1.2. Prueba de infiltración en Canalla pamba 2.

**Cuadro 24: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo Canalla pamba 2**

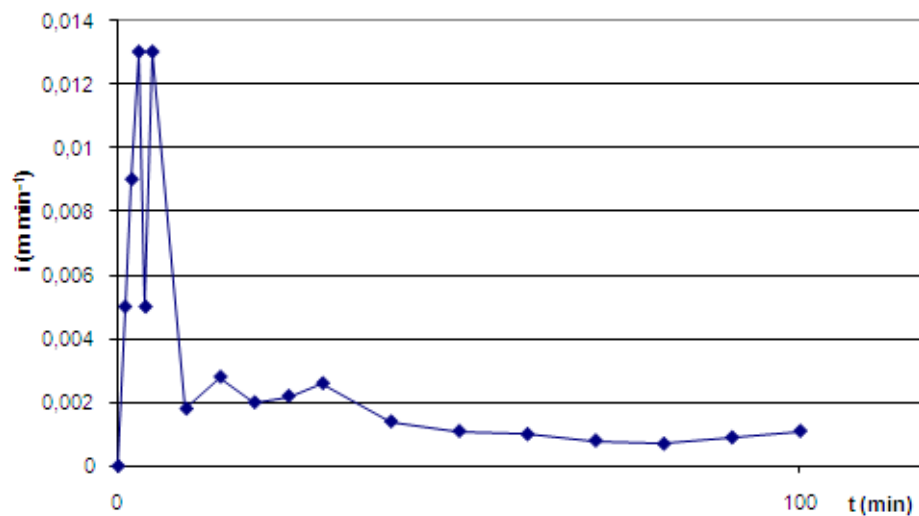
<b>DATOS DE INFILTRACION CANALLAPAMBA 2</b>			
<b>t (min)</b>	<b>Altura de agua (cm)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>i (m/min)</b>
0	21	0	0
1	20,5	0,005	0,005
2	19,6	0,014	0,009
3	18,3	0,027	0,013
4	17,8	0,032	0,005
5	16,5	0,045	0,013
10	15,6	0,054	0,0018
15	14,2	0,068	0,0028
20	13,2	0,078	0,002
25	12,1	0,089	0,0022
30	10,8	0,102	0,0026
40	9,4	0,116	0,0014
50	8,3 + 10	0,127	0,0011
60	17,3	0,137	0,001
70	16,5	0,145	0,0008
80	15,8	0,152	0,0007
90	14,9	0,161	0,0009
100	13,8	0,172	0,0011
Promedio			0,0634

Fuente: Datos medidos y calculados.

Los datos indicados en el cuadro24 están explicados los siguientes gráficos.



**Gráfico 14: Curvas de Infiltración instantánea (CP2).**



**Gráfico 15: Curvas de Infiltración instantánea (CP2)**

Los resultados del Modulo CP2, se demuestran en el gráfico: 14 y 15 se expone los resultados, de la curva de infiltración acumulada y la curva de infiltración instantánea son resultado similares a las curvas de infiltraciones del Modulo CP1, por que los suelos de esta zona tienen las mismas características que la anterior, pudiendo diferenciar por la humedad, la estructura, compactación del suelo que influyen según (Gavande et al. 1972).

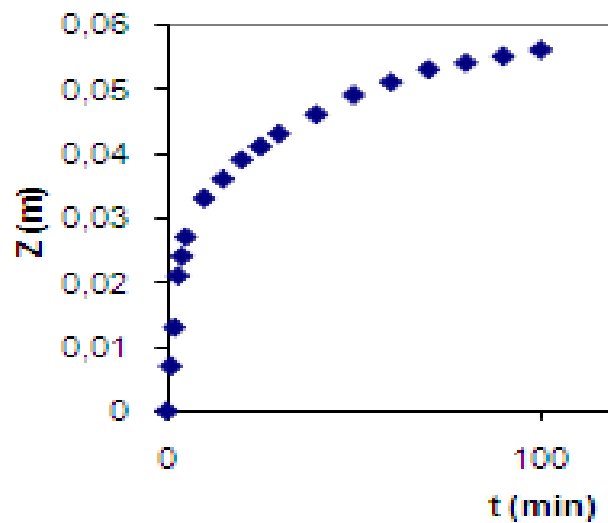
Al sumar los resultados de la infiltración descritos en la cuadro: 24 el promedio de infiltración es de  $(0,0634\text{m/min}) = (63,4\text{mm/min})$ , demostrando según (UNAM, 1979), la velocidad de infiltración se encuentra dentro  $(30\text{-}100\text{mm/h})$  típico de un suelo arenoso.

### 1.3.Prueba de infiltración Cecel Grande 1. (CG1).

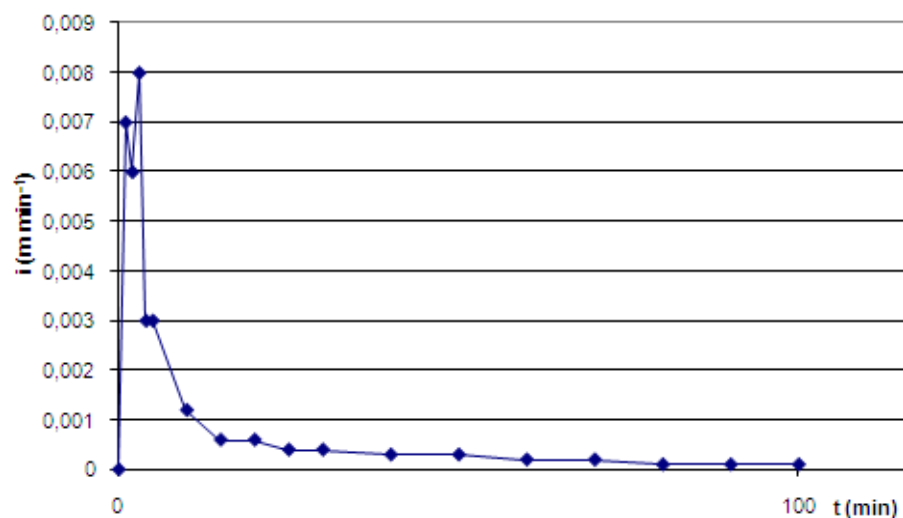
**Cuadro 25: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG1.**

<b>DATOS DE INFILTRACION CECEL GRANDE 1</b>			
<b>t (min)</b>	<b>Altura de agua (cm)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>i (m/min)</b>
0	18	0	0
1	17,3	0,007	0,007
2	16,7	0,013	0,006
3	15,9	0,021	0,008
4	15,6	0,024	0,003
5	15,3	0,027	0,003
10	14,7	0,033	0,0012
15	14,4	0,036	0,0006
20	14,1	0,039	0,0006
25	13,9	0,041	0,0004
30	13,7	0,043	0,0004
40	13,4	0,046	0,0003
50	13,1	0,049	0,0003
60	12,9	0,051	0,0002
70	12,7	0,053	0,0002
80	12,6	0,054	0,0001
90	12,5	0,055	0,0001
100	12,4	0,056	0,0001
<b>PROMEDIO</b>			<b>0,0315</b>

Fuente: Datos medidos y calculados.



**Gráfico 16: Curvas de Infiltración Acumulada (CG1).**



**Gráfico 17: Curvas de Infiltración instantánea (CG1).**

En el gráfico 16 se observa que en los primeros cinco minutos la velocidad de infiltración es rápida que desciende desde (1cm-0,5cm); cuando llega a 10 minutos va decreciendo lentamente, y después de 80 minutos la velocidad se hace gradualmente constante. Según **Vélez et al, 2002**, a los 80 minutos, la infiltración tiene una lámina de 50mm la cual ya no permite absorber, entonces la capacidad de infiltración es menor a la velocidad de aporte del flujo. Según **Gurovich, 1985**, los suelos son cangahuosos no permite mas paso de agua provocando una escorrentía superficial, el exceso de agua acumula sobre la superficie, escurre por las condiciones de pendiente como lo demuestra (Vélez et al, 2002).

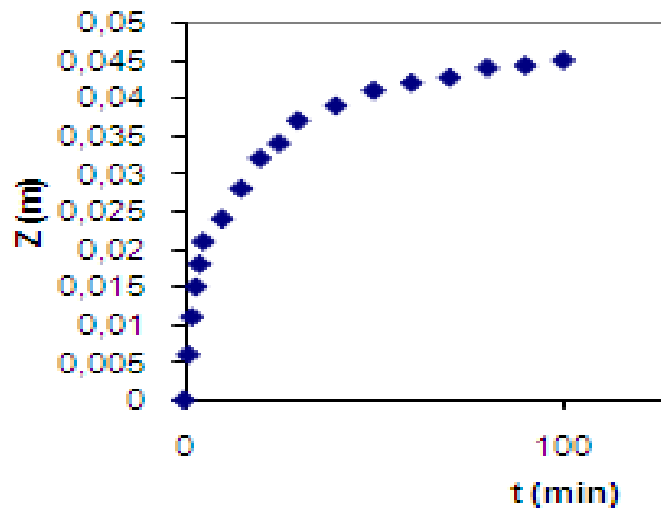
En Modulo CG1 la infiltración es muy lenta, al observar **en la figura: 17 es característico de un suelo limoso**, Según la práctica es falso el ocurrido porque los suelos cangahusos permite una baja infiltración. Al sumar la infiltración en el cuadro: **25** el promedio de infiltración es de  $(0,0315 \text{ m/min}) = (31,5 \text{ mm/min})$ , demostrando según UNAM, 1979, la velocidad de infiltración esta entre el rango de  $(30\text{-}100\text{mm/h})$  que es característico de un suelo arenoso.

#### 1.4.Prueba de infiltración en Cecel Grande 2 (CG2).

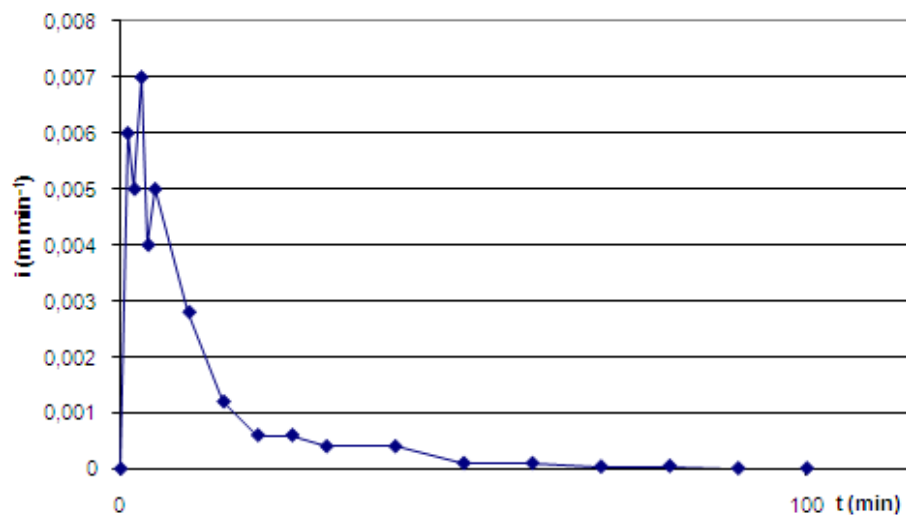
**Cuadro 26: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG2.**

INFILTRACION CECEL GRANDE 2			
t (min)	Altura de agua (cm)	Z (m)	i (m/min)
0	20	0	0
1	19,4	0,006	0,006
2	18,9	0,011	0,005
3	18,2	0,018	0,007
4	17,8	0,022	0,004
5	17,3	0,027	0,005
10	15,9	0,041	0,0028
15	15,3	0,047	0,0012
20	15	0,05	0,0006
25	14,8	0,053	0,0006
30	14,5	0,055	0,0004
40	14,4	0,059	0,0004
50	14,3	0,06	0,0001
60	14,26	0,061	0,0001
70	14,21	0,0614	4,00E-05
80	14,2	0,0619	5,00E-05
90	14,19	0,062	1,00E-05
100	14,18	0,0621	1,00E-05
PROMEDIO			0,03331

Fuente: Datos medidos y calculados.



**Gráfico 18: Curvas de Infiltración Acumulada (CG2).**



**Gráfico 19: Curvas de Infiltración instantánea (CG2).**

En Modulo CG2 en el gráfico 18, la curva de infiltración Acumulada se observa que hasta los cinco minutos la velocidad de infiltración es rápida que el agua desciende rápidamente (0.3-0.6cm), desde los 10 minutos la velocidad de infiltración va decreciendo lentamente hasta llegar a los 50 minutos, donde la velocidad se hace constante. Esto se demuestra según **Vélez et al**, esto ocurrió en la practica, a los 50 minutos de la prueba tiene una lámina de 50mm del suelo mojado y no permite absorber mas agua, entonces en este punto la capacidad de infiltración es menor a la velocidad de aporte del flujo.

Son suelos superficiales y cangahusos, donde no permite el paso de agua provocando una escorrentía, que según Vélez et al, 2002, exceso de agua se acumula sobre la superficie, o escurre si las condiciones de pendiente lo permite y se demuestra que el suelo franco arenoso y es permeable.

En el grafico: 19 modulo CG2, esto hizo que suelos cangahusos presenten una infiltración muy lenta. Al sumar la infiltración instantánea en el cuadro 26, el promedio de infiltración es de (0,03331 m/min) = (33,31 mm/min), demostrando según el estudio que la velocidad de infiltración está entre el rango de (30-100mm/h) típico de un suelo arenoso.

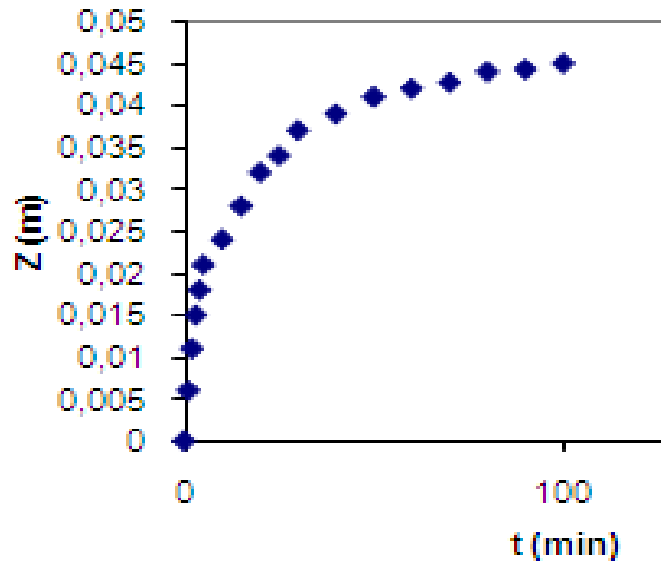
### 1.5.Prueba de infiltración en Cecel Grande 3. (CG3).

**Cuadro 27: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG3.**

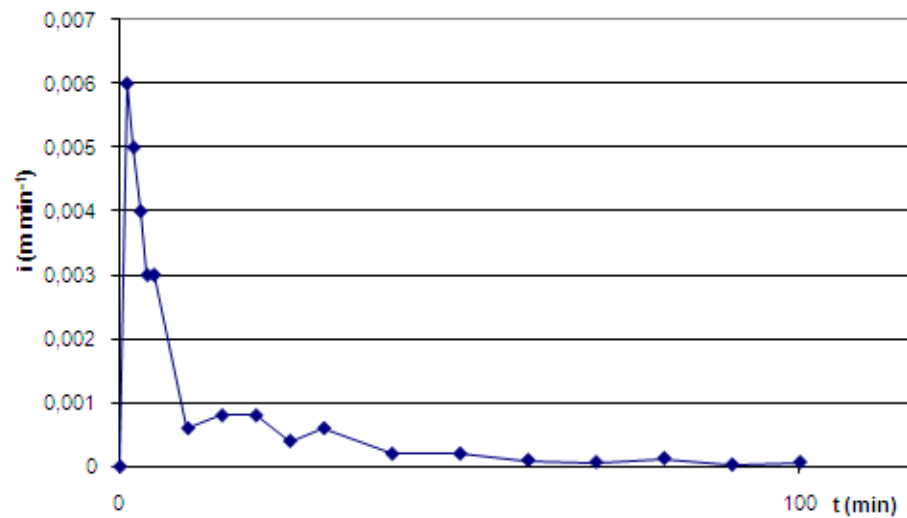
DATOS DE INFILTRACION CG3			
t (min)	Altura de agua (cm)	Z (m)	i (m/min)
0	18	0	0
1	17,4	0,006	0,006
2	16,9	0,011	0,005
3	16,5	0,015	0,004
4	16,2	0,018	0,003
5	15,9	0,021	0,003
10	15,6	0,024	0,0006
15	15,2	0,028	0,0008
20	14,85	0,0315	0,0007
25	14,55	0,0345	0,0006
30	14,3	0,037	0,0005
40	14,1	0,039	0,0002
50	13,9	0,041	0,0002
60	13,8	0,042	0,0001
70	13,73	0,0427	7,00E-05
80	13,6	0,044	0,00013
90	13,57	0,0443	3,00E-05
100	13,5	0,045	7,00E-05
PROMEDIO		0,524	0,025

Fuente: Datos medidos y calculados.





**Gráfico 20: Curvas de Infiltración Acumulada (CG3).**



**Gráfico 21: Curvas de Infiltración instantánea (CG3).**

En el gráfico: 20 Modulo CG3, la curva de infiltración acumulada es parecido a las curvas de CG1 y CG2, donde los cinco minutos iniciales la velocidad de infiltración es rápida, desciende de (1-0,5cm) en el cilindro, luego este se uniformiza y es gradual hasta 30 minutos, momento en que va decreciendo lentamente y a los 50 minutos la velocidad de

infiltración se hace constante la velocidad al igual que CG2. Son suelos superficiales y cangahuoso la cual no permite paso de agua provocando una escorrentía temprana..

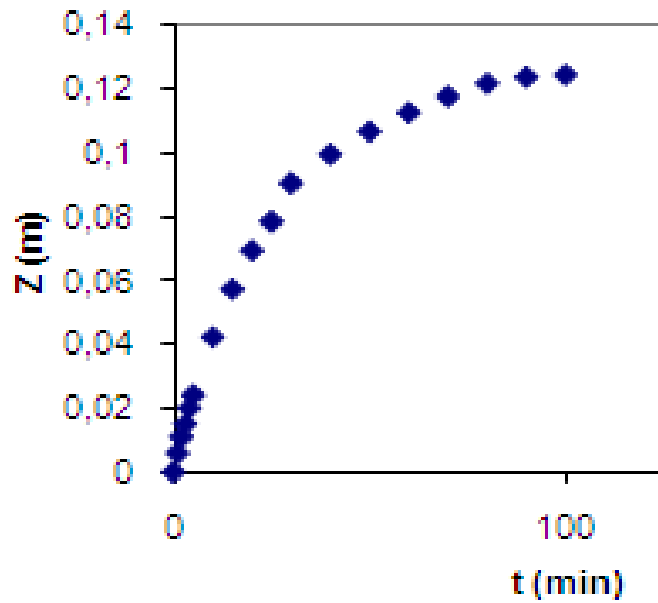
En el gráfico 21. La infiltración es muy lenta y sumar la infiltración instantánea en el **cuadro 27**, el promedio de infiltración es de (0,025 m/min) = (25 mm/min), demostrando según UNAM, 1979 que la velocidad de infiltración esta en el rango de (10-30mm/h) que es un suelo franco-arenoso.

### 1.6.Prueba de infiltración en Cecel Grande 4-5(CG4-CG5)

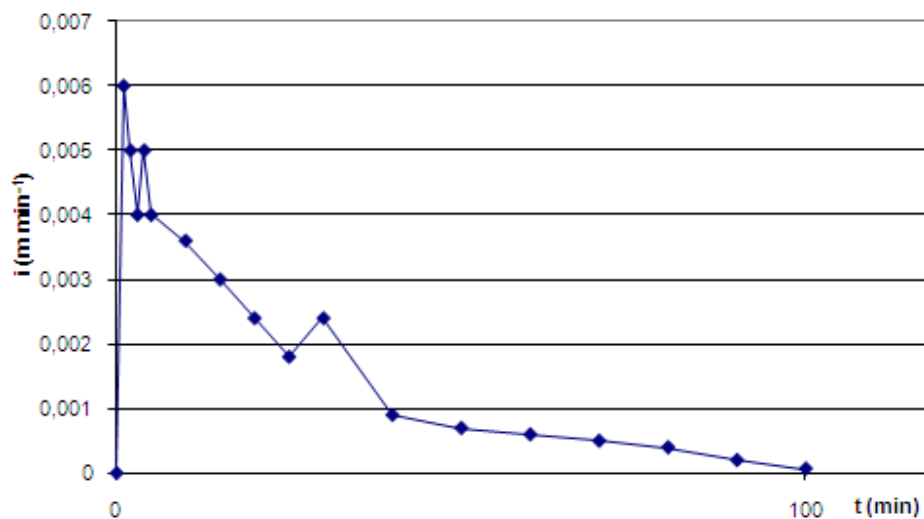
**Cuadro 28: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG4-5.**

DATOS DE INFILTRACION CECEL GRANDE 4-5			
t (min)	Altura de agua (cm)	Z (m)	i (m/min)
0	18	0	0
1	17,4	0,006	0,006
2	16,9	0,011	0,005
3	16,5	0,015	0,004
4	16	0,02	0,005
5	15,6	0,024	0,004
10	13,8	0,042	0,0036
15	12,3	0,057	0,003
20	11,1	0,069	0,0024
25	10,2	0,078	0,0018
30	9	0,09	0,0024
40	8,1+ 8	0,099	0,0009
50	15,4	0,106	0,0007
60	14,8	0,112	0,0006
70	14,3	0,117	0,0005
80	13,9	0,121	0,0004
90	13,7	0,123	0,0002
100	13,63	0,1237	7,00E-05
PROMEDIO			0,04057

Fuente: Datos medidos y calculados.



**Gráfico 22: Curvas de Infiltración Acumulada (CG4-CG5)**



**Gráfico 23: Curvas de Infiltración instantánea (CG4-CG5).**

Debido a la superficie muy grande se dividieron en dos módulos CG4 – CG5, se realizó una sola práctica en los linderos de los dos módulos, En el gráfico: 22 y 23 se observa que la curva de infiltración Acumulada y la curva de infiltración instantánea son muy similares a las curvas de infiltraciones del Módulo CP1 y CP2, indicando que a los 100 minutos todavía no se hace constante por lo tanto son suelos profundos, según Gavande *et al.* 1972.

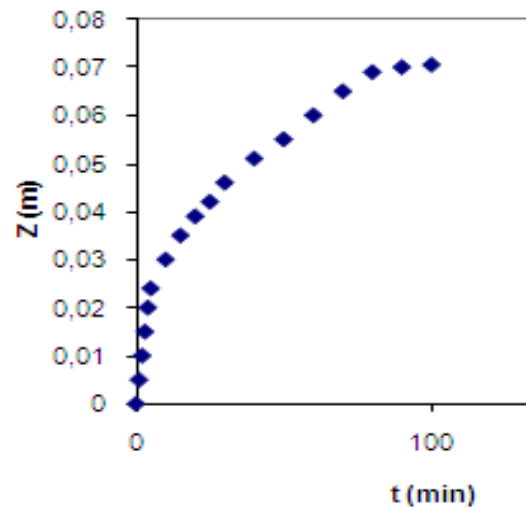
Al sumar la infiltración en la cuadro: 28 el promedio de infiltración es de (0,04057 m/min) = (40,57mm/min), demostrando según el estudio que la velocidad de infiltración esta entre el rango de (30-100mm/h) que es un suelo arenoso.

### 1.7.Pruebas de infiltración en Cecel Grande 6 (CG6)

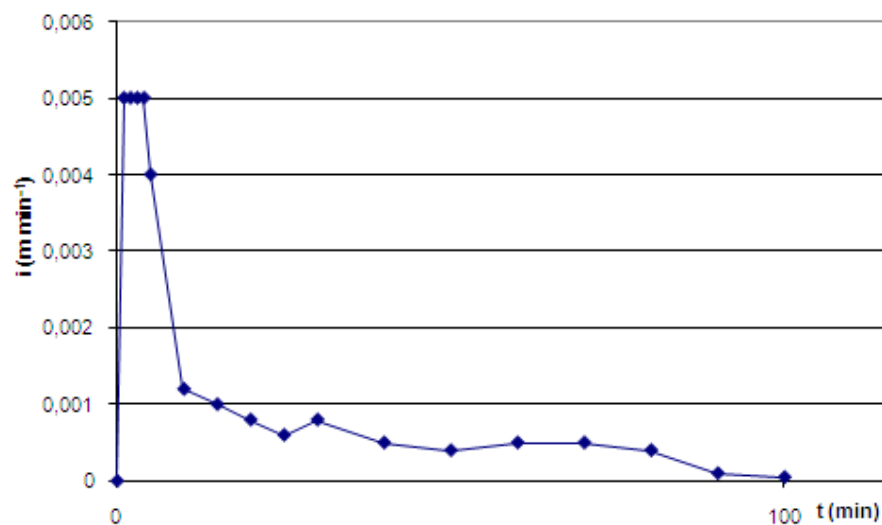
**Cuadro 29: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG6.**

DATOS DE INFILTRACION CECEL GRANDE 6			
t (min)	Altura de agua (cm)	Z (m)	i (m/min)
0	20	0	0
1	19,6	0,005	0,005
2	19,1	0,01	0,005
3	18,8	0,015	0,005
4	18,5	0,02	0,005
5	18,1	0,024	0,004
10	17,5	0,03	0,0012
15	16,9	0,035	0,001
20	16,7	0,039	0,0008
25	16,5	0,042	0,0006
30	16,3	0,046	0,0008
40	16,1	0,051	0,0005
50	16	0,055	0,0004
60	15,95	0,06	0,0005
70	15,9	0,065	0,0005
80	15,86	0,069	0,0004
90	15,83	0,07	0,0001
100	15,82	0,0705	5E-05
PROMEDIO			0,03085

Fuente: Datos medidos y calculados.



**Gráfico 24: Curvas de Infiltración Acumulada (CG6).**



**Gráfico 25: Curvas de Infiltración instantánea (CG6).**

En el Modulo CG6 en el gráfico: 24 la curva de infiltración Acumulada en los cinco primeros minutos desciende rápidamente y desde los 10 minutos en adelante la velocidad es uniforme que va se infiltra (3-4cm) luego va decreciendo lentamente hasta llegar a los 90 minutos donde la velocidad se hace constante la cuál se demuestra según Vélez et al, 2002. Al pasar los 100 minutos la infiltración se hace constante, entonces la capacidad de infiltración es menor a la velocidad de aporte del flujo lo que no permite mas paso de

Agua, estos resultados típicos de suelos superficiales y cangahuosos la cual no permite mas paso de agua provocando una escorrentía según **Gurovich, 1985**.

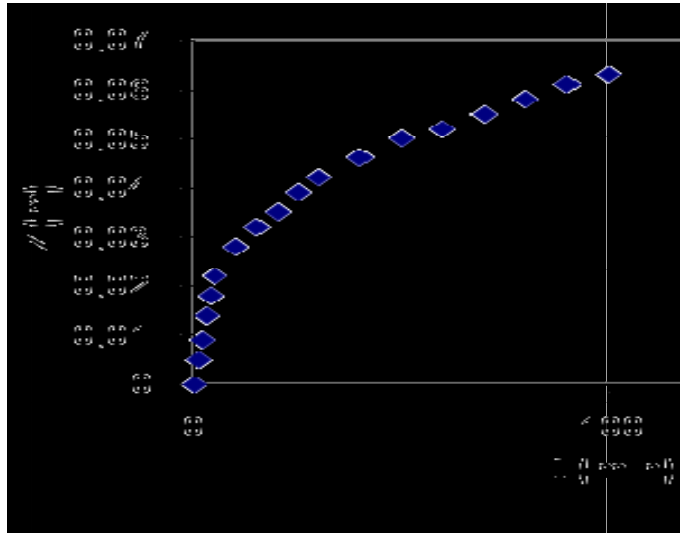
En el grafico: 25. La infiltración es uniforme a los 100 minutos no se hace constante siendo lentamente la infiltración. Al sumar la infiltración en la cuadro **29**, el promedio de infiltración es de  $(0.03085\text{m/min}) = (30,8 \text{ mm/min})$ , demostrando según **el ensayo** que la velocidad de infiltración esta entre el rango de  $(30\text{-}100\text{mm/h})$  que es un suelo arenoso.

### 1.8. Prueba de infiltración Cecel Grande 7-8 (CG7-CG8).

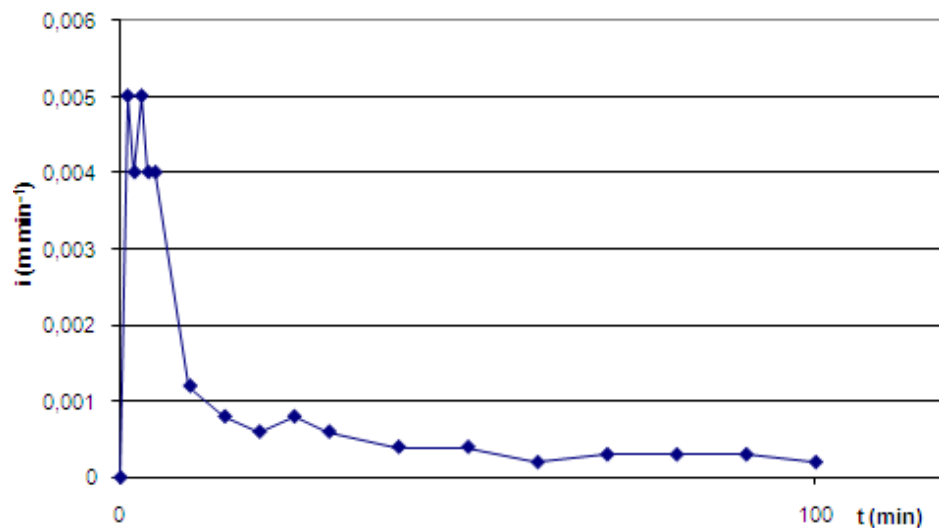
**Cuadro 30: Datos de Infiltración acumulada e instantáneas modulo CG7-8.**

DATOS DE INFILTRACION CECEL GRANDE 7-8			
t (min)	Altura de agua (cm)	Z (m)	i (m/min)
0	18	0	0
1	17,5	0,005	0,005
2	17,1	0,009	0,004
3	16,6	0,014	0,005
4	16,2	0,018	0,004
5	15,8	0,022	0,004
10	15,2	0,028	0,0012
15	14,8	0,032	0,0008
20	14,5	0,035	0,0006
25	14,1	0,039	0,0008
30	13,8	0,042	0,0006
40	13,4	0,046	0,0004
50	13	0,05	0,0004
60	12,8	0,052	0,0002
70	12,5	0,055	0,0003
80	12,2	0,058	0,0003
90	11,9	0,061	0,0003
100	11,2	0,063	0,0002
PROMEDIO			0,0281

Fuente: Datos medidos y calculados.



**Gráfico 26: Curvas de Infiltración Acumulada (CG7-CG8).**



**Gráfico 27: Curvas de Infiltración instantánea (CG7-CG8).**

En el gráfico: 26 y 27 en el Módulo CG7-CG8 la curva de infiltración Acumulada y la curva de infiltración instantánea se demuestra que son muy similares a las curvas de infiltraciones del Módulo CP1, por tratarse de suelos de esta zona tienen las mismas características que las anteriores, pudiendo diferenciar por la humedad, la estructura, compactación del suelo.

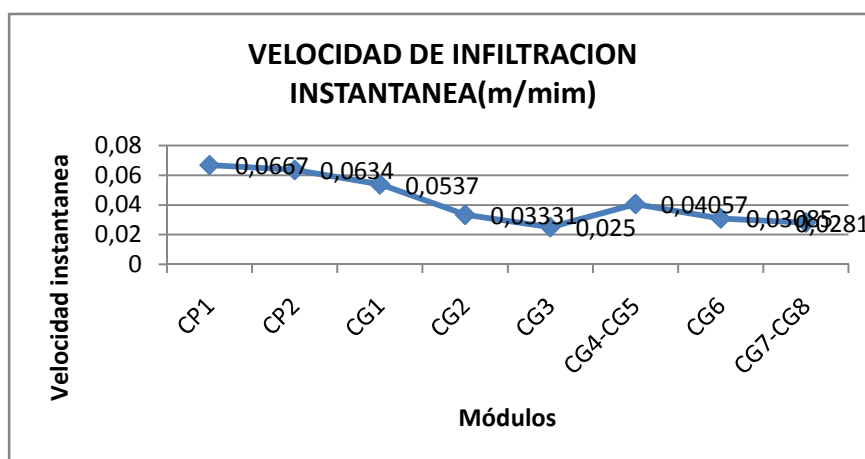
Al sumar la infiltración en el cuadro 30, el promedio de infiltración es de  $(0,0281 \text{ m}/\text{min}) = (28,1 \text{ mm}/\text{min})$ , demostrando según UNAM, 1979 que la velocidad de infiltración está entre el rango de  $(20\text{-}30 \text{ mm}/\text{h})$  que es un suelo franco arenoso.

### 1.9. Análisis comparativo de infiltración instantánea y acumulada

**Cuadro 31: Datos de infiltración instantáneas diferentes módulos.**

Tiempo	CP1	CP2	CG1	CG2	CG3	CG4-CG5	CG6	CG7-CG8
t (min)	i (m/min)	i (m/min)	i (m/min)	i (m/min)	i (m/min)	i (m/min)	i (m/min)	i (m/min)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,01	0,005	0,007	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005
2	0,006	0,009	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004
3	0,012	0,013	0,011	0,007	0,004	0,004	0,005	0,005
4	0,006	0,005	0,008	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004
5	0,008	0,013	0,008	0,005	0,003	0,004	0,004	0,004
10	0,0048	0,0018	0,0022	0,0028	0,0006	0,0036	0,0012	0,0012
15	0,003	0,0028	0,0022	0,0012	0,0008	0,003	0,001	0,0008
20	0,0028	0,002	0,0016	0,0006	0,0007	0,0024	0,0008	0,0006
25	0,0034	0,0022	0,0014	0,0006	0,0006	0,0018	0,0006	0,0008
30	0,0032	0,0026	0,0014	0,0004	0,0005	0,0024	0,0008	0,0006
40	0,0008	0,0014	0,0014	0,0004	0,0002	0,0009	0,0005	0,0004
50	0,0015	0,0011	0,0007	0,0001	0,0002	0,0007	0,0004	0,0004
60	0,0013	0,001	0,0007	0,0001	0,0001	0,0006	0,0005	0,0002
70	0,0013	0,0008	0,0005	4,00E-05	7,00E-05	0,0005	0,0005	0,0003
80	0,0012	0,0007	0,0005	5,00E-05	0,00013	0,0004	0,0004	0,0003
90	0,0006	0,0009	0,0007	1,00E-05	3,00E-05	0,0002	0,0001	0,0003
100	0,0008	0,0011	0,0004	1,00E-05	7,00E-05	7,00E-05	5E-05	0,0002
PROMEDIO	0,0667	0,0634	0,0537	0,03331	0,025	0,04057	0,03085	0,0281

Fuente: Datos medidos y calculados.



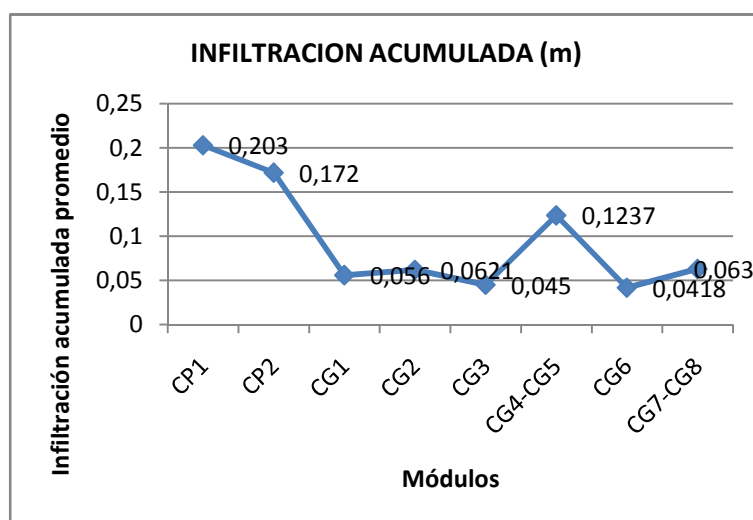
**Gráfico 28: Promedio de velocidad de infiltración instantánea.**



**Cuadro 32: Datos de infiltración instantáneas diferentes módulos.**

Tiempo	CP1	CP2	CG1	CG2	CG3	CG4- CG5	CG6	CG7- CG8
Minuto	Z (m)	Z (m)	Z (m)	Z (m)	Z (m)	Z (m)	Z (m)	Z (m)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,01	0,005	0,007	0,006	0,006	0,006	0,004	0,005
2	0,016	0,014	0,013	0,011	0,011	0,011	0,009	0,009
3	0,028	0,027	0,021	0,018	0,015	0,015	0,012	0,014
4	0,034	0,032	0,024	0,022	0,018	0,02	0,015	0,018
5	0,042	0,045	0,027	0,027	0,021	0,024	0,019	0,022
10	0,066	0,054	0,033	0,041	0,024	0,042	0,025	0,028
15	0,081	0,068	0,036	0,047	0,028	0,057	0,031	0,032
20	0,095	0,078	0,039	0,05	0,032	0,069	0,033	0,035
25	0,112	0,089	0,041	0,053	0,034	0,078	0,035	0,039
30	0,128	0,102	0,043	0,055	0,037	0,09	0,037	0,042
40	0,136	0,116	0,046	0,059	0,039	0,099	0,039	0,046
50	0,151	0,127	0,049	0,06	0,041	0,106	0,04	0,05
60	0,164	0,137	0,051	0,061	0,042	0,112	0,0405	0,052
70	0,177	0,145	0,053	0,0614	0,0427	0,117	0,041	0,055
80	0,189	0,152	0,054	0,0619	0,044	0,121	0,0414	0,058
90	0,195	0,161	0,055	0,062	0,0443	0,123	0,0417	0,061
100	0,203	0,172	0,056	0,0621	0,045	0,1237	0,0418	0,063
Promedio	1,827	1,524	0,648	0,7574	0,524	1,2137	0,5054	0,629

Fuente: Datos medidos y calculados.

**Gráfico 29: Velocidad Promedio de Infiltración acumulada en diferentes módulos.**

En el **grafico: 28** se observa que la velocidad de infiltración donde para los ocho módulos, a los cinco minutos se decrece a medida que el suelo se va saturando; la tendencia se hacer constante fue y en otros fue constante los valores de infiltración a los 100 minutos con mínimas diferencias en las curvas. Afirmaron los autores Gurovich 1985 y Martínez 1986, que la disminución de la velocidad de infiltración es el resultado de al menos en parte, de un deterioro gradual de la estructura del suelo y el sellamiento parcial del perfil.

Los incrementos de infiltración acumulada en el tiempo, posee valores más altos de velocidad de infiltración en el grafico: **29** para los módulos que están bajo el camino como CP1, CP2 y CG4-CG5 tienen mayor capacidad de absorción de agua, mientras que los módulos CG1, CG2, CG3, CG6 y CG7-8 el rango en la infiltración son mucho menores según Gurovich 1985.

#### **b. Prueba de infiltración por método surco- infiltró metro**

Se realiza mediante la entrada y salida de agua a un surco-cantero que va infiltrando paulatinamente a lo largo de los mismos.

Las pruebas de infiltración por método de surco infiltró metro se realizó en canchales de alfalfa en una parcela por módulos para lo cual se esperó la aplicación del riego parcelario de un turno otorgado según su derecho.

El ensayo se hizo tomando en cuenta el caudal de entrada, caudal a mitad del canchero y caudal de llegada al final de los cancheros, además se determinó el tiempo de llegada del caudal en cada punto de ubicación de los vertederos donde se midió la longitud de cancheros hasta cada punto, luego se midió profundidad de infiltración al inicio, a la mitad y al final de cancheros estemos se realizo en diferentes módulos que se indicara a continuación. (ANEXO 12)

Para lo cual se tomo las principales características de la zona del estudio.

**Cuadro 33: Características principales de la zona.**

Módulos	Cultivo	Caudal Aprox(lt/s)	Área total(ha)
CP1	Alfalfa	10lt/s	16.290
CP2	Alfalfa	10lt/s	14.740
CG1	Alfalfa	0,20- 8lt/s	10.080
CG2	Alfalfa	15lt/s	13.760
CG3	Alfalfa	0,15- 15lt/s	13.473
CG4	Alfalfa	15lt/s	28.490
GG5	Alfalfa	15lt/s	23.758
CG6	Alfalfa	20lt/s	13.500
CG7	Alfalfa	0,39-10lt/s	23.790
CG8	Alfalfa	0,39-10lt/s	7.650

Fuente: Datos medidos en el campo.

## 1) Prueba de infiltración surco-infiltrómetro

### 1.1 Módulo Canalla pamba 1.

Para este ensayo se tomo en cuenta los principales datos indicados en la cuadro 34:

**Cuadro 34: Evaluaciones tomadas en el ensayo surco-infiltro metro.**

<b>Características principal del canteron</b>	<b>Valor</b>
Dueño de la parcela	Luis Morocho.
Numero de Canterones de 4,60m de ancho	42
Profundidad de canal de canteron	16cm
Numero de canterones de 3,4m de ancho	4
Largo canteron	31,5m
N de curvas	45
Ancho curvas	70cm
Ancho surco canteron	0,30cm
Ancho canal de surcos	0,20cm
Longitud de serpentina	234,9m
Tiempo que demora en escurrir el agua	5 minutos

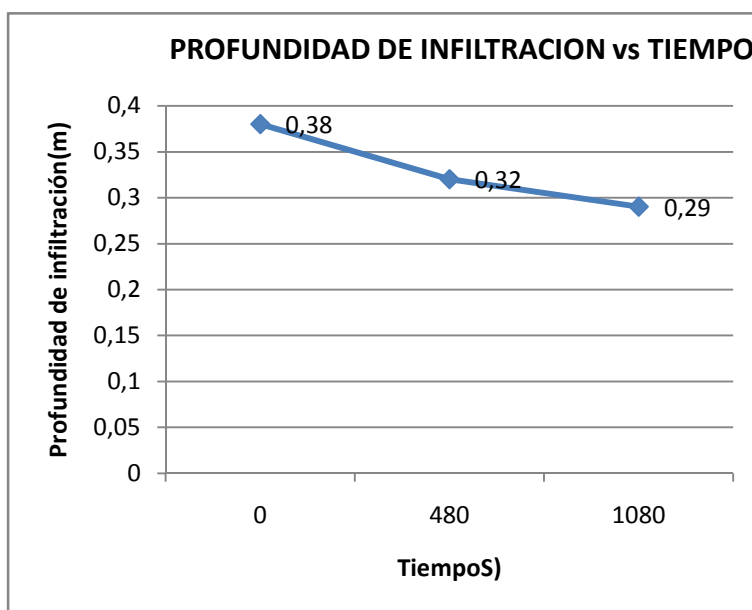
Fuente: Datos medidos en el campo.

#### 1.1.1 Profundidad de Infiltración en relación al tiempo

**Cuadro 35: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

<b>PUNTOS</b>	<b>PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)</b>	<b>TIEMPO AVANCE(s)</b>
Punto1	0,10	0
Punto2	0,085	480
Punto3	0,08	1080

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 30: Profundidad infiltración vs Tiempo en CP1.**

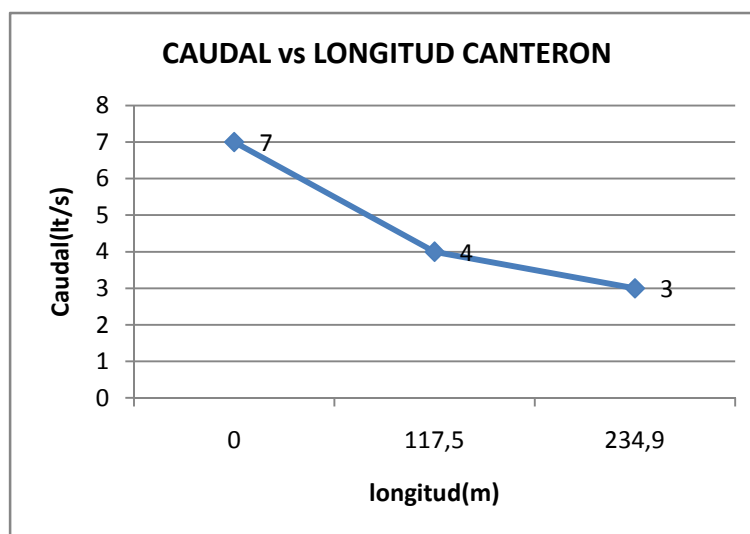
**En el grafico: 30** en el Modulo CP1, la profundidad de infiltración en 0 minuto es 0,38m, a 480segundos es 0,32m y al final de la parcela es 0,29m en un tiempo de 1080 segundos, en la misma parcela se ve la diferencia de 9cm entre el inicio y final de la parcela, produciendo un exceso de agua que se pierde por escorrentía.

### 1.1.2 Longitud de Canterones vs caudal.

**Cuadro 36: Longitud de canteron vs Caudal.**

PUNTOS	LONGITUD DE CANTERONES (m)	CAUDAL C/PUNTO (lt/s)
Punto1	0	7
Punto2	117,5	4
Punto3	234,9	3

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 31: Caudal vs longitud de canteron CP1.**

### 1.2.Modulo Canalla pamba 2 (CP2).

Para este ensayo se tomo en cuenta los principales datos indicados en la cuadro.

**Cuadro 37: Características principales de la zona del ensayo.**

Características principal del canteron	Valor
Dueño de la parcela	Miguel Ángel Buñay
Numero de Canterones de 6,3m de ancho	46
Profundidad del canal del canteron	15cm
Numero de canterones de 3,2m de ancho	8
Largo Canteron	47,7m
Numero de curvas	54
Ancho curvas	90cm
Ancho canal surco	0,20cm
Ancho lomo surco	0,20cm
Longitud de Serpentina	364,9m
Tiempo que demora en escurrir el agua	7 minutos

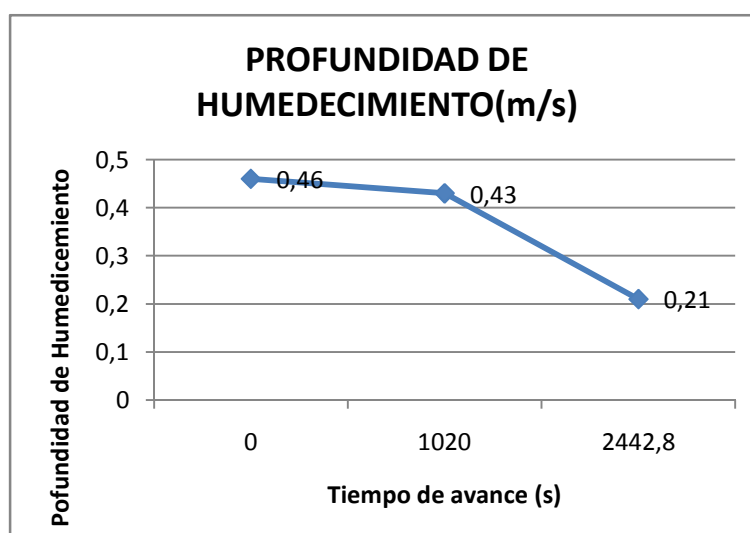
Fuente: Datos medidos en el campo.

### 1.2.1 Prueba de Infiltración en relación al tiempo.

**Cuadro 38: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

PUNTOS	PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)	TIEMPO AVANCE(s)
Punto 1	0,46	0
Punto 2	0,43	1020
Punto 3	0,21	2442,8

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Gráfico 32: Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance.**

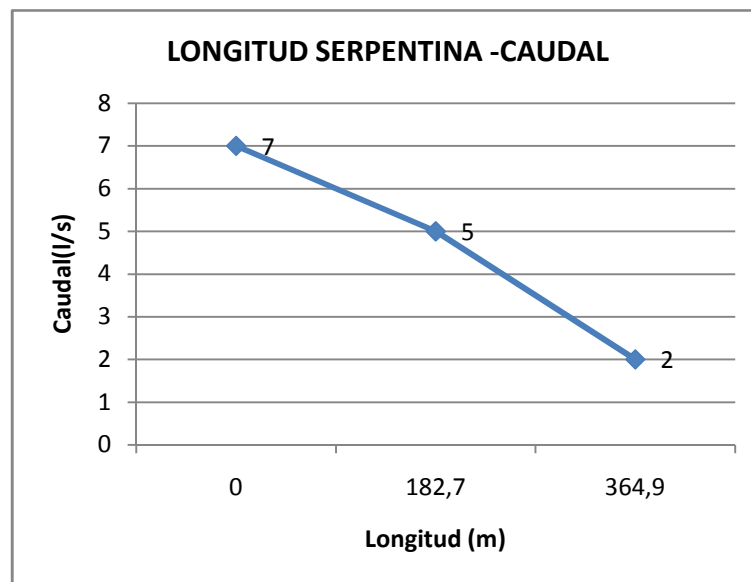
La profundidad de infiltración del Modulo CP2, se demuestra en el gráfico 32: 0 segundo es 0,46m, a 1020 segundos es 0,43m y al final de la parcela es 0,21m en un tiempo de 2443 segundos, la misma se ve diferencia de 0,25m de infiltración entre el inicio y final de la parcela, produciendo un exceso de agua que se pierde por escorrentía. El intervalo de humedad en un suelo franco-arenoso esta entre 90-150mm. Son suelos aptas para hortalizas tienen raíces superficiales de 20-30cm **en parte también son suelos aptos para pastos. Según (Hendriks, 1994).** Siendo deficiente para los demás cultivos el agua sobrante produce escorrentía, la cual depende de la porosidad del suelo, contenido de humedad, intensidad de la lluvia y cobertura del suelo.

### 1.2.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto.

**Cuadro 39: Longitud de canteron vs Caudal.**

PUNTOS	LONGITUD CANTERONES (m)	DE CAUDAL C/PUNTO(lt/s)
Punto1	0	7
Punto2	182,7	5
Punto3	364,9	2

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Gráfico 33: Caudal vs longitud de canteron CP2.**

En el Gráfico 33: en el Modulo CP2, la entrada del caudal en el vertedero uno en el canteron es de 7lt/s, a una longitud de 182,7 el caudal que pasa 5lt/s llegando al final del canteron 2lt/s a una longitud de 364,9 m, donde se indica que hay una diferencia de caudal entre punto inicial y la final 5lt/s, supuestamente están siendo aprovechado por el suelo, durante la practica se ha podido observar que los surcos son muy largos por ende hay mayor desbordamiento en los canales ya que no abastece agua, en el tercer punto se midió 2lt/s que se pierde por escorrentía.



### 1.3 Modulo Cecel Grande 1 (CG1).

**Cuadro 40: Características principales de la zona del ensayo.**

<b>Características principal del canteron</b>	<b>Valor</b>
Dueño de la parcela	Miguel Ángel Buñay
Numero de Canterones de 4,5 m de ancho	15
Profundidad de canal canteron	8cm
Numero de canterones de 3,2 m de ancho	3
Largo Canteron	9m
Numero de curvas	18
Ancho curvas	60cm
Ancho canal surco	0,15cm
Ancho lomo surco	0,20cm
Longitud de Serpentina	87,9m
Tiempo que demora en escurrir el agua	2 minutos

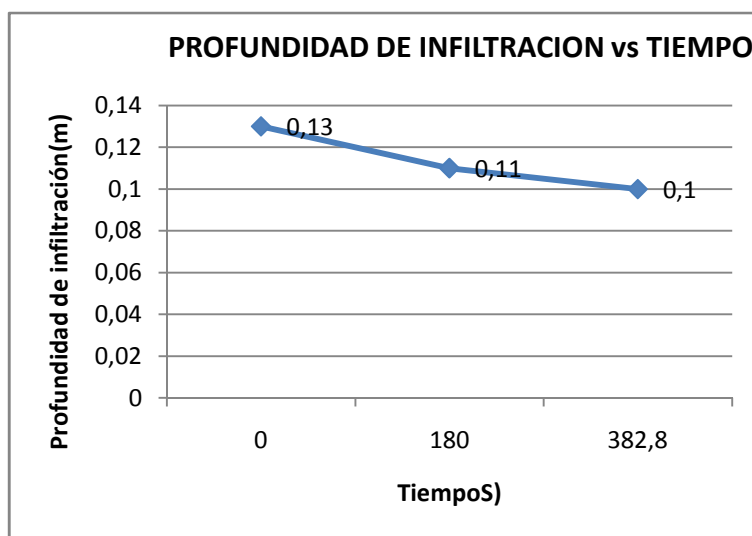
Fuente: Datos medidos en el campo.

#### 1.3.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo.

**Cuadro 41: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

<b>PUNTOS</b>	<b>PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)</b>	<b>TIEMPO AVANCE(s)</b>
Punto1	0,13	0
Punto2	0,11	180
Punto3	0,1	382,8

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 34: Profundidad de infiltracion vs Tiempo de avance (s).**

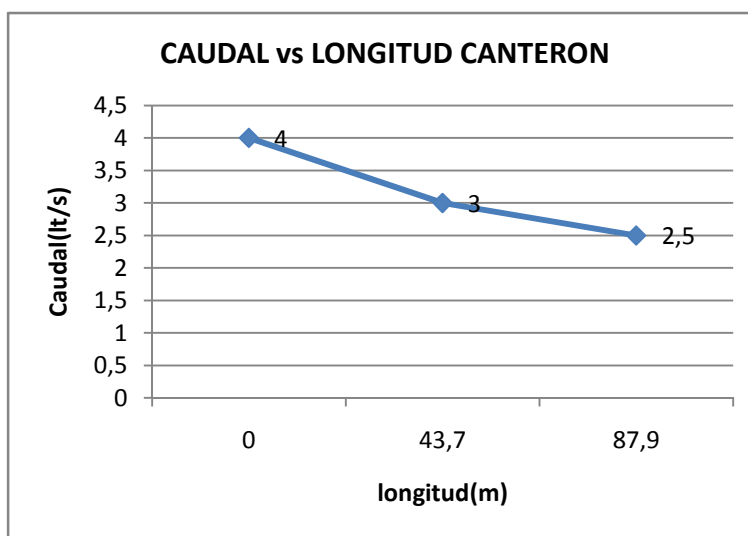
En el grafico 34: en el Modulo CG1 la profundidad de infiltración en el punto y en el tiempo inicial de 0 es de 0,13m, a 180segundos es 0,11m y al final de la parcela es 0,10m en un tiempo de 382,8, teniendo al una diferencia de infiltración de 0,3m al final de la parcela con relación al inicio de la parcela, entonces se explica que el agua corre rápidamente los canterones sin dar tiempo de absorber estos suelos, esto es debido a que estos suelos no tiene capa profundas. Son suelos que no permite infiltrar raíces por las cuales los cultivos de la zona son raquíuticos.

### 1.3.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto.

**Cuadro 42: Longitud de canteron vs Caudal.**

PUNTOS	LONGITUD DE CANTERONES (m)	CAUDAL C/PUNTO(lt/s)
Punto1	0	4
Punto2	43,7	3
Punto3	87,9	2,5

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 35: Caudal vs longitud de canteron CP2.**

En el Grafico 35: en el Modulo CG1, la entrada de caudal en el vertedero uno es de 4lt/s, a una longitud de 43,7 el caudal pasa 3lt/s llegando al final del canteron 2.5 lt/s a una longitud de 87,9 m. indicando una diferencia de 1,5lt/s entre inicio y final.

#### 1.4 Modulo Cecel Grande 2 (CG2).

**Cuadro 43: Características principales de la zona del ensayo.**

Características principal del canteron	Valor
Dueño de la parcela	Luis Ortiz Tenegusñay.
Numero de Canterones de 4,7 m de ancho	73
Profundidad de canal canteron	13cm
Numero de canterones de 3 m de ancho	2
Largo Canteron	51,8
Numero de curvas	74
Ancho curvas	70cm
Ancho canal surco	0,20cm
Ancho lomo surco	0,15cm
Longitud de Serpentina	400,3m
Tiempo que demora en escurrir el agua	1 minutos

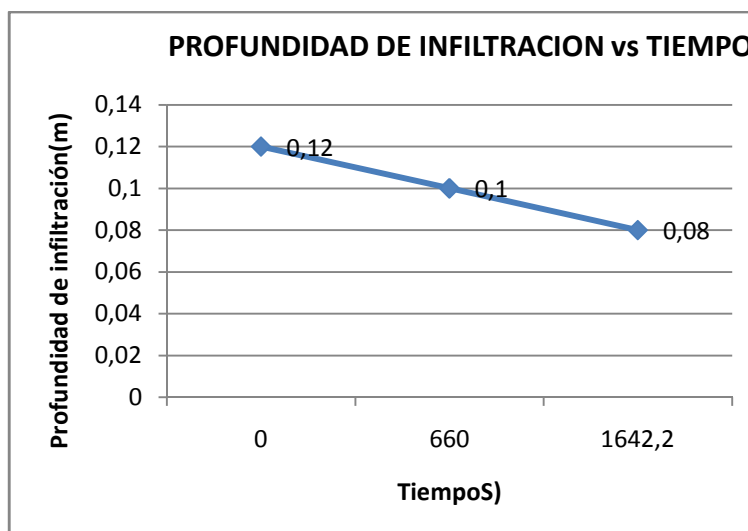
Fuente: Datos medidos en el campo.

### 1.4.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo.

**Cuadro 44: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

PUNTOS	PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)	TIEMPO AVANCE(s)
Punto1	0,12	0
Punto2	0,1	660
Punto3	0,08	1642,2

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Gráfico 36: Profundidad de infiltración vs Tiempo(s).**

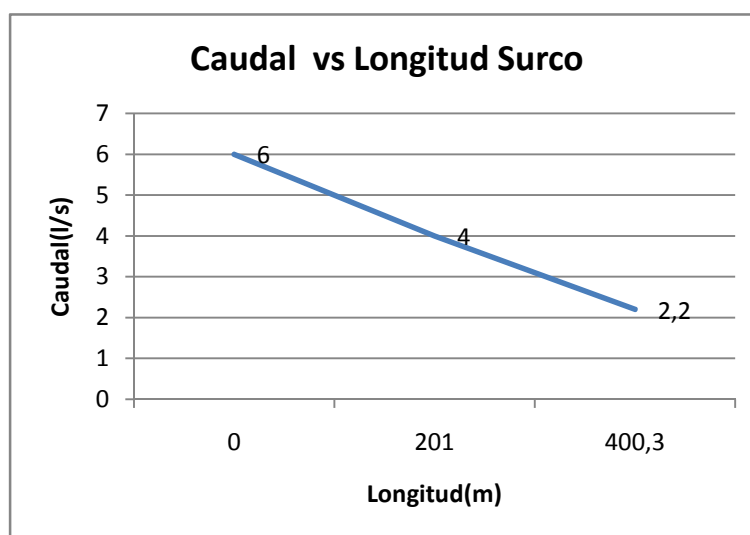
**En el gráfico 36:** en el Modulo CG2 la profundidad de infiltración al inicio del canteron en 0 segundo es 0,12m, a 660segundos es 0,10m y al final de la parcela es 0,08m en un tiempo de 1642,2 segundos, en la misma parcela se ve diferencia de 4cm entre el inicio y final de la parcela, son suelos con pendientes inclinados y las capas duras no permiten absorber agua con facilidad, produciendo un exceso de agua que se pierde por escorrentía. El intervalo de humedad en un suelo franco-arenoso esta entre el rango de 90-150mm. Siendo deficiente para muchos cultivos, mismo que depende de la porosidad del suelo, contenido de humedad, intensidad de la lluvia y cobertura del suelo.

### 1.4.2 Longitud de canchales vs caudal.

**Cuadro 45: Longitud de canchales vs Caudal.**

PUNTOS	LONGITUD DE CANCHALES (m)	CAUDAL C/PUNTO(lt/s)
Punto1	0	6
Punto2	201	4
Punto3	400,3	2,2

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Gráfico 37: Caudal vs longitud de canchales CG2.**

En el Gráfico 37: en el Módulo CG2, la entrada de caudal en el vertedero uno es de 6lt/s, a una longitud de 201 el caudal pasa 4lt/s llegando al final del canchales 2.2lt/s a una longitud de 400,3 m, se indica que hay una diferencia de caudal entre punto uno y la final 3.8lt/s, envían mucha agua y los canchales no abastecen las cuales sufren desbordamiento, también el problema es debido por regar a mucho el suelo seguir apelmazando sin permite absorber mucha agua y por lo tanto producen escorrentía.

### 1.5 Módulo Cecel Grande 3 (CG3).

Para este ensayo se tomo en cuenta los principales datos indicados en la cuadro.

**Cuadro 46: Características principales de la zona del ensayo.**

<b>Características principal del canteron</b>	<b>Valor</b>
Dueño de la parcela	Luis Alfredo Guaman
Numero de Canterones de 5,8 m de ancho	23
Profundidad de canal canteron	9cm
Numero de canterones de 3,4 m de ancho	2
Largo Canteron	17,5m
Numero de curvas	24
Ancho curvas	70cm
Ancho canal surco	0,15cm
Ancho lomo surco	0,20cm
Longitud de Serpentina	157m
Tiempo que demora en escurrir el agua	2 minutos

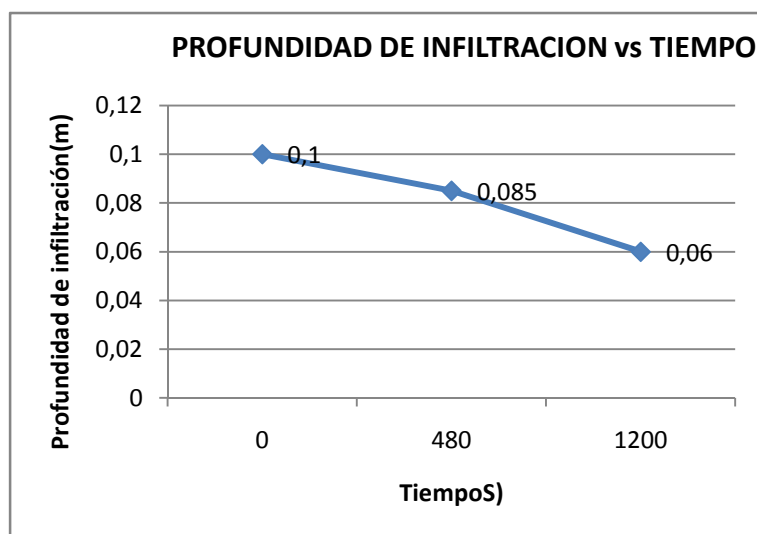
Fuente: Datos medidos en el campo.

### 1.5.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo.

**Cuadro 47: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

<b>PUNTOS</b>	<b>PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)</b>	<b>TIEMPO AVANCE(s)</b>
Punto1	0,1	0
Punto2	0,085	480
Punto3	0,06	1200

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 38: Profundidad de infiltracion vs Tiempo de avance .**

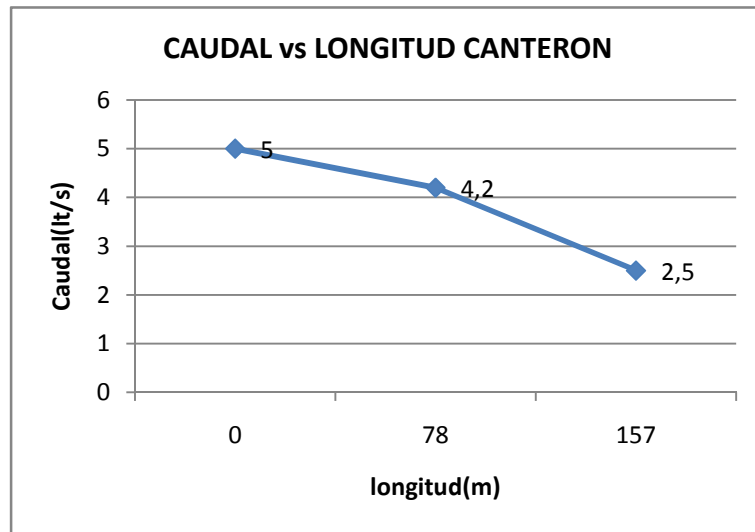
**En el grafico 38:** en el Modulo CG3 la profundidad de infiltración en 0 segundo es 0,10m, a 480segundos es 0,085m y al final de la parcela es 0,06m en un tiempo de 1200 segundos, en la misma parcela se ve diferencia de 0,04m entre el inicio y final de la parcela una diferencia de infiltración y al final produciendo un exceso de agua que se pierde por escorrentía. Esto es debido a que los suelos no son profundos y las pendientes muy inclinados mayor al 15%, además estos suelos no se puede hacer canchales de longitudes muy largas debido a que producen desbordamiento de los paredes de canales y la cantidad de agua esta demasiado para esta zona. Los cultivos de la zona no aprovechan agua por lo que se ve raquíticos. El intervalo de humedad en un suelo franco-arenoso es 90-150mm. Todos los cultivos tienen raíces mayores a 20-30cm **Según (Hendriks, 1994).**

### 1.5.2 Longitud de canchales vs caudal.

**Cuadro: 48 Longitud de canchales vs Caudal.**

PUNTOS	LONGITUD DE CANTERONES (m)	CAUDAL C/PUNTO (l/s)
Punto1	0	5
Punto2	78	4,2
Punto3	157	2,5

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 39: Caudal vs longitud de canteron CG3.**

En el Grafico 39: en el Modulo CG3, la entrada de caudal en el vertedero uno es de 5lt/s, a una longitud de 78 el caudal pasa 4,2 lt/s llegando al final del canteron 2.5lt/s a una longitud de 157 m, se indica que hay una diferencia de caudal entre punto uno y la final 2,5 lt/s, observando que son suelos muy inclinados hay mayor desbordamiento, siendo difícil de controlar, en mínima parte son aprovechado debido a que estos suelos no tiene una capa profunda y son fáciles que produzcan escorrentía.

### **1.6 Moduló Cecel Grande 4-5 (CG4-5).**

Para este ensayo se tomo en cuenta los principales datos indicados en la cuadro.



**Cuadro: 49 Características principales de la zona del ensayo.**

<b>Características principal del canteron</b>	<b>Valor</b>
Dueño de la parcela	José María Pintag.
Numero de Canterones de 6,4m de ancho	36
Profundidad de canal del canteron	15cm
Numero de canterones de 3,5 m de ancho	2
Largo Canteron	32,3m
Numero de curvas	38
Ancho curvas	85
Ancho canal surco	0,15cm
Ancho lomo surco	0,20cm
Longitud de Serpentina	<b>269,1</b>
Tiempo que demora en escurrir el agua	5 minutos

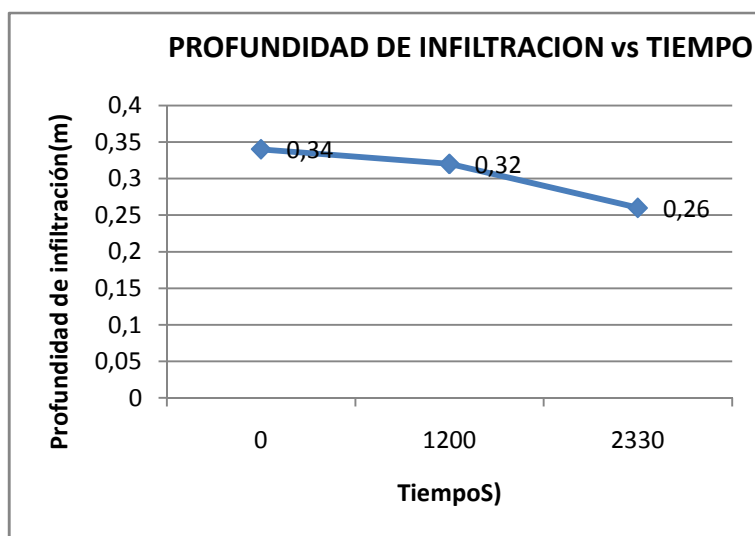
Fuente: Datos medidos en el campo.

### 1.6.1 Infiltración en relación al tiempo.

**Cuadro 50: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

<b>PUNTOS</b>	<b>PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)</b>	<b>TIEMPO AVANCE(s)</b>
Punto1	0,34	0
Punto2	0,32	1200
Punto3	0,26	2330

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Gráfico 40: Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance.**

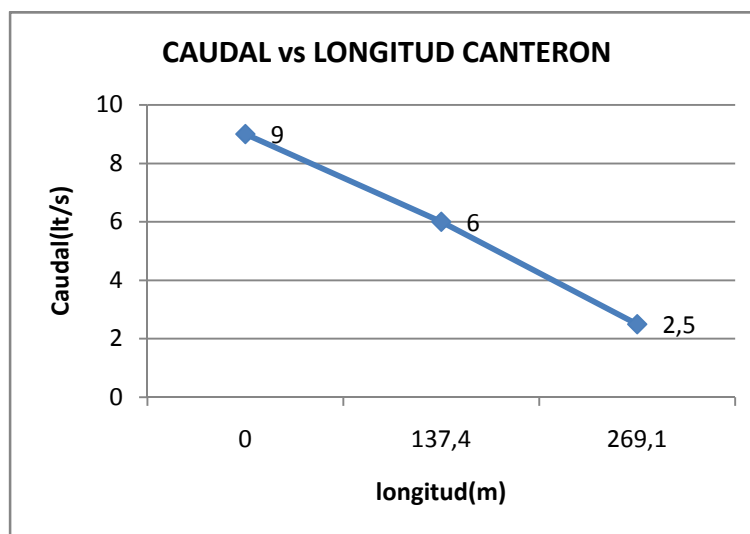
**En el gráfico 40:** en el Modulo CG4-5 la profundidad de infiltración al inicio de la parcela en un tiempo inicial de 0 segundo es 0,34m, a 1200segundos es 0,32m y al final de la parcela es 0,26m en un tiempo de 2330 segundos, entonces se indica que estos suelos son profundos y pueden absorber mas agua; estos suelos son regados desde hace 80 años agua de **Gompuene, donde con el tiempo puede estar cambiando** las estructuras de los suelos por la presencia de elementos en el agua ,además la pendiente de estos suelos son pendientes promedios de 5%-10% diferenciando las infiltraciones debido a que la longitud de canchales son muy largas. Estos suelos son aptos para todo tipo de cultivo debido que las raíces de los cultivos son mayores a 20cm en hortalizas y pasto llegando tener una profundidad de 100cm.

### 1.6.2 Longitud de canchales vs caudal.

**Cuadro 51: Longitud de canchales vs Caudal.**

PUNTOS	LONGITUD DE CANCHALES (m)	CAUDAL C/PUNTO(lt/s)
Punto1	0	9
Punto2	137,4	6
Punto3	269,1	2,5

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 41: Caudal vs longitud de canteron CG4-5.**

En el Grafico 41: Modulo CG4-5, al inicio el caudal es de 9lt/s, a la mitad es 6 lt/s al final del canteron 2.5lt/s a una longitud de 269,1 m, son regados con agua de Gompue.

### 1.7 Moduló Cecel Grande 6 (CG6).

**Cuadro 52: Características principales de la zona del ensayo.**

Características principal del canteron	Valor
Dueño de la parcela	Valerio Cali Chuto
Numero de Canterones de 4,6 m de ancho	42
Profundidad de canal de canteron	10cm
Numero de canterones de 3,6 m de ancho	4
Largo Canteron	29,9m
Numero de curvas	46
Ancho curvas	65cm
Ancho canal surco	0,20cm
Ancho lomo surco	0,18cm
Tiempo que demora en escurrir el agua	3 minutos

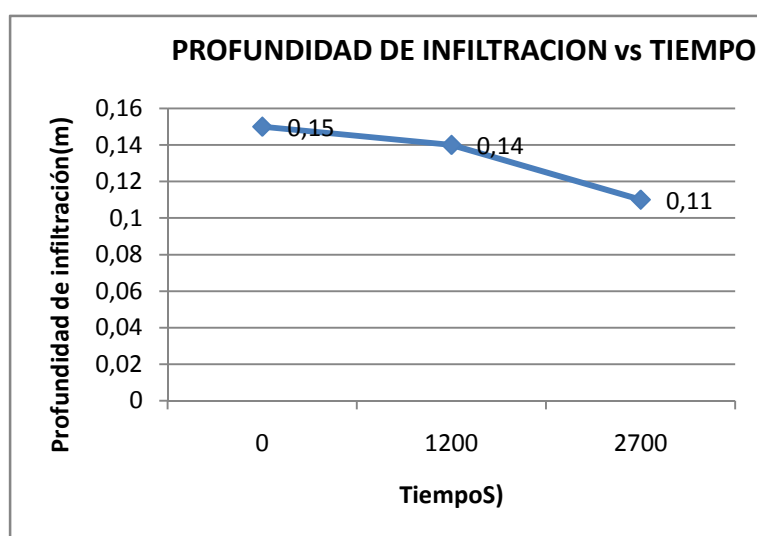
Fuente: Datos medidos en el campo.

### 1.7.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo.

**Cuadro 53: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

PUNTOS	PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)	TIEMPO AVANCE(s)
Punto1	0,15	0
Punto2	0,14	1200
Punto3	0,11	2700

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Gráfico 42: Profundidad de infiltración vs Tiempo de avance .**

**En el gráfico 42:** en el Modulo CG6 la profundidad de infiltración en 0 segundo es 0,15m, a 1200segundos es 0,14m y al final de la parcela es 0,11m en un tiempo de 2700 segundos, tiene pendientes que van desde 10-30% en la cual la diferencia de infiltración entre el punto 1 y el final es de 0,04cm, los factores que afectan en estos suelos son la capa arable del suelo no son profundos, los canchales son muy largos, canales de canchales muy pequeñas, sufren desbordamiento del agua durante el recorrido, sugiriendo en este ensayo todos los cultivos tienen deficiencia del agua ya que, las raíces de los cultivos son

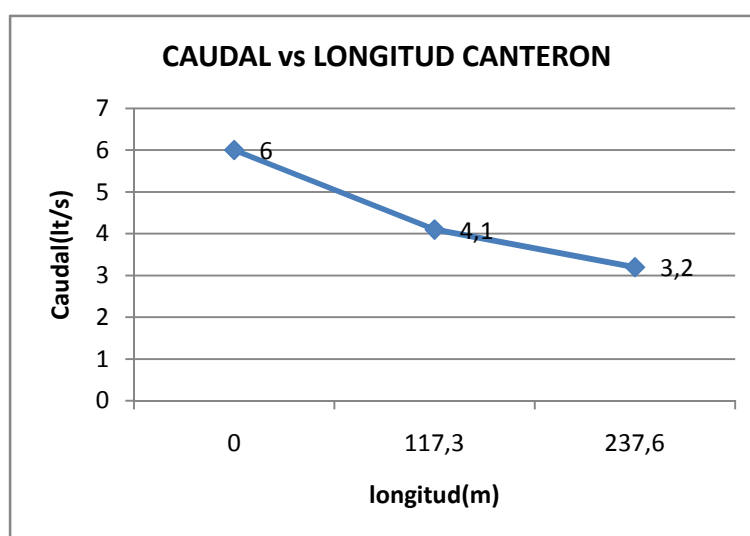
mayores a 20cm en hortalizas y pasto llegando tener una profundidad de 100cm. El intervalo de humedad en un suelo franco-arenoso es 90-150mm.

### 1.7.2 Longitud de canteron vs caudal en cada punto.

**Cuadro 54: Longitud de canteron vs Caudal.**

PUNTOS	LONGITUD DE CANTERONES (m)	CAUDAL C/PUNTO(lt/s)
Punto1	0	6
Punto2	117,3	4,1
Punto3	237,6	3,2

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Gráfico 43: Caudal vs longitud de canteron CG6.**

En el Gráfico 43: en el Modulo CG4-5, la entrada de caudal en el vertedero uno es de 6lt/s, a una longitud de 117,3el caudal pasa 4,1 lt/s llegando al final del canteron 3,2 lt/s a una longitud de 237,1 m, se indica que hay una diferencia de caudal entre punto uno y la final 2,8 lt/s, supuestamente siendo aprovechado por el suelos, pero en la practica se dio cuenta que hay desbordamiento del agua en la zona, siendo que los 3,2lt/s se pierde por escorrentía .

### 1.8 Moduló Cecel Grande 7-8 (CG7-8).

Por similitud y zonas contiguas se considero necesario unificar el ensayo en los dos módulos de Cecel Grande 7 y 8, por lo cual se indica las características principales indicados en la cuadro.

**Cuadro 55: Características principales de la zona del ensayo.**

<b>Características principal del canteron</b>	<b>Valor</b>
Dueño de la parcela	Miguel Ángel Buñay
Numero de Canterones de 2,8 m de ancho	35
Profundidad de canal de canteron	
Numero de canterones de 1,5 de ancho	2
Largo Canteron	22,8m
Numero de curvas	37
Ancho curvas	60cm
Ancho canal surco	0,20cm
Ancho lomo surco	0,17cm
Longitud de Serpentina	123
Tiempo que demora en escurrir el agua	3 minutos

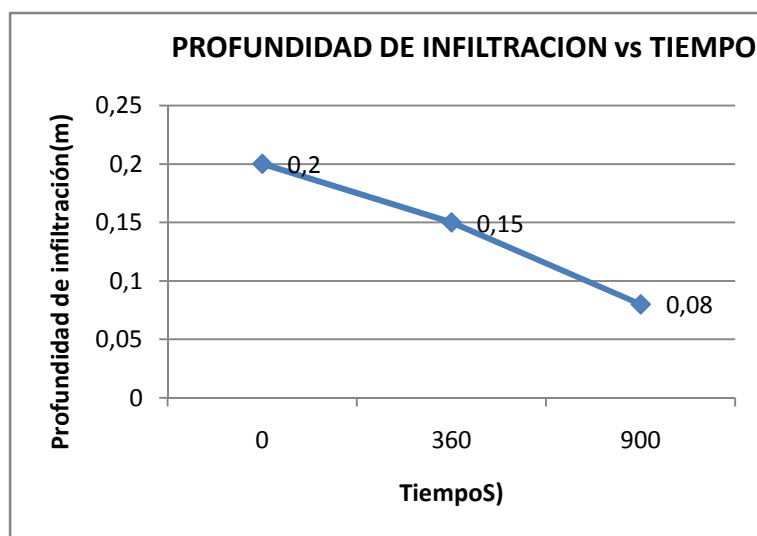
Fuente: Datos medidos en el campo.

#### 1.8.1 Infiltración de caudal en relación al tiempo.

**Cuadro 56: Profundidad de Infiltración vs tiempo.**

<b>PUNTOS</b>	<b>PROFUNDIDAD DE INFILTRACION(m)</b>	<b>TIEMPO AVANCE(s)</b>
Punto1	0,2	0
Punto2	0,15	360
Punto3	0,08	900

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 44: Profundidad de infiltracion vs Tiempo(s).**

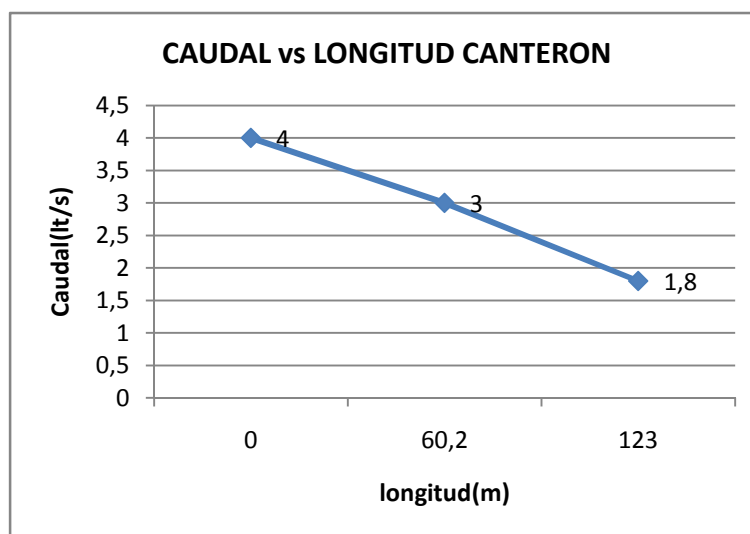
**En el grafico 44:** de los **Modulo CG7-8** la profundidad de infiltración en 0 segundo es 0,20m, a 360 segundos es 0,15m y al final de la parcela es 0,08m en un tiempo de 900 segundos, los suelos de la zona tiene pendientes que van desde 10-45% con una diferencia de infiltración entre el punto 1 y el final es 0,12cm las pendientes de esta parcela es de 5-10%. El problema principal es que los canteron tiene mucha caída una diferencia entre el inicio y final es del 3% que permite correr el agua rápidamente sin aprovecharlo a los cultivos, los canterones son muy largas y los canales del canteron en la curva son muy pequeños que permite desbordamiento del agua, con la cual se indica que al inicio aprovechan agua de mejor manera y al final es deficiente para los cultivos. El intervalo de humedad en suelo franco-arenoso esde 90-150mm.

### 1.8.2 Longitud de surco vs caudal en cada punto.

**Cuadro 57: Longitud de canteron vs Caudal.**

RELACION	LONGITUD DE CANTERONES (m)	CAUDAL C/PUNTO(lt/s)
Punto 1	0	4
Punto 2	60,2	3
Punto 3	123	1,8

Fuente: Datos medidos en el campo.



**Grafico 45: Caudal vs longitud de canteron CG7-8.**

En el Grafico 45: en el Modulo CG7-8, la entrada de caudal en el vertedero uno es de 4lt/s, a una longitud de 60,2 el caudal pasa 3 lt/s llegando al final del canteron 1,8 lt/s a una longitud de 123 m, se indica que hay una diferencia de caudal entre punto uno y la final 1.2 lt/s, debiendo ser aprovechado por los suelos, pero en la practica se dio cuenta que hay desbordamientos del agua en la zona, donde que los 1,2 l/s se pierden por escorrentía .

## **2. Análisis comparativo de las eficiencias de aplicación por módulos.**

Con la eficiencia de aplicación se puede conocer como esta funcionando el riego en los suelos, siendo esta practica muy importante para conocer las eficiencias en diferentes módulos como se indica en el siguiente cuadro 57 y todos lo datos que se calculo se encuentra en el (ANEXO 18)

Para calcular las eficiencias de aplicaciones se utilizo la siguiente formula:

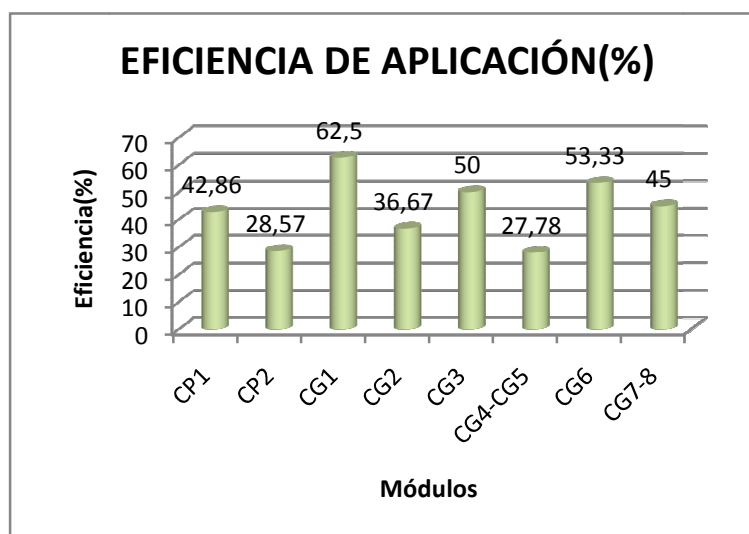
$$Ea = \frac{\text{Caudal que ha llegado}}{\text{Caudal aplicado}} \times 100$$



**Cuadro 58: Eficiencias de Aplicación en riego por canchales en diferentes módulos.**

Módulos	Eficiencia de aplicación (%)
CP1	42,86
CP2	28,57
CG1	62,50
CG2	36,67
CG3	50,00
CG4-CG5	27,78
CG6	53,33
CG7-8	45,00

Fuente: Datos medidos y calculados.

**Gráfico 46: Eficiencia de aplicación en por módulos.**

La eficiencia de aplicación como se evidencia en el gráfico 46: en diferentes módulos son variables y dependen de varios parámetros como: Caudal, tiempo de aplicación, longitud de canchales, pendiente del terreno, profundidad de los suelos y contenido de materia orgánica según **VAUX, H. J. et al. 1990**, la eficiencia de aplicación del riego en canchales está en el rango de (40-70%); al hacer comparaciones con el trabajo de investigación son muy buenos, pero en realidad estas eficiencias máximas durante el recorrido generan pérdidas de

agua por desbordamiento, llegando al final un caudal mínimo, afectando a que la eficiencia sea muy buena, se pierde poca agua por escorrentía y las eficiencias mínimas se deben a que en el recorrido hay poca pérdida de agua y bajo aprovechamiento por el suelo y el escurrimiento es mayor.

### 3. Velocidad o tasa de infiltraciones por módulos.

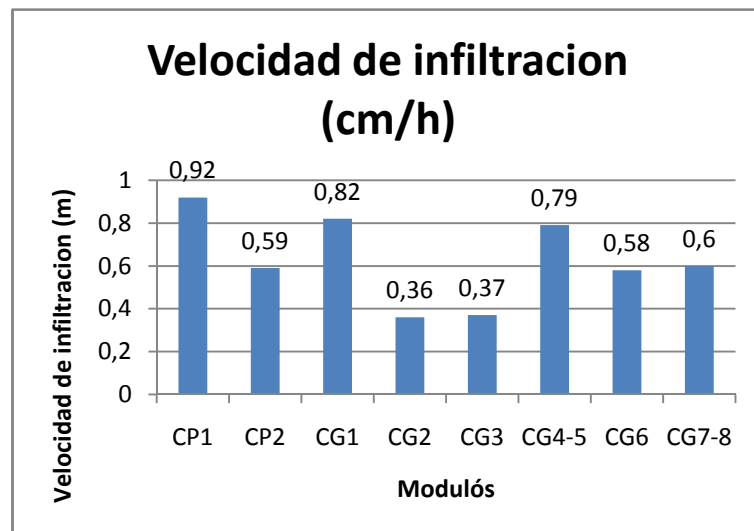
La velocidad de infiltración calculada para ocho módulos son variables siendo relacionados con la longitud del canal, caudal de entrada y salida durante el tiempo de riego que duró el ensayo.

**Cuadro 59: Velocidad de infiltración diferentes módulos.**

Módulos	velocidad de infiltración (cm/h)	velocidad de infiltración (mm/h)
CP1	0,92	9,2
CP2	0,59	5,9
CG1	0,82	8,2
CG2	0,36	3,6
CG3	0,37	3,7
CG4-5	0,79	7,9
CG6	0,58	5,8
CG7-8	0,6	6

Fuente: Datos medidos y calculados.

Estos datos están siendo representados en el siguiente grafico:



**Grafico 47: Velocidad de infiltracion por módulos.**

Se indica en el Grafico 47, la velocidad de infiltracionson son muy Variables en diferentes módulos, por la pendiente y la dureza del suelo.

#### 4. Volumen total aplicado en canteron por gmódulos.

Para calcular el volumen total aplicado se utilizó el siguiente formula:

$$V_o = q_o \times t_{ar}$$

$t_{ar}$  = tiempo e aplicación de riego

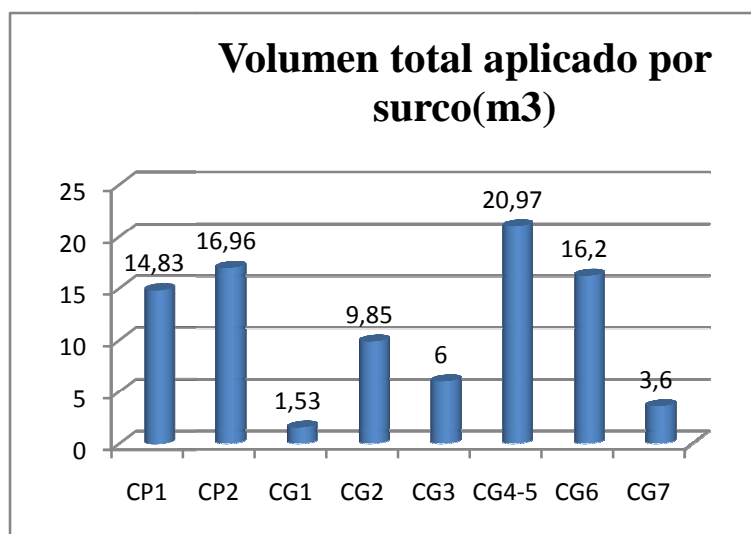
$q_o$  = caudal de aplicación.

Obteniendo diferentes volúmenes de aportaciones en todos los módulos como se indica en el siguiente cuadro.

**Cuadro 60: Volumen total aportada en modulos de estudio.**

<b>Módulos</b>	<b>Volumen total aplicado (m3)</b>
CP1	14,83
CP2	16,96
CG1	1,53
CG2	9,85
CG3	6,00
CG4-CG5	20,97
CG6	16,20
CG7-8	3,60

Fuente: Datos medidos y calculados.



**Grafico 48: Volumen total aportado en los módulos de estudio.**

El volumen de aportación es diferente en todos los módulos, debido a la inclinación de los suelos, tamaño de las parcelas.

### **5. Evaluación de riego por aspersión.**

La evaluación del riego por aspersión se realizó en dos módulos, que por sus características topográficas ya disponen de un sistema de riego por aspersión instalado y en funcionamiento; donde se realizó tomando en cuenta los siguientes datos y parámetros. (ANEXO 13)

#### **a. Características y especificaciones técnicas.**

**Cuadro 61: Datos y parámetros del riego por aspersión.**

Módulos	Cecel Grande 7 (CG7)	Cecel Grande 3 (CG3)
<b>Característica del aspersor y Condiciones de la prueba</b>		
Tipo del aspersor	Taiwán	Senninger 2014HD
Numero de boquillas	2	1
Conduccion principal PVC-P	63mm	63mm
Conducción secundaria PVC-P	32mm Polietileno	32mm Polietileno

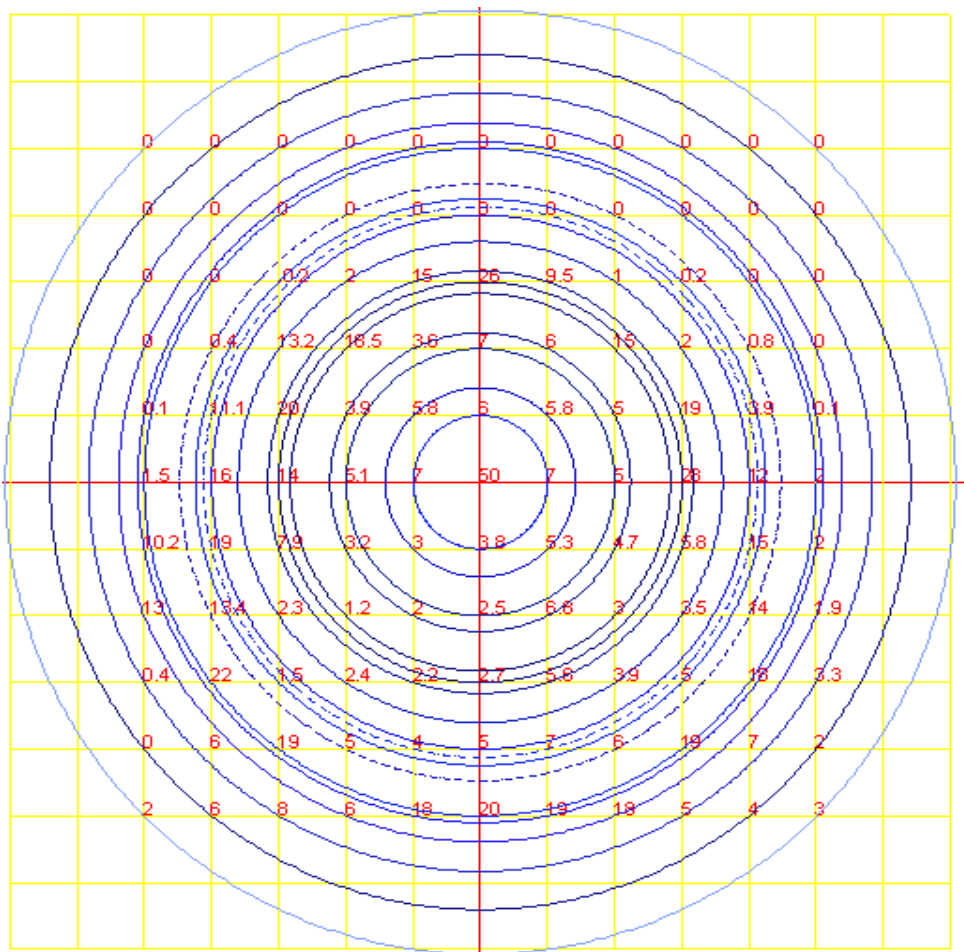
Altura del pedestal	85cm	85cm
Presión de hidrante	33,6mca	9,8 mca
Presión de trabajo del aspersor	32,9mca	6,86mca
Velocidad del viento EM. (Cebadas 2007.)	1,66 m/s	1,66 m/s
Tiempo giro del aspersor.	1min43.18 segundos	19 Segundos
# de golpes del martillo/ minuto	176	33
Distancia entre pluviómetros	3m	2m
Numero de pluviómetros/ensayo	120 U	120U
Espaciamiento entre aspersores	50m	65m
Superficie del Pluviómetro	3369mm	3369mm
Caudal de descarga aspersor <sup>5</sup>	0.39 l/s	0,15l/s
Volumen de descarga por tiempo de riego	3780 litros (3.7 m <sup>3</sup> )	1080 litros (1.08 m <sup>3</sup> )
Volumen recolectado en los pluviómetros (120U)	892,3mm	698,3mm
Volumen promedio / pluviómetro	7.43mm	5.4mm
Diámetro mojado	30.6 m	20m
Lamina de aplicación del riego	3mm/riego	1,1mm/riego
Intervalo - Frecuencia de aplicación	7 1/2 días	7 1/2 días
Angulo de inclinación del pedestal con relación a la parcela.	72,54°	81,37°
Angulo del aspersor	45 °	45°
Diámetro de la boquilla	6,5mm y 3,8mm	5,5mm

Fuente: Observación, recorridas y entrevistas.

**Nota:** 9,8psi = 6,86mca, indicando que es la presión muy baja para que funcione un aspersor con esta presión de trabajo.

**b. Disposición de los Pluviómetros en la parcelas del ensayo.**

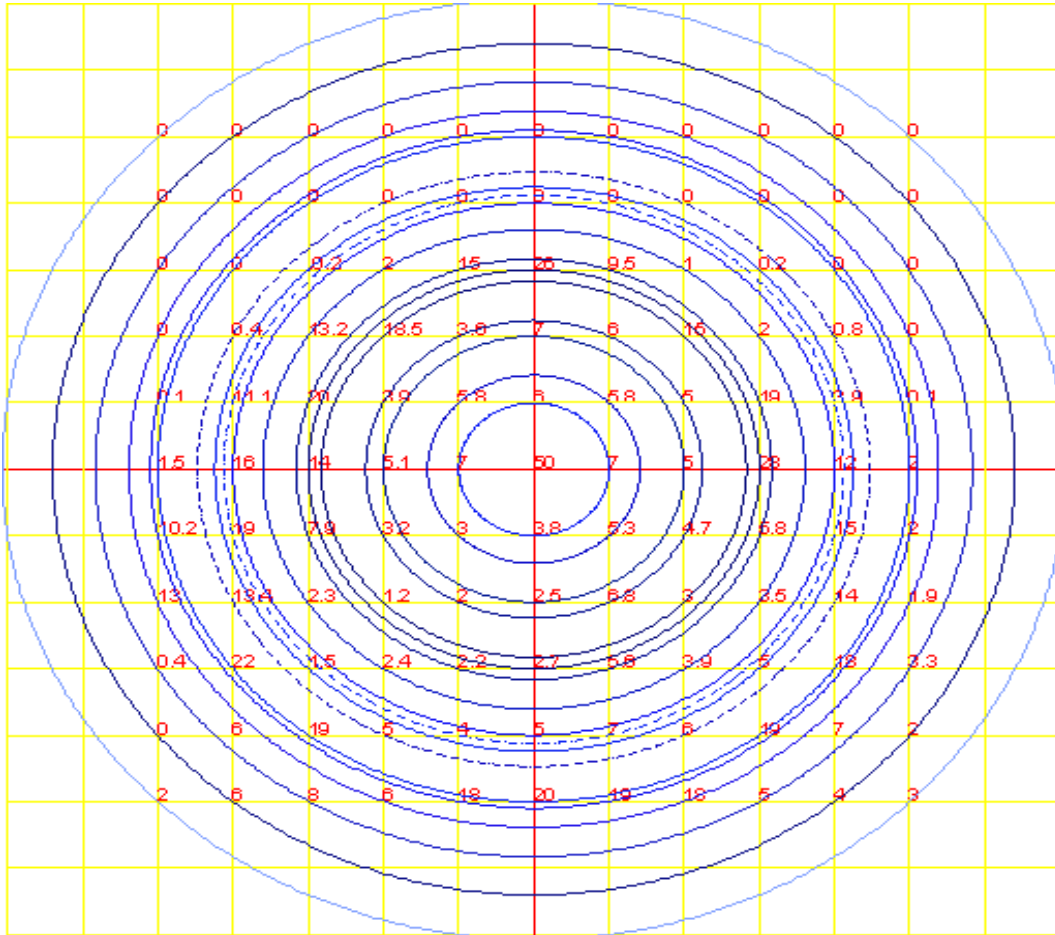
Los ensayos de riego por aspersión se realizaron en (CG7 y CG3), las cuales se indica en los siguientes gráficos.



**Gráfico 49: Ubicación de los pluviómetros en el módulo CG7.**

Los pluviómetros fueron ubicados a una distancia de 3\*3, dentro del perímetro mojado que fue de 30,6m. El tiempo de riego es de tres horas. El radio es de quince metros, en la practica se pueden ver del porta aspersor hacia abajo la distancia del perímetro mojado es mayor a los quince metros teniendo un caudal de descarga aprovechable por el cultivo, en

cambio desde el porta aspersor hacia arriba la distancia del perímetro mojado avanza hasta los doce metros con un caudal de descargas en mínimas cantidades.



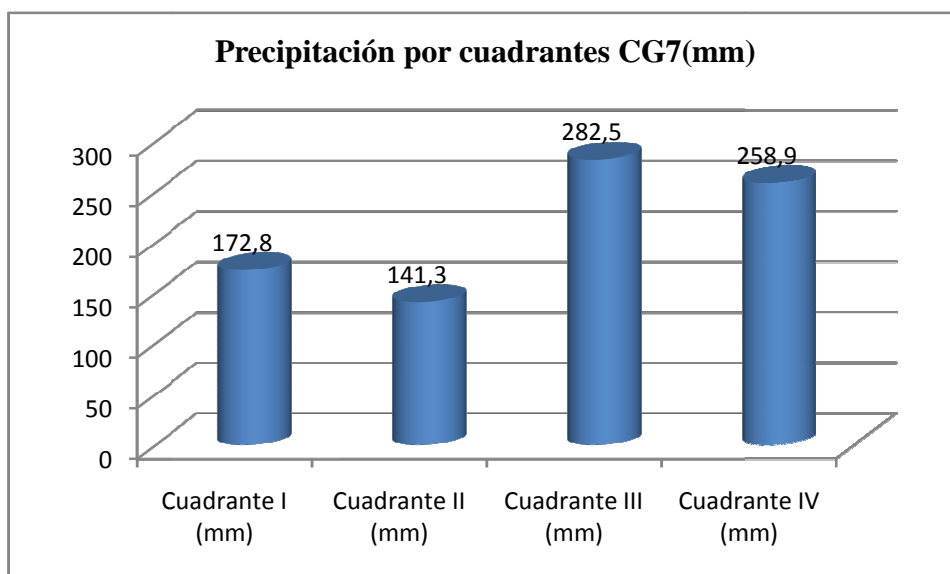
**Gráfico 50: Ubicación de los pluviómetros en el módulo CG3.**

La ubicación de los pluviómetros en este módulo se colocó a una distancia de  $2 \times 2$  m, el diámetro mojado fue de 20m, el tiempo de riego es de 2 horas. El radio es 10m, en la práctica se pudo observar desde el porta aspersor hacia abajo tiene mayor distancia o sea igual a los diez metros la distancia del perímetro mojado con una descarga de caudal en mínimas cantidades, en cambio desde el porta aspersor hacia arriba la distancia del mojado avanza hasta los seis metros con una descarga del caudal en mínimas cantidades.

Entonces se puede decir que la presión de trabajo permite funcionar a un aspersor pequeño con las siguientes características de funcionamiento (menor distancia del perímetro mojado, menor cantidad de caudal).

**c. Volumen total de agua recolectado en los pluviómetros por cuadrantes.**

**1) Precipitación en Modulo CG7**



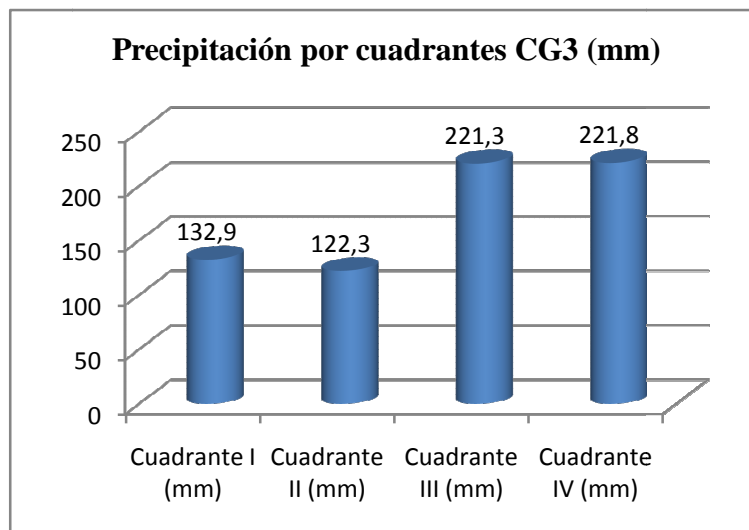
**Grafico 51: Precipitación por cuadrantes en CG7.**

Los resultados como se indica en el grafico 51, reciben diferentes valores de precipitaciones el principal factor causantes son; tipo de aspersor, pendiente del suelo, presión del trabajo, velocidad y dirección del viento; por tanto se puede decir que el aspersor con 10 mca no tiene la misma fuerza para arrojar el agua en los cuatro cuadrantes. **(ANEXO 14)**

En los cuadrantes I y II la presión es menor y la distancia que arroja el agua es menor y se notó que la mayoría de vasos no había nada precipitación y ha alcanzado el perímetro mojado máximo a los 12m; en cambio en los cuadrantes III y VI hacia abajo del porta aspersor tiene mayor presión y descarga agua, a mayor distancia que sobrepaso el radio máximo del aspersor, pudiendo medir caudales en todos los vasos como se indico en el grafico. Además se indica que la presión de descarga es la misma en los 4 cuadrantes; lo que pasa es que afecta la pendiente, gravedad, viento y el cultivo mismo.



## 2) Precipitación en Modulo CG3



**Grafico 52: Precipitación por cuadrantes en GG3.**

Al hacer un análisis comparativo de la precipitación por cuadrantes, se observó que la descarga de caudales es diferente en todos los cuadrantes, el factor causante es la presión de trabajo (33mca), tipo del aspersor, pendiente del terreno, velocidad y dirección del viento, contrario al que se indicó anteriormente el aspersor Sinniger no tiene la misma fuerza para votar agua en los cuatro cuadrantes, indicando que en los cuadrantes I y II la presión es menor y la distancia es hasta 6m hacia arriba, mientras que hacia abajo la precipitación arroja mas de 10m de distancia, la fuerza con la que llueve estos aspersores producen erosión hídrica de estos suelos, comprometiendo la fertilidad y su productividad agropecuaria.(ANEXO 15)

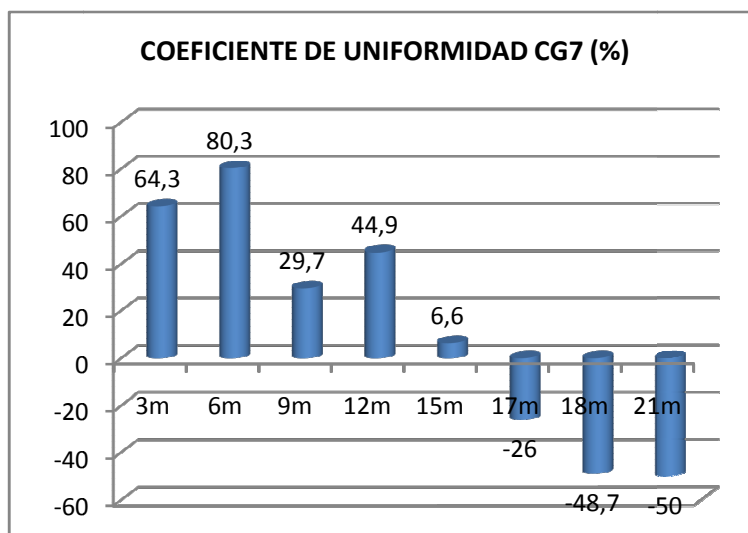
### **d. Análisis de los parámetros de evaluación del riego por aspersión.**

Los parámetros evaluados en los módulos Cecel Grande 7 aspersor Taiwan (ANEXO 16)

Los parámetros evaluados en los módulos Cecel Grande 3 aspersor Senninger (ANEXO 17)

Los datos del ensayo son analizados con los siguientes parámetros en CG7 y CG3.

1) **Coefficiente de uniformidad en GC7.**



**Grafico 53: Coeficiente de Uniformidad CG7 .**

**En el Grafico 53:** La aplicación tradicional del método de riego por aspersión en el modulo Cecel Grande 7, demostraron sus valores bajos del coeficiente de Uniformidad, obtenidos a diferentes distancias como se indica en el siguiente cuadro.

**Cuadro 62: coeficiente de uniformidad en el Modulo CG7**

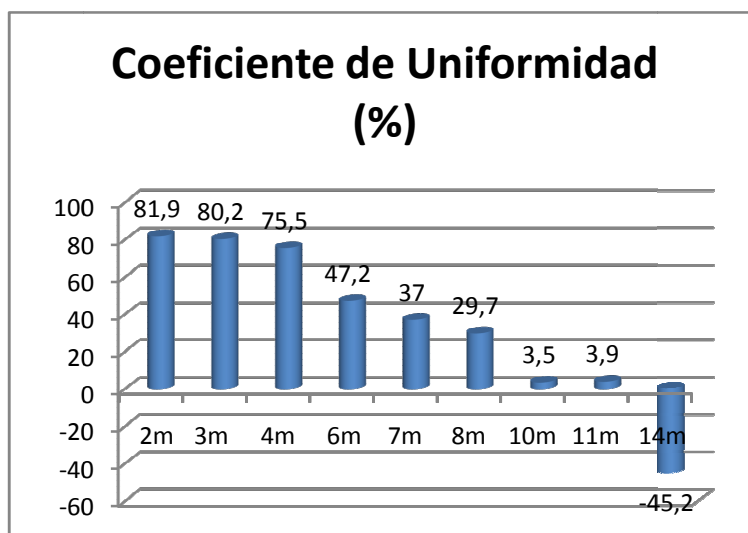
Espaciamiento	Coefficiente de Uniformidad (%)
A 3m	64,3
A 6m	80,3
A 9m	29,7
A 12m	44,9
A 15m	6,6
A 17m	-26,0
A 18m	-48,7
A 21m	-50,0
Promedio	12,6

Fuente: Datos medios y calculados

Según Keller y Bliesner (1990), consideran que la uniformidad de riego es baja cuando el coeficiente de uniformidad y Uniformidad de Distribución (CU y DU) es inferior al 84 %,

criterios que distinguen valores altos y bajos del CU, e incluso valores negativos del coeficiente de Uniformidad a distancias de 17,18 y 21 metros. Este resultado expresa la dificultad técnica del manejo de riego por aspersión en zonas con fuertes pendientes por campesinos de limitada capacidad.

## 2) Coeficiente de uniformidad en GC3.



**Grafico 54: Coeficiente de Uniformidad CG3.**

La aplicación tradicional del método de riego por aspersión **En el Grafico 54:** en el modulo Cecel Grande 3, demostraron sus valores bajos del coeficiente de Uniformidad, obtenidos a diferentes distancias en un tiempo de 2 horas, como se indica el siguiente cuadro.

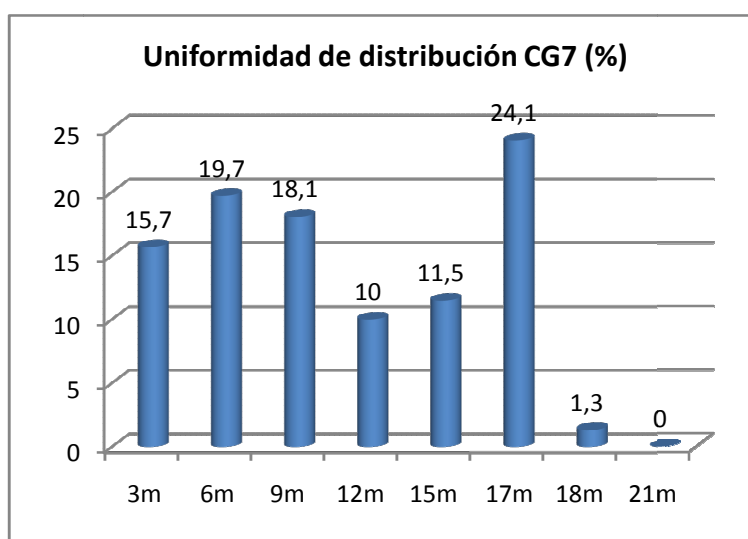
**Cuadro 63: Coeficiente de uniformidad en el Modulo CG3.**

Espaciamiento	Coeficiente de Uniformidad (%)
A 2m	81,9
A 3m	80,2
A 4m	75,5
A 6m	47,2
A 7m	37
A 8m	29,7
A 10m	3,5
A 11m	3,9
A 14m	-45,2

Fuente: Datos medios y calculados

Según Keller y Bliesner (1990), consideran que la uniformidad de riego es baja cuando el Coeficiente de uniformidad y Uniformidad de Distribución (CU y DU) es inferior al 84 %, criterios que distinguen valores altos y bajos del CU, siendo mejor las precipitaciones que la anterior, el coeficiente de Uniformidad a distancias de 2,3 y 4 metros teniendo cerca al rango aceptable. Este resultado expresa muy poco la dificultad técnica de manejo de riego por aspersión en zonas fuertes pendientes con campesinos de limitada capacidad.

### 3) Uniformidad de distribución (UD) en CG7.



**Grafico 55: Uniformidad de distribución CG7.**

La UD del riego en el modulo CG7, son variables a diferentes distancias.

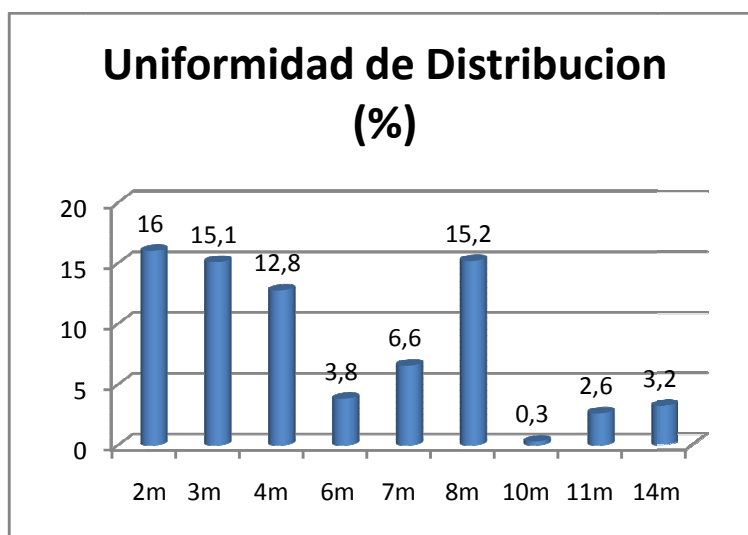
**Cuadro 64: Uniformidad de Distribución en el Modulo CG7.**

Espaciamiento	Uniformidad distribución (%)
A 3m	15,7
A 6m	19,7
A 9m	18,1
A 12m	10
A 15m	11,5
A 17m	24,1
A 18m	1,3
A 21m	0,0
Promedio	12,55

Fuente: Datos medios y calculados

Según Keller y Bliesner (1990), consideran que la uniformidad de riego es baja cuando es inferior al 84 % con los valores se demuestran que la Uniformidad de Distribución es deficiente en toda el área del riego.

#### 4) Uniformidad de distribución (UD) en CG3.



**Grafico 56: Uniformidad de distribución CG3.**

La Uniformidad de Distribución del riego por aspersión en el modulo CG3, son variables a diferentes distancias se demuestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 65: Uniformidad de Distribución en el Modulo CG3.**

Espaciamiento	Uniformidad distribución (%)
A 2m	16,0
A 3m	15,1
A 4m	12,8
A 6m	3,8
A 7m	6,6
A 8m	15,2
A 10m	0,3
A 11m	2,6
A 14m	3,2
Promedio	8,4

Fuente: Datos medios y calculados

Según Keller y Bliesner (1990), consideran que la uniformidad de riego es baja cuando es inferior al 84 % con los valores se demuestran, la Uniformidad de Distribución muy baja a los 6m y 10m con la cual se comprueba que las precipitaciones son mínimas a los mismos distancias, teniendo mayor precipitación en 2,3 y 4m las cuales se representa en el grafico:

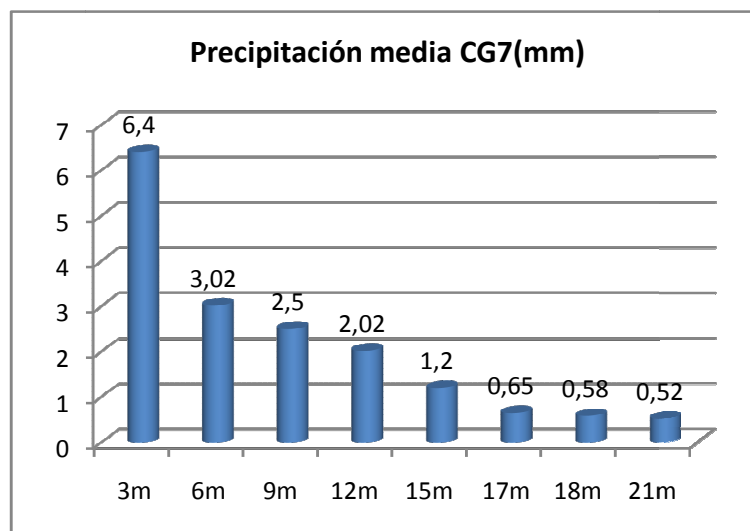
##### 5) Precipitación media ( $P_m$ ): mm en CG7.

La precipitación media tomadas en el modulo CG7 son diferentes como se demuestra en el siguiente cuadro los mismos que están representados en el grafico:

**Cuadro 66: Datos precipitación media en CG7.**

Espaciamiento	PRECIPITACION MEDIA (mm)
A 3m	6,40
A 6m	3,02
A 9m	2,50
A 12m	2,02
A 15m	1,20
A 17m	0,65
A 18m	0,58
A 21m	0,52
Promedio	2,11

Fuente: Datos medios y calculados



**Grafico 57: Analisis de precipitación media en el modulo CG7.**

En el grafico: 57 se puede ver diferentes cantidades de precipitación recogidas en los pluviómetros, entonces el resultado demuestra que la cantidad de precipitación disminuye con la distancia, superando del eje de descarga (aspersor).

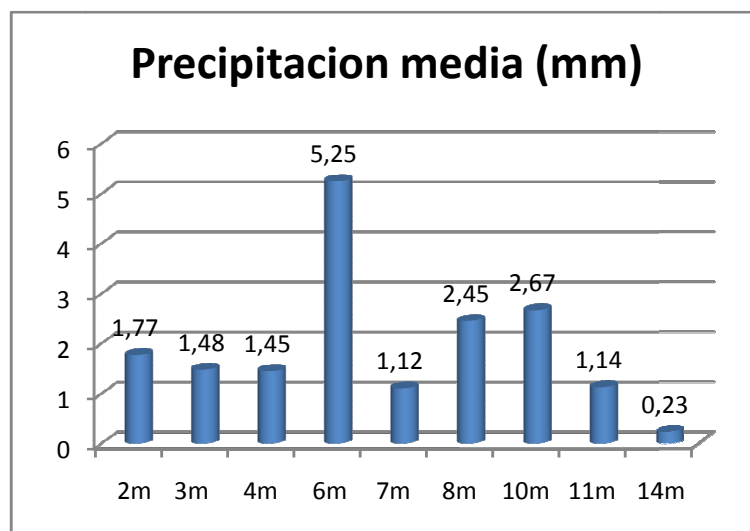
#### 6) Precipitación media ( $P_m$ ): mm en CG3.

La precipitación media tomadas en el modulo CG3 son diferentes como se demuestra en el siguiente cuadro los mismos que estan representados en el grafico:

**Cuadro 67: Datos precipitación media en CG3.**

Espaciamiento	PRECIPITACION MEDIA (mm)
A 2m	1,77
A 3m	1,48
A 4m	1,45
A 6m	5,25
A 7m	1,12
A 8m	2,45
A 10m	2,67
A 11m	1,14
A 14m	0,23
Promedio	1,95

Fuente: Datos medios y calculados



**Grafico 58: Precipitación media ( $P_m$ ) CG3.**

En el grafico: 58 se puede ver diferentes cantidades de precipitación recogidas en los pluviómetros, en este caso es diferente al anterior debido a que las precipitaciones no son uniformes teniendo a los 6 metros un lanzamiento de un chorro por lo tanto se nota arrastre de suelo por el agua. Entonces a diferente distancia ,se tomaron los volumenes medias de precipitacion teniendo diferencia entre cantidad de precipitación recogida en los pluviómetros según el resultado indicando la precipitacion que cae no es uniforme.

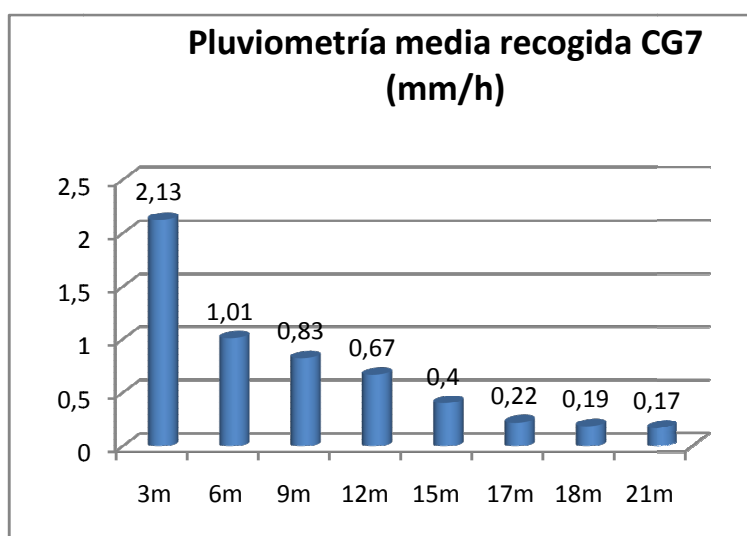
### 7) Pluviometría media recogida (h<sub>m</sub>) en CG7: (mm/h)

Las precipitaciones medias acumulada a diferentes metros en el modulo CG7 como se indica en el siguiente cuadro.

**Cuadro 68: Datos Pluviometria media recogida en CG7.**

Espaciamiento	Pluviometría media recogida(mm/h))
A 3m	2,13
A 6m	1,01
A 9m	0,83
A 12m	0,67
A 15m	0,4
A 17m	0,22
A 18m	0,19
A 21m	0,17
Promedio	0,70

Fuente: Datos medios y calculados



**Grafico 59: Pluviometría media recogida (h<sub>m</sub>) CG7.**



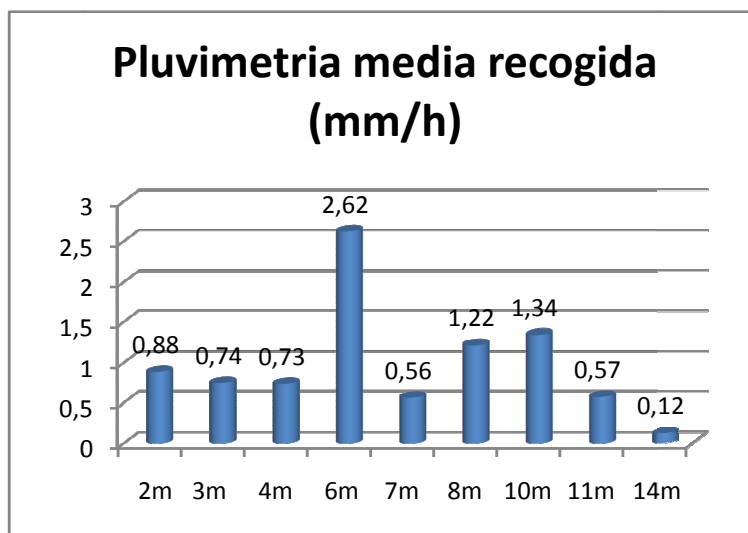
### 8) Pluviometría media recogida<sub>(h<sub>m</sub>)</sub> en CG3: (mm/h).

Las precipitaciones medias recogidas a diferentes distancias en el modulo CG3 como se indica en la cuadro 63 los mismos que representa en el grafico 59:

**Cuadro 69: Datos Pluviometria media recogida en CG3.**

Espaciamiento	Pluviometría media recogida (mm/h)
A 2m	0,88
A 3m	0,74
A 4m	0,73
A 6m	2,62
A 7m	0,56
A 8m	1,22
A 10m	1,34
A 11m	0,57
A 14m	0,12
Promedio	0,86

Fuente: Datos medios y calculados



**Grafico 60: Pluviometría media recogida<sub>(h<sub>m</sub>)</sub> CG3.**

Como se evidencia grafico 60. Teniendo mayor cantidad de agua a seis metros de distancia esto es debido a que el agua arroja en choros mas gruesas y puede ser debido a que la boquilla del aspersor no son adecuados para este tipo de aspersor.

### 9) Pluviometría media Aplicada en GG7 y CG3 (h<sub>m</sub>): (mm/h).

Se midieron parámetros como: caudal de descarga en el aspersor teniendo en el módulo CG7 un caudal de descarga es 0,39 l/s o 1,4mm/h y las separaciones entre aspersores es de 35 x 35m, teniendo una pluviometría aplicada de 1.14mm/h.

En el módulo CG3 el caudal de descarga del aspersor es de 0,15l/s o 0,11mm/h y las separaciones entre aspersores es de 60 x 60 m, teniendo una pluviometría aplicada de 0,03 mm/h..

### 10) Eficiencia de Aplicación (%).

Para calcular la eficiencia de riego por aspersión se tomó en cuenta la profundidad de humedecimiento en metros, datos que fueron transformados a mm que es la lamina promedio que contribuye al cultivo, además se sacó el promedio de aplicación total en el aspersor, siendo importante calcular la eficiencia de aplicación mediante la siguiente formula:

$$EA\% = \frac{\text{Lamina promedio de agua de riego que contribuye al objeto establecido}}{\text{Lamina promedio de riego aplicado.}}$$

Lamina promedio de riego aplicado.

#### 10.1 Eficiencia de Aplicación en CG7 en (%)

**Cuadro 70: Lámina promedio del agua que contribuye al pasto en CG7.**

Cuadrantes	Profundidad de humedecido (m)
I	0,10
II	0,072
III	0,12
IV	0,10
Promedio	0,098m = 98mm.

Fuente: Datos medios y calculados

**Cuadro 71: Lámina promedio del agua Aplicado en el CG7.**

CUADRANTES	LAMINA PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN APLICADO.
I	172,8
II	141,3
III	282,5
IV	258,9
Promedio	213,89mm

Fuente: Datos medios y calculados

El resultado en el modulo CG7 se obtuvo la lámina promedio que contribuye al cultivo en promedio de 98mm de agua que ingreso al suelo durante las dos horas de duración, y teniendo un caudal aplicado en promedio es de 213,89mm que eran recogidas en los pluviómetros.

$$EA\% = (98\text{mm}/213,89) * 100.$$

$$EA\% = 45.8\%.$$

Teniendo como resultado una eficiencia de 45,8% no esta en el rango propuesto por (VAUX, H. J. *et al.* 1990), que es (70-85%) rango ideal de un riego por aspersión, siendo un valor muy bajo de eficiencia y esta siendo perdidas por la actitud de riego de los campesinos, efecto del viento ya que la altura del porta aspersor es de 85cm, a demás las precipitaciones no es uniforme debido a que en la parte de arriba no arroja agua y en parte de abajo arroja pasado el diámetro máximo del perímetro mojado y debido a que estos suelos tienen inclinaciones altas, producen erosión o escurrimiento superficial no siendo aprovechado de manera adecuado por las plantas por lo tanto los cultivos tienen deficiencia de agua en unos sectores y excesos en otros.

**Nota:** Etc. Evaporación de un cultivo en Ceceles es aproximadamente 2,7 mm diario y multiplicando por 7 días de la semana se pierde en total 18,9 mm en m<sup>2</sup>, esta es el agua que tiene que reponer por riego en un metro cuadrado, en la practica el diámetro que esta siendo mojado por el aspersor es de 30,6 m<sup>2</sup> donde la evapotranspiración del cultivo es de 648mm, durante el ensayo se recolectó 855,5mm.

Entonces Etc.- precipitación de aspersor = 648-855,5= 207,5mm hay exceso del caudal, al hacer la relación con la profundidad de la raíz del pasto que es de 150mm, la cual no esta

siendo aprovechado por todo la raíz del cultivo, ya que la lamina de riego avanza a una profundidad de 98mm, entonces el cultivo esta aprovechando debido a que a la cuarta parte de la profundidad radicular desarrollan todos los procesos fisiológicos y la absorción de nutrientes. La mayor actividad microbiana de la materia orgánica, aire, agua se produce a esta profundidad, por que los microorganismos son aeróbicos.

### 10.2 Eficiencia de Aplicación en CG3 en (%)

**Cuadro 72: Lámina promedio del agua que contribuye al pasto en CG3.**

CUADRANTES	PROFUNDIDAD DE HUMEDECIDO (M)
I	0,047
II	0,048
III	0,082
IV	0,083
Promedio	0,065m = 65mm.

Fuente: Datos medios y calculados

**Cuadro 73: Lámina promedio del agua Aplicado en el CG3.**

Cuadrantes	Lamina Promedio de precipitación aplicado.
I	132,9
II	122,3
III	221,3
IV	221,8
Promedio	174,58mm

Fuente: Datos medios y calculados

$$EA\% = (65\text{mm}/174,58)*100.$$

$$EA\% = 37,23\%.$$

Teniendo como resultado una eficiencia de 37,23%, no esta en el rango propuesto por (VAUX, H,1990), que es (70-85%) rango ideal de un riego por aspersión, siendo un valor muy bajo de eficiencia que están siendo perdidas por efecto del viento y porque la altura del porta aspersor que es de 85cm, además las precipitaciones no son uniforme debido a que en la parte de arriba no arroja suficiente agua y en parte bajo arroja mas volumen del

diámetro máximo mojado y debido a que estos suelos tienen inclinaciones altas producen erosión escurrimiento sin ser aprovechado por los cultivos.

La evaporación del cultivo en los 8 días 21,6mm en m<sup>2</sup>, y el diámetro que está siendo mojado por el aspersor es de 10 m<sup>2</sup> en las cuales la evapotranspiración del cultivo es de 216mm (21,6mm\*10), durante el ensayo se recolectó 698,3 mm.

Precipitación de aspersor = 216- 698,3 = 482,3mm hay exceso del caudal el pasto, haciendo la relación con la profundidad de la raíz el pasto requiere de 150mm, entonces el proceso fisiológico se desarrolla adecuadamente.

## **6. Tiempos e intervalos de riego óptimos vs productividad agropecuaria.**

La comunidad de Cecel cuentan con una dotación de 125lt/s del gran caudal del Sistema de Riego Licto que es de 1300 l/s concesionados para el riego, lo que abastece a los módulos de Cecel Grade 1, 2, 3, 6, 7, 8, Cecel Lincas 1, Canallapamba 1 y 2 y Ogtuzpamba 1 y 2. Con 15lt/s del Sistema de Gompue, abastece a los módulos de Cecel Grande 4 y Cecel Grande 5, los mismos que cubren una superficie total registrada en la base de datos de 198,147 hectáreas y agrupa a un total de 286 usuarios.

Las cuales están siendo regados superficialmente como desbordamiento Natural, canchales, Surcos y muy pocos por aspersión.

### **a. El requerimiento de riego**

Las plantas necesitan cierta cantidad de agua, para formar la materia verde y para la transpiración de las mismas y el suelo pierde cierta cantidad de agua por evaporación. Esta cantidad de agua extraída diariamente del suelo, para tener una buena cantidad de producción, debe estar siempre disponible para las plantas y en el caso de que no tengan lluvias, se debe proporcionar por medio del riego artificial.

Para tener un riego óptimo se debe tomar en cuenta el clima y los cultivos, especialmente la evapotranspiración del cultivo y las precipitaciones que son muy importantes para la aplicación de un riego adecuado entonces se calculó la frecuencia, lámina y volumen de riego para los cultivos.

### 1) Cultivo de Pasto.

Se indica la frecuencia de riego, lamina aplicar y volumen de riego necesario para el cultivo de pasto en un área de 158,54ha, siendo un riego optimo para buen desarrollo de pasto, como se indica en el cuadro: 74 y (ANEXO 18).

**Cuadro 74: Riego optimo para el cultivo de pasto.**

Meses	Frecuencia de Riego (dias)	Lamina a aplicar (mm/m2)	Área a cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	4	15,1	1585000	197332,50
Febrero	3	16,7	1585000	256770,00
Marzo	3	15,6	1585000	248845,00
Abril	3	15,6	1585000	230617,50
Mayo	4	15,6	1585000	183860,00
Junio	4	15,6	1585000	194162,50
Julio	3	15,6	1585000	248052,50
Agosto	4	15,6	1585000	205257,50
Septiembre	4	15,6	1585000	181482,50
Octubre	3	15,6	1585000	219522,50
Noviembre	4	15,6	1585000	204465,00
Diciembre	4	15,1	1585000	196540,00
<b>TOTAL</b>				<b>2566907,50</b>

Fuente: Datos medidos y calculados

## 2) Cultivo del Maíz.

La frecuencia de riego, lamina aplicar y volumen de riego necesario para el cultivo de MAIZ en un área de 7,9has, siendo un riego optimo para buen desarrollo de maíz, como se indica en el cuadro75. (ANEXO 19).

**Cuadro 75: Riego optimo para el cultivo de maiz.**

MESES	Frecuencia de Riego (días)	Lamina a aplicar (mm/m2)	Área a cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	4	16,5	79000	10291,86
Febrero	3	18,5	79000	13582,51
Marzo	1	5,5	79000	10520,92
Abril	4	18,2	79000	10746,36
Mayo	8	33,2	79000	9366,59
Junio	13	54,6	79000	9750,54
Julio	16	80,4	79000	12238,82
Agosto	23	98,1	79000	10293,45
Septiembre	10	36,8	79000	8541,91
<b>TOTAL</b>				<b>95332,96</b>

Fuente: Datos medidos y calculados

### 3) Cultivo de la Papa.

El cultivo de la papa se requiere la frecuencia de riego, lamina aplicar y volumen de riego necesario para el cultivo de papa en un área de 7,9 has, siendo un riego optimo para buen desarrollo de papa, como se indica en el cuadro: 76. (ANEXO 20).

**Cuadro 76: Riego optimo para el cultivo de papa.**

MESES	Frecuencia de Riego (días)	Lamina a aplicar (mm/m <sup>2</sup> )	Área cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	3	13,3	79000	10217,12
Febrero	8	43,4	79000	13036,65
Marzo	4	20,5	79000	11529,63
Abril	5	20,2	79000	10559,14
Mayo	11	43,1	79000	9238,43
Junio	10	42,8	79000	9681,30
Julio	3	12,2	79000	11337,26
Agosto	9	40,2	79000	10324,79
Septiembre	6	19,5	79000	7984,93
Octubre	5	20,6	79000	10245,45
Noviembre	10	42,8	79000	10210,83
Diciembre	10	40,4	79000	9553,81
<b>TOTAL</b>				<b>123919,34</b>

Fuente: Datos medios y calculados



#### 4) Cultivo de Hortalizas.

Las hortalizas requieren la frecuencia de riego, lamina aplicar y volumen de riego sendo necesario para hortalizas en un área de 21,8has, siendo un riego óptimo para buen desarrollo de Hortalizas, como se indica en el cuadro 77. (ANEXO 21).

**Cuadro 77: Riego optimo para el cultivo de Hortalizas.**

MESES	Frecuencia de Riego (días)	Lamina aplicar (mm/m <sup>2</sup> )	Área cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	2	8,9	218000	27013,44
Febrero	3	14	218000	33880,56
Marzo	4	20	218000	32843,15
Abril	6	28	218000	30644,97
Mayo	2	9,8	218000	26612,90
Junio	3	13	218000	25829,35
Julio	4	18	218000	29893,74
Agosto	7	28	218000	27551,73
Septiembre	2	7,8	218000	20971,22
Octubre	3	13	218000	28505,98
Noviembre	5	20	218000	27564,39
Diciembre	7	27	218000	25695,79
<b>TOTAL</b>				<b>337007,22</b>

Fuente: Datos medios y calculados

### 5) Cultivo de los Cereales.

El cultivo de cereales se requiere la frecuencia de riego, lamina aplicar y volumen de riego en un área de 1,98has, siendo un riego optimo para buen desarrollo de cereales, como se indica en el cuadro 78. (ANEXO 22).

**Cuadro 78: Riego optimo para el cultivo de Cereales.**

<b>MESES</b>	<b>Frecuencia de Riego (dias)</b>	<b>Lamina a aplicar (mm/m2)</b>	<b>Area a cultivarse (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen de riego/mes (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enero</b>	4	16,5	19800	2579,48
<b>Febrero</b>	2	10,3	19800	2834,00
<b>Marzo</b>	3	14,6	19800	2799,78
<b>Abril</b>	21	105	19800	2906,20
<b>Mayo</b>	17	66,2	19800	2338,58
<b>Junio</b>	1	4,4	19800	1950,31
<b>Julio</b>	2	7,5	19800	2148,10
<b>Agosto</b>	18	79	19800	2596,59
<b>Septiembre</b>	17	64,2	19800	2239,29
<b>Octubre</b>	5	20,2	19800 19800	2557,88 2430,18
<b>Noviembre</b>	5	20,6	19800	2462,12
<b>Diciembre</b>	24	100,9	19800	<b>29842,52</b>
<b>TOTAL</b>	2579,48			

Fuente: Datos medios y calculados

**b. Volumen total de agua que necesita los cultivos.**

En la siguiente cuadro se indica la cantidad de agua que se deben regar para un buen desarrollo del cultivo en la zona de Ceceles, donde se tomó en cuenta la cantidad de evapotranspiración que produce en el suelo y las precipitaciones en la zona, entonces se requiere 3153009,54 m<sup>3</sup>/año de caudal para el riego.

**Cuadro 79: Volumen de agua requerido de acuerdo al patrón de cultivos en Ceceles.**

Cultivo	Superficie (ha)	Volumen en m <sup>3</sup> /año
Pastos	158,5	2.566.907,50
Maíz	7,9	95332,96
Papa	7,9	123919,34
Hortalizas	21,80	337007,22
Cereales	1,98	29842,52
<b>Promedio total del riego</b>	<b>198,147</b>	<b>3153009,54</b>

Fuente: Datos medios y calculados

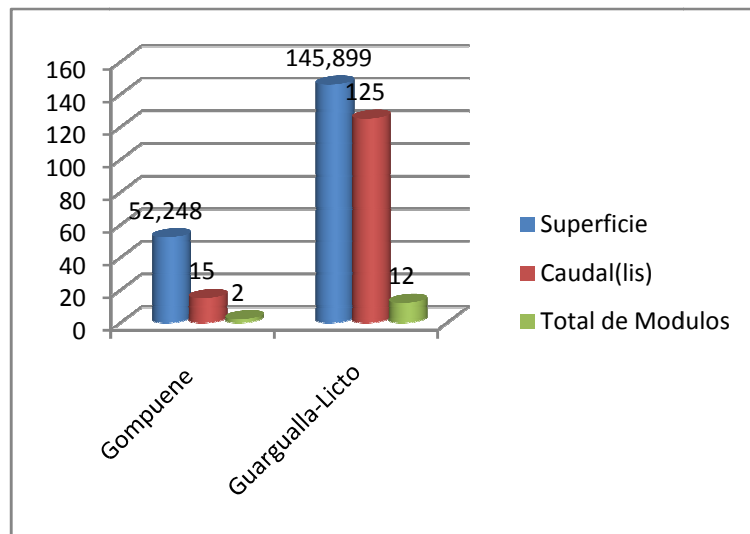
**c. Volumen total de caudal que riegan.**

El sistema de Guargualla-Licto con 125l/s, riega a 12 módulos en total a 145,899ha. Gompueñe con 15lt/s riega a 2 módulos en un total de 52,248ha.

**Cuadro 80: Volumen total de agua que riegan.**

Sistema de riego	Total de módulos abastecidos	Caudal (l/s)	Superficie (ha)
Gompueñe	2	15	52,248
Guargualla-Licto	12	125	145,899

Fuente: Datos medidos y calculados



**Gráfico 61: Volumen Total que aplica.**

Entonces el indicando con el gráfico 61 con el sistema Gompune que tiene 15l/s se riega a dos módulos en un total de 52,248has, con el sistema de Guargualla- Licto que tiene 125l/s se riega a los 12 módulos en un total de 145,899ha, entonces el VOLUMEN agua que riegan al año con el sistema de Guargualla es 3942000m<sup>3</sup>/año y con el Sistema de Gompune riegan 473040m<sup>3</sup>/año teniendo un total de 4415040m<sup>3</sup>/año.

**Cuadro: 81 Volumen total que riegan Ceceles con dos sistemas**

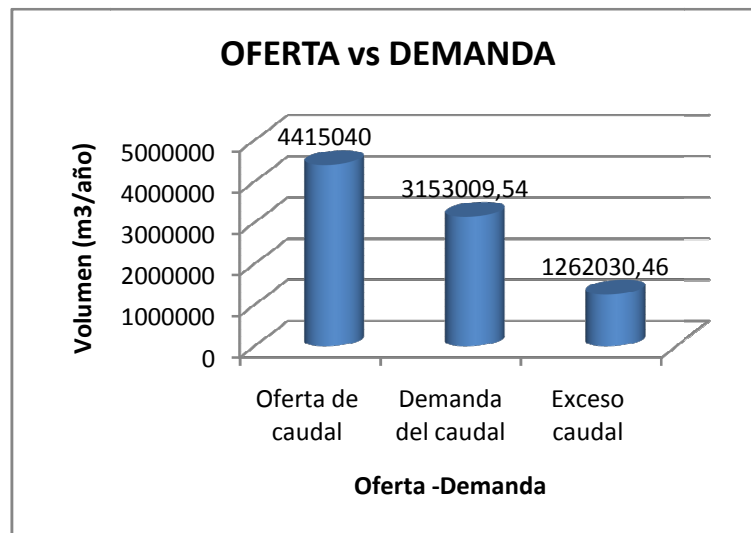
SISTEMA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /año)
Gompune	3.942.000
Guargualla	473.040
Total	4.415.040

Fuente: Datos medidos y calculados

d. Demanda Vs. Oferta de agua de riego en el Ceceles.

**Cuadro 82: Demanda y oferta de agua en Ceceles.**

<b>Demanda vs Oferta</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>/año)</b>
Oferta de caudal	4415040
Demanda del caudal	3153009,54
Exceso caudal	1262030,46



**Grafico 62 :Oferta vs Demanda de caudal en Ceceles.**

#### **D. PROPUESTA DE TECNIFICACIÓN DEL RIEGO A PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y PROPONER ALTERNATIVAS DE MÉTODOS DE RIEGO, VIABLES Y SOSTENIBLES.**

A través de realizar el diagnóstico participativo que se obtuvo en el resultado se propone los principales aspectos para un buen funcionamiento del riego parcelario y tener agua por muchos años agua es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos que se indica a continuación.

##### **1. Protección de las Vertientes.**

Es importante tener presente el estado actual de las fuentes de agua y la necesidad de proteger sus vertientes mediante planes y propuestas de manejo y conservación viable y sostenible de paramos y vertientes para lo cual se deben gestionar con los propietarios de los ecosistemas frágiles a fin de que sus vertientes no disminuyan caudales en esta protección debe estar los beneficiarios del riego- personas que viven alrededor de los vertientes y instituciones encargadas en el sistema de riego.

##### **2. Operación y Mantenimiento de las Infraestructura física.**

La conducción y distribución es muy importante por lo que se debe conservar en óptimo estado de funcionamiento infraestructura, a fin de mantener operando regularmente sin filtraciones o desbordamientos de agua por lo que es necesario realizar las siguientes actividades.

- Limpieza periódica de canales principales, secundarios y redes terciarios mediante mingas.
- Limpieza de reservorios de almacenamiento.
- Realizar mantenimiento periódico de acuerdo a las disposiciones del reglamento interno o cuando sea necesario como: reparar bocatomas, canales en secciones que causen pérdidas por filtraciones o cuando hay ruptura de los canales.
- Colocar regletas de mediciones a la entrada del tanque de reparto.
- Colocar compuertas graduadas a la salida de caudal para cada modulo.

### **3. Aspectos Importantes que se debe tomar en cuenta para regar.**

Dentro de las buenas prácticas a ser implementadas destacan: antes de establecer un cultivo realizar las siguientes practicas.

- Nivelar los suelos técnicamente adecuado adoptando al método de riego escogido
- Regar con volúmenes adecuados.
- Regular caudales de entrada al sistema.
- Utilizar tiempos de riego de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo y su capacidad de almacenamiento en el suelo.
- Realizar surcos y canchales óptimos para manejar de mejor manera y lograr una mejor distribución.

### **4. Propuesta técnica para el uso y manejo del riego.**

Se debe tomar en cuenta dos métodos de riego debido a que estos suelos son inclinados y planos de una superficie muy grande que utilizan en el riego así como:

- Sistemas de riego por superficie
- Sistemas de riego a presión.

#### **a. Aspectos técnicos considerados en el diseño del sistema riego parcelario por método superficial.**

##### **1) Riego Canchales**

La mayoría de campesinos de Ceceles riegan por canchales, enviando 5-7 l/s de caudal a la cabecera del canchales, así durante el recorrido debido a que no abastece los canales del canchales producen desbordamiento perdiendo grandes volúmenes de agua.

Produciendo mayor infiltración al inicio y menor infiltración al final del canchales teniendo escurrimiento superficial, por lo tanto para tener uniformidad en la distribución del riego con una buena profundidad de infiltración se puede hacer a los costados de canchales un canalito por donde el agua baje dividiendo caudales en mínimas cantidades y aprovechando por partes de igual en los canchales.

Según FAO las recomendaciones para la construcción de los surcos y cancheros de acuerdo al cuadro la ubicación de los suelos de Ceceles están denominados como franco-arenoso, la cual fue analizado y interpretado por: (Bernita, 1996), entonces se indica a continuación:

**Cuadro 83: Diseño recomendado por FAO.**

Tipo de suelo	Pendiente %	Anchura m	Longitud m	Caudal l/s
Franco arenoso	0.2 – 0.4	12 – 30	90 – 250	5 – 7
	0.4 – 0.6	6 – 12	90 – 180	4 – 6
	0.6 – 1.0	6	90	2 – 4

Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje No. 24.

**Nota:** Para realizar cancheros deben tomar en cuenta especialmente tamaño de la parcela y pendiente de los mismos entonces a mas de elaborar el diseño recomendado por FAO, se puede realizar canchero de la siguiente manera: El ancho varía entre 5 a 10 metros y el largo depende de la pendiente del terreno, pero puede ser entre 12 y 24 metros. El largo total de la serpentina debe tener relación con el largo y el ancho del canchero que puede variar entre 95 y 140 metros y el caudal debe estar relacionado con la pendiente recomendable es 1-4 l/s.

## 2) Riego por surcos

Los riegos por surcos lo utilizan en los cultivos de la papa, maíz y hortalizas, entonces los surcos debe ser dependiendo de la inclinación de los suelos, entonces se recomienda realizar surcos de la siguiente manera:

El ancho entre surco y surco puede ser entre 60 y 120 cm, según el tipo de cultivo y de suelo. En los terrenos nivelados los surcos deben ser rectos. Pero, en el caso de terrenos ondulados los surcos deben trazar siguiendo las curvas de nivel para evitar o disminuir la erosión.



La cantidad de agua que debe enviar en el surcos es dependiendo de las pendientes de los suelos entonces se podría regar en terrenos con pendientes fuertes con caudal de 1 a 2 litros l/s y en terrenos planos se utilizan caudales mayores 3 a 5 l/s.

### 3) **Riego por Inundación**

Este tipo de riego se utiliza básicamente para cultivos forrajeros perennes y cuando existe abundante agua, este tipo de riego es muy bueno en parcelas de superficie grandes para buena circulación deben nivelar los suelos y hacer zanjas de ingreso de agua en las parcelas.

Para tener un riego adecuado con infiltración profunda y sin desperdiciar el caudal se pueden realizar zanjas para el ingreso de agua, en la suelos con pendientes de 5-10% las zanjas para el ingreso de agua se pueden hacer máximo entre 4-5 metros de distancia, pero se debe tomar mucho en cuenta la superficie de las parcelas, debido a que el riego por inundación son utilizados en los cultivo de pasto y alfalfa.

Para suelos con inclinaciones altas las zanjas para el ingreso de agua debe ser de menor distancia, por lo que pueden producir erosiones hídricas

#### **b. Aspectos técnicos considerados en el diseño del sistema riego parcelario por método presión:**

Conociendo los problemas más fuertes que afronta la zona de Ceceles es la falta de de tecnificación de agua para un buen del riego se propone lo siguiente:

- Mejorar el aprovechamiento del recurso hidrico, con la tecnificación del riego (aspersión).
- Mediante el uso y aprovechamiento del agua, se podrá sensibilizar la importancia de manejar, conservar o recuperar las microcuencas hidrográficas, como espacios donde se desarrolla el ciclo hidrológico.

Por lo tanto una manera de mejorar el riego por aspersión seria regar a través de riego por aspersión, en la cual hay ahorro de agua además no hay erosiones en grandes cantidades.

Este método de riego, es utilizado aproximadamente en un 7 % mínimo sin ser manejado adecuadamente, entonces para mejorar la eficiencia de riego una de las alternativas es riego por aspersión en pendientes altas ya que en GG1, CG2, GG3, CG7 y CG8 los suelos son altas pendientes por lo tanto la utilización de riego superficial producen perdida mayormente por escurrimiento.

La propuesta seria mejorar riego por aspersión y aumentar el riego por estos métodos.

- Instalar un aspersor adecuado dependiendo de la zona alta y baja.
- El aspersor debe ser adecuado para cada tipo de cultivo.
- En las partes altas los pedestales no deben ser altas debido a que el viento lleva las gotas del agua.
- El aspersor debe estar relacionado con relación a la pendiente del suelo debido a que si el aspersor tiene mayor presión y el pedestal esta muy baja cae gotas grandes la cual producen erosiones, entonces debe ser un aspersor que trabaje con menor presión y la descarga de agua debe ser adecuado.
- Seria mejor colocar aspersores móviles con lo que se ahorra mayor gasto.
- La longitud de una tubería desde pedestales debe ser máximo de 20-25m, por lo que al arrastrar estas mangueras lo atropellan a los cultivos.
- El agua para regar por aspersor debe ser lo mas limpio posible, para esto en los tanques repartidores deben estar con rejillas.
- Cuando hay suelos con pendientes altas debe ser colocados tanque rompe presiones máximo a 50m.
- En suelos con pendientes altas seria una manera mas recomendable diseñar riego para pastos debido a que este cultivo permanece por mucho tiempo, en cambio en caso de hortalizas la mayoría duran 3-6 meses en la que se remueve suelo a cada rato y producen erosiones de las mismas.

## VI. CONCLUSIONES.

1. La zona de riego Gompuene, antes constituía la “hacienda Huertapamba”, donde 50 familias compraron 52,3 ha de terrenos planos con riego; estas parcelas, han dividido junto con el agua, mediante procesos de compra-venta-herencia, mismos que fueron legalizados en la Agencia de Aguas, con una concesión de 38.7 l/s; en la última renovación (1999) apenas dictan la sentencia de 15 l/s. Ante este déficit 286 usuarios en marzo 1994 logran una asignación de 125 l/s, para 198,2ha, desde el Sistema de Riego Licto por autogestión al Comité Interinstitucional de Licto (COIL).
2. La infraestructura del SRL contiene todos los componentes técnicos, diseñados para captar y conducir 1.200 l/s del Río Guargualla (bocatoma 3.057 msnm, 26 Km de conducción principal, tres túneles, cuatro sifones principales, 10 reservorios nocturnos, 1.400 familias y 1 760 ha); mientras que el SR Gompuene es antiguo, provistos de obras de infraestructura rústica y en tierra, capta hasta 50 l/s en la quebrada Gompuene (bocatoma 2.980 msnm, 3 km canal en tierra y 240 m tubería H°S° Ø 250 mm).
3. Ceceles dispone de dos fuentes de abastecimiento de riego, dando un caudal total de 140 l/s, para aplicar en 198,2 ha, dividido en 12 módulos (145.9 ha, están bajo la cota del SRL para regar con 125 l/s; mientras que Gompuene tiene 52,3 ha divididos en dos módulos, con 15 l/s); dando una superficie potencialmente regada de 198,147 ha. Los 125 l/s se almacena en dos reservorios nocturnos (Canallapamba 3.761,2 m<sup>3</sup> y Zanjaloma 3.350,3 m<sup>3</sup>).
4. La topografía de la zona de riego varía entre 4 – 55 %, donde aplican dos métodos de riego parcelario: 36% riegan por inundación (pastos), 42% en canchales, 15% en surcos y 7% por aspersión (módulos CG1, CG3 y CG7).
5. La eficiencia de aplicación del riego calculada en ocho módulos de riego en canchales es del 43%, siendo considerado como Ea adecuado, debido a varios parámetros técnicos como: tenencia de la tierra, topografía, destreza del agricultor para ejecutar las actividades agrícolas.

6. El caudal parcelario para riego por gravedad fluctúa entre 15 - 20 l/s, mismos que subdividen en 2 - 3 canchales, regando finalmente con caudales de 5 - 7 l/s; el tiempo de aplicación también varía, y depende del turno (20min a 3-4h); resultando insuficiente para elevar la producción.
7. El cultivo predominante es pasto con el 80% de cobertura, seguido de hortalizas con el 11 %, papa y maíz el 4 % y cereales apenas con el 1 %, lo que asevera que el uso del riego permite el desarrollo de rubros rentables y seguras, como pastos para la crianza de ganado lechero, quienes aprovechan la disponibilidad de una empresa local de lácteos.
8. La prueba de infiltración por el método del cilindro infiltrómetro, en 100 minutos presentó una I.A. máxima de 20,3 cm en el módulo CP1 y una IA mínima de 4,5 cm en el módulo CG3, y un promedio de 9,9 cm; esto debido a que en suelos profundos la IA es mayor que en Cangahua.
9. La velocidad de I.I. máxima obtuvo un valor de 66,7 mm/min en CP1 y una la velocidad de Infiltración Instantánea mínima de 25 mm/min en CG1 dando un promedio de 39,9 mm/min; debido a que inicialmente el agua en suelos secos se infiltra rápidamente, hasta llegar a saturarse completamente, donde la velocidad decrece llegando a un punto donde el suelo no permite mas ingreso de agua.
10. La prueba de infiltración por el método del surco infiltrómetro con el caudal parcelario de (5-7l/s), presentó desbordamiento superficial; y en estas condiciones la profundidad de humedecimiento del riego al inicio del canchero es de 46 cm en CP2, la profundidad de humedecimiento mínima fue de 10 cm en el módulo CG3. La velocidad infiltración es variable teniendo una velocidad máxima de 9,2 mm/h en el módulo CP1, la velocidad mínima fue de 3,6 mm/h en CG2 y una velocidad promedio de 6,3 mm/h.
11. El aspersor TAIWAN de  $\frac{3}{4}$  con una 32.9mca  $Q= 0.30l/s$ , arrojó un diámetro mojado de  $30,6 m^2$ ; los pluviómetros se colocó en cuadrícula 3x3m - CG7. El volumen recolectado es de 855,5mm. El aspersor SENNINGER de  $\frac{1}{2}$  pulgada con 6.86mca,  $Q= 0,15 l/s$  arrojó un diámetro mojado de 10m, donde se ubicó los pluviómetros a 2x2m - cuadrícula - CG3. El volumen recolectado fue de 698,3 mm.

12. El Coeficiente de Uniformidad (CU) - aspersión en CG7 (aspersor taiwan), presentó un valor máximo del 80 % a 6 m de distancia del porta-aspersor; 50 % a 21 m (valor mínimo) dando un promedio de 12,6 % y su eficiencia de aplicación es de 45,8 %. El CU - CG3 (senninger) es de 81,9 %, el valor mínimo es de - 45 %, (pluviómetros con precipitación = 0), el promedio es de 34,8 % y la  $E_a = 37,23\%$ ; lo que indica que el riego por aspersión no es uniforme, por no ser manejado técnicamente por desconocimiento y la falta de interés de los agricultores.
13. El cálculo de requerimientos hídricos - Ceceles, se estimó en un valor de  $3'153.009,54 \text{ m}^3/\text{año}$ ; existiendo una disponibilidad en el SRL  $3'942.000 \text{ m}^3/\text{año}$ , y en Gompueñe  $473.040 \text{ m}^3/\text{año}$ ; con un total de  $4'415.040 \text{ m}^3/\text{año}$ , generando un excedente de  $1'262.030,46 \text{ m}^3/\text{año}$  volumen suficiente para cubrir la demanda.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

1. Urge la necesidad de proteger sosteniblemente los páramos y vertientes en sus fuentes de agua, auto gestionando con Junta General de Usuarios - INAR y propietarios de los ecosistemas frágiles (SR Gompueñe bajó de 37.8-15 l/s en 10 años).
2. Frente a la escasez del recurso hídrico, la presión demográfica sobre páramos y vertientes, amerita trabajar en temas de eficiencia de aplicación del riego parcelario, desplegando mejoras a la infraestructura y su correcta distribución.
3. En las redes de distribución, necesitan colocar aforadores de caudal, para mejorar la distribución y uniformizar la frecuencia de riego de ocho días.
4. El INAR debe brindar mayor apoyo en la distribución caudales adecuados a las características topográficas de cada módulo, y considerando todos los parámetros técnicos de riego y producción.
5. Capacitar a la junta de usuarios, para que la profundidad de humedecimiento sea en base a la profundidad radicular y los requerimientos hídricos de los cultivos, pendiente y dotación de un caudal no erosionable.
6. Autogestionar un proyecto de Tecnificación del Riego, con capacitaciones teórico-práctico para que los agricultores manejen parámetros técnicos sustentables: goteo, micro aspersión y aspersión.
7. Intensificar y diversificar los cultivos, de acuerdo a las condiciones reales de: auto subsistencia, mercado, minifundio, baja fertilidad, monocultivo y disponibilidad del recurso hídrico.
8. Realizar propuestas sostenibles para gestionar la fertilidad de los suelos, mediante el desarrollo de prácticas de conservación de suelos: zanjas de infiltración, barreras vivas, cortinas rompe vientos y otros, que ayuden a disminuir la erosión.

## VIII. RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Provincia de Chimborazo-Riobamba-Licto, en la Comunidad de Ceceles, proponiendo; elaborar una propuesta metodológica participativa para la tecnificación del riego parcelario en la zona de los Ceceles y optimizar el recurso hídrico. La metodología utilizada para cumplir con los objetivos fue a través de convenios, talleres, entrevistas, recorridos, prácticas de infiltración y evaluación de riego por aspersión, resultando que el Sistema de Riego Licto posee componentes técnicos, diseñados para captar y conducir 1.200 l/s desde el Río Guargualla (bocatoma 3.057 msnm, 26 Km de conducción principal) y el Sistema de Riego Gompueñe, posee obras de infraestructura rústica y en tierra, puede captar hasta 50 l/s en la quebrada Gompueñe (bocatoma 2.980 msnm, 3 km canal en tierra y 240 m tubería). Los derechos que obtuvieron: Sistema de Gompueñe (por herencia y compra de tierras) beneficiando a 52,248ha con 15l/s, sistema de Guargualla (por gestión al estado) beneficiando a 145.9 ha con 125l/s. Debido a que los suelos de la zonas son superficiales se obtuvo un  $PH_{máxima}$  de 0,46cm y  $PH_{mínima}$  de 0,06cm con una  $Ea_{promedio}$  de 43% dependiendo de la longitud de los canchales y la topográfica que varía entre 4-55%. El cultivo predominante es pasto 158,5has, hortalizas 21,8has, papa y maíz con 7,9has y cereales con 1,98has. En riego por aspersión: la  $UD_{Taiwan}=12,6\%$  y con una  $Ea=45,8\%$ ,  $UD_{Senninger}=34,8\%$  y con una  $Ea=37,23\%$  demostrando que el riego tanto superficial y por aspersión no es uniforme, por mal manejo técnico. Se concluye que los agricultores aplican métodos de riego parcelario: Por inundación (36%), canchales (42%), surcos (15%) y aspersión (7%). Recomendando buscar alternativas a través de propuestas para buen manejo de riego.

## **IX. SUMMARY.**

This research was conducted in the Province of Chimborazo, Riobamba, and Licto-Community Ceceles. Proposing developing a participatory methodology for land consolidation and modernization of irrigation to optimize water resources. The methodology used was through conventions, workshops, interviews, tours, of infiltration practices and evaluation of sprinkler irrigation. Proving that the irrigation system has Licto components designed to capture and drive 1200l/s from the Guargualla Rive (inlet 3057m.o.s.l, 26km of main line) and the irrigation system has Gompune infrastructure and rural land captures up to 50l/s in the stream g Gompune (inlet 2980m.o.s.l, 3km Channel ground and 240m pipe).

The rights were Gompune system (by inheritance, purchase of land) benefiting 52,248ha with 15l/s, Guargualla system (for managing to the state ) has benefited in 1251/s to 145,has . Because the soils of the area are superficial, with a maximum PH= 0,46cm and 0,06cm with minimum and a EA medium =34% depending on the length of mine areas, the topography that varies between 4-555. The predominant crop is grass 158,5ha 21,8has vegetables, potatoes and corn has 7, 9 and grain 1,98has. In sprinkler irrigation: UD= Taiwan 12,6% and with an Ea= 45,8% = 34,8% and UD Senniger with an Ea= 37,23%, demonstrating that both surface watering and spraying is not uniform, bad management expertise. Concluding that farmers apply irrigation methods parcellary: flood (36%), canterones (42%), furrows (15%) and spray (7%) . Recommending alternatives to proposals for good management of irrigation.



## **X. BIBLIOGRAFIA.**

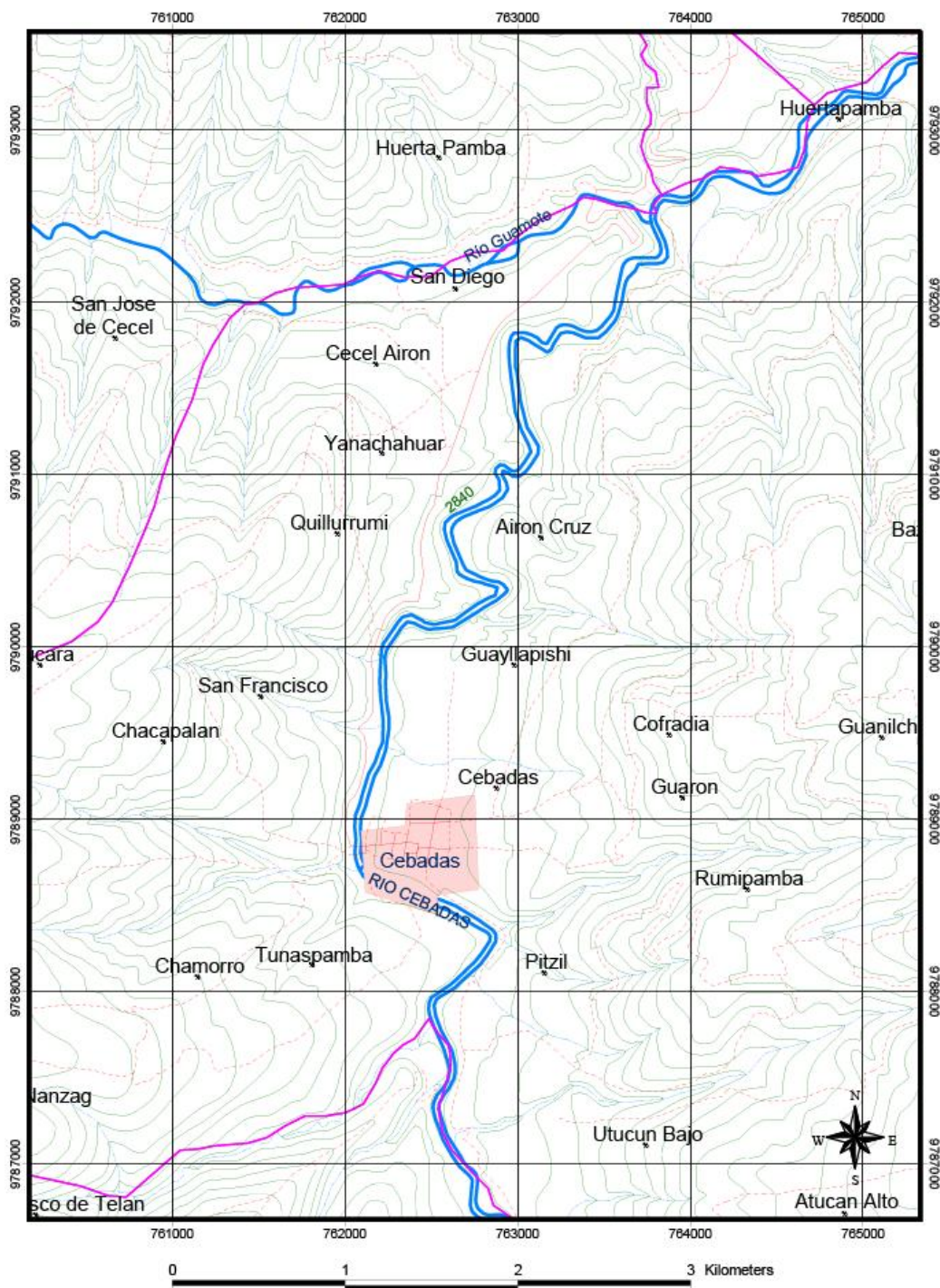
1. APOLLIN, F. Y C. EBERHART.1998 “Metodologías de análisis y diagnóstico de sistemas de riego campesino”, CAMAREN, Quito.
2. BLEUMINK Y SIJBRANDIJ, 1990.Organizacion de riego en el Valle Alto de4 Cochabamba. Tomo 1 Universidad de Agricultura Wageningen y Prtoyecto de Riego Altipano Valles/ Mision Técnica Alemana.
3. CAMAREN, CESA. 1999 “Manejo del agua en la cuenca y en la parcela”, Quito.
4. Castañón, G. (2000). Ingeniería del riego. Utilización racional del agua. Editorial Paraninfo. España. Páginas, 206 .
5. Estación Meteorológica Cebadas. 2007.
6. GRASSI, CARLOS J. 1975. Métodos de riego. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Agua y Tierra.
7. GELLES, PAUL. 1994. Irrigation at High Altitudes, Socio-Política Aspecto of watwr Control in the Andes.
8. GERBRANDY, GERBEN 1991 .Concepcion campesina de gestion de agua. sistema de riego en las Provincias de Punata y Tiraque.
9. Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. IICA. San José, Costa Rica. 433 p.
10. JURRIENS, RIEN EN KORNELIS DE JONG, 1989 Irrigation Water Management, a literatura survey. Working Party ´Irrigation and Deverlopment publication N° 01189.
11. LARRAÑAGA ESPINOLA, PATRICIA ISABEL. 1977. Guía de riego para la provincia de Ñuble. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía. 55 p.
12. MARTÍNEZ, NELSON. 1987. Experiencia en riego, Chiongazo -Pungales. Ecuador debate, riego en los Andes Ecuatorianos. N° 14 Quito- Ecuador.
13. MERRIAN, JOHN L. 1980. Use of the advance ratio for furrow irrigation design. Saint Joseph, Michigan, American Society of Agricultural Engineers.
14. OLAZÁBAL, HUGO, DE JONG, NOORDHOLLAND y ALVEAR, JORGE. 1999 "Infraestructura de riego: elementos técnicos y sociales". CAMAREN, Quito.

15. ROY, GOKUL BENODE and GHOSH, RANJIT KUMAR. 1982. Infiltration rate at long times. *Soil Science* 134(60)345-347.
16. UNIVERSIDAD DE LOJA/PRICA, 1995. Panorama actual del desarrollo del riego en el Ecuador y capacidad profesional e institucional e institucional. Posgrado en riego comunitario andino. Loja- Ecuador.
17. UMAN. Ingeniería de riegos y drenajes .1979
18. VAUX, H. J. *al.* 1990. An Assesment *et* of Irrigation Technology in San Joaquin. *Water Resourses Serv.* 26:1:35-41.
19. VILLARROEL FUENTES, DANIEL IVAN. 1981. Antecedentes bibliográficos sobre diseño, evaluación y manejo de riego por surcos. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 96 p
20. (<http://www.geocities.com>).

# **A N E X O S**

# Anexo 1: Mapa ubicación Geográfica.

## COMUNIDAD CECELES - PARROQUIA CEBADAS





**Anexo2: Acuerdos Sociales Realizadas.**



**FOTO 1: Foto Asamblea Usuarios Ceceles**

**Anexo 3: Canal de Conducción Principal Gompue**



**FOTO 2: Canal principal Gompue**



**Anexo4: Canal de Conducción Secundaria Gompue.**



**FOTO 3: Canal Secundario Gompue**

**Anexo 5: Bocatoma Guagualla-Licto.**



**FOTO 4: Bocatoma Guagualla-Licto**



**Anexo 6: Túnel sistema Guargualla-Licto**



**FOTO 5: Túnel Sistema Guargualla-Licto**

**Anexo 7: Canal Principal Guargualla-Licto.**



**FOTO 6: Canal Principal Guargualla-Licto.**

**Anexo 8: Sifone Chambo Guargualla- Licto**



**FOTO 7: Sifones pasó de agua Guargualla-Licto.**

**Anexo 9: Conducción Secundaria Guargualla- Ceceles.**



**FOTO 8: Conducción Secundaria Guargualla- Ceceles..**



**Anexo 10: Metodos de Riego tradicionales-Ceceles**



**FOTO 10: Riego por Inundación**



**FOTO 11: Riego por Canterones**



**FOTO 12: Riego por Surco.**

**Anexo 11: Pruebas de Infiltraciones por método cilindro infiltro metro y Surco- infiltro metro**



**FOTO 13: Llenado de agua en el cilindro**



**FOTO 14: Medición del descenso de agua en el cilindro.**



**FOTO 15: Medición longitud del canteron**



**FOTO 16: Medición del agua en vertedero.**

**ANEXO 12: Pruebas por el método de surco infiltro metro.**

<b>Módulos</b>	<b>Longitud Serpentina(m)</b>	<b>Ancho surco(m)</b>	<b>Área del longitud de canteron (m2)</b>	<b>Tiempo final(min)</b>	<b>Tiempo final(s)</b>	<b>Caudal aplicado(lit./s)</b>	<b>Caudal llegada final de surco(lit./s)</b>	<b>Eficiencia de aplicación (%)</b>	<b>Aportación aplicada(m3)</b>	<b>Velocidad de infiltración(cm/h)</b>
CP1	234,9	0,2	46,98	35,3	2118	7	3	42,86	14,83	0,61
CP2	364,9	0,17	62,03	40,38	2422,8	7	2	28,57	16,96	0,49
CG1	87,9	0,15	13,19	6,38	382,8	4	2,5	62,50	1,53	0,61
CG2	400,3	0,12	48,04	27,37	1642,2	6	2,2	36,67	9,85	0,34
CG3	157	0,11	17,27	20	1200	5	2,5	50,00	6,00	0,57
CG4- CG5	269,1	0,17	45,75	38,83	2329,8	9	2,5	27,78	20,97	0,87
CG6	237,6	0,13	30,89	45	2700	6	3,2	53,33	16,20	0,42
CG7-8	123	0,16	19,68	15	900	4	1,8	45,00	3,60	0,64



**ANEXO 13: Evaluación de riego por aspersión.**



**FOTO 17: Aspersor Taiwán en CG7**



**FOTO 18: Medición del presión con manómetro aspersor senniger.**



**FOTO 14: Red para ubicar pluviómetros**



**FOTO 20: Probeta y pluviómetros Utilizados en el ensayo.**

**ANEXO 14: Precipitación recolectado en los pluviómetros por cuadrantes Cecel Grande 7 (Taiwán)**

Cuadrante I (mm)	Cuadrante II (mm)	Cuadrante III (mm)	Cuadrante IV (mm)
29	14,2	29,5	13,5
18	13,5	8	57,5
11,1	9,3	7,5	17
10,5	7,3	6	12
9,8	0,5	12	1
15	17	37	0
10	22,5	9	12,5
12	18,2	7	17
8	0,5	5,5	2
10	0,1	4	1
12,5	11,5	27	0,1
0	16	6,1	0
6,1	2,5	5	10,8
8	0,3	4,1	16
5	0	2,1	14
5,1	3,4	10	8
1	3,5	8	5
0	0,3	6	0
0,1	0,2	5	14
0,1	0	2	14
1	0,1	8,9	5
0,5	0,3	8	7
0	0,1	8,1	0,4
0	0	6	0
0	0	4	10

Cuadrante I (mm)	Cuadrante II (mm)	Cuadrante III (mm)	Cuadrante IV (mm)
0	0	8	12
0	0	9,3	6
0	0	10,9	3
0	0	11,5	0,1
0	0	7	0
172,8	141,3	282,5	258,9

**ANEXO 15: Precipitación recolectado en los pluviómetros por cuadrantes Cecel Grande 3 (Aspensor de Senniger)**

Cuadrante I	Cuadrante II	Cuadrante III	Cuadrante IV
6	7	7	3,8
5,8	5	5,1	5,3
3,9	28	14	4,7
20	12	16	5,8
11,1	2	1,5	15
0,1	5,8	3	2
7	5	3,2	2,5
3,6	19	7,9	6,8
18,5	3,9	19	3
13,2	0,1	10,2	3,5
0,4	6	2	14
0	15	1,2	1,9
26	2	2,3	2,7
15	0,8	13,4	5,6
2	0	13	3,9
0,2	9,5	2,2	5
0,1	1	2,4	18

Cuadrante I	Cuadrante II	Cuadrante III	Cuadrante IV
0	0,2	1,5	3,3
0	0	22	5
0	0	0,4	7
0	0	4	6
0	0	5	19
0	0	19	7
0	0	6	2
0	0	0	20
0	0	18	19
0	0	6	18
0	0	8	5
0	0	6	4
0	0	2	3
132,9	122,3	221,3	221,8

**ANEXO 16: Análisis de los parámetros de evaluación Modulo Cecel Grande 7 (Taiwán)**

ESPACIAMIENTO	Nº- PLUVIOMETROS	PRECIPITACION		COHEFICIENTE UNIFORMIDAD	UNIFORMIDAD DISTRIBUCION	PRECIPITACION MEDIA (mm)	Pluviometría media recogida (mm/h)	Pluviometría media aplicada (mm/h)	PROMEDIO VALORES MAS BAJOS
A 3m	1	13,5	-0,7			6,40	2,13	1,14	13,5
	2	29,5	15,3						
	3	29	14,8	64,3	15,7				
	4	14,2	0						
PROMEDIO	4	<b>21,55</b>	<b>30,8</b>						
A 6m	1	12,5	-1						
	2	8	-5,5						
	3	10	-3,5	80,3	19,7	3,02	1,01		8
	4	13,5	0						
PROMEDIO	4	<b>10,1666667</b>	<b>8</b>						
A 9m	1	10,8	1,50						
	2	7,5	-1,80	29,7	18,1	2,50	0,83		6,1
	3	6,1	-3,20						
	4	9,3	-3,20						
PROMEDIO	4	<b>8,4</b>	<b>23,69</b>						
A 12m	1	14	6,90						
	2	6	-1,10	44,9	0,4	2,02	0,67		0,1
	3	0,1	-7,00						
	4	7,1	0,00						
PROMEDIO	4	<b>6,8</b>	<b>15</b>						
A 15m	1	10	3,00						
	2	8,1	1,10						
	3	5	-2,00						
	4	12	5,00						
	5	1	-6,00	6,6	0,6	1,20	0,40		0,1
	6	0,5	-6,50						



ESPACIAMIENTO	Nº- PLUVIOMETROS	PRECIPITACION		COHEFICIENTE UNIFORMIDAD	UNIFORMIDAD DISTRIBUCION	PRECIPITACION MEDIA (mm)	Pluviometría media recogida (mm/h)	Pluviometría media aplicada (mm/h)	PROMEDIO VALORES MAS BAJOS
	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>-7,00</b>						
	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>-7,00</b>						
	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>-7,00</b>						
	<b>10</b>	<b>0,1</b>	<b>-6,90</b>						
	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>-2,00</b>						
	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>0,00</b>						
PROMEDIO	<b>12</b>	<b>4,1</b>	<b>45,5</b>						
A 17m	<b>1</b>	<b>9,3</b>	<b>3,30</b>						
	<b>2</b>	<b>2,1</b>	<b>-3,90</b>						
	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>-6,00</b>						
	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>-6,00</b>	<b>-26,0</b>	<b>24,1</b>	<b>0,65</b>	<b>0,22</b>		<b>2,1</b>
	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>-6,00</b>						
	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>-6,00</b>						
	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>-6,00</b>						
	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>0,00</b>						
PROMEDIO	<b>8</b>	<b>2,2</b>	<b>21,93</b>						
A 18m	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>-7,50</b>						
	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>-11,50</b>						
	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>-11,50</b>						
	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>-11,50</b>						
	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>-11,50</b>						
	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>-11,50</b>						
	<b>7</b>	<b>0,1</b>	<b>-11,40</b>	<b>-48,7</b>	<b>1,3</b>	<b>0,58</b>	<b>0,19</b>		<b>0,1</b>
	<b>8</b>	<b>11,5</b>	<b>0,00</b>						
PROMEDIO	<b>8</b>	<b>2,0</b>	<b>23,2</b>						
A 21m	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>						
	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7,00</b>	<b>-50,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,52</b>	<b>0,17</b>		<b>7</b>

ESPACIAMIENTO	Nº- PLUVIOMETROS	PRECIPITACION		COHEFICIENTE UNIFORMIDAD	UNIFORMIDAD DISTRIBUCION	PRECIPITACION MEDIA (mm)	Pluviometría media recogida (mm/h)	Pluviometría media aplicada (mm/h)	PROMEDIO VALORES MAS BAJOS
	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>						
	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0,00</b>						
<b>PROMEDIO</b>	<b>4</b>	<b>1,8</b>	<b>10,5</b>						

**ANEXO 17: Análisis de los parámetros de evaluación Modulo Cecel Grande 3 (Senniger).**

ESPACIAMIENTO	Nº- PLUVIOMETROS	PRECIPITACION		COHEFICIENTE UNIFORMIDAD	UNIFORMIDAD DISTRIBUCION	PRECIPITACION MEDIA (mm)	Pluviometría media recogida (mm/h)	Pluviometría media aplicada (mm/h)	PROMEDIO VALORES MAS BAJOS
A 2m	1	7	3,2					0,011	
	2	6	2,2						
	3	7	3,2						
	4	3,8	0						
<b>PROMEDIO</b>	<b>4</b>	<b>5,95</b>	<b>4,3</b>	81,9	16,0	1,77	0,88		3,8
A 3m	1	3	-2,30						
	2	5,8	0,50						
	3	5,8	0,50						
	4	5,3	0,00						
<b>PROMEDIO</b>	<b>4</b>	<b>4,98</b>	<b>3,94</b>	80,2	15,1	1,48	0,74		3
A 4m	1	2,5	-2,5						
	2	5,1	0,1						
	3	7	2						
	4	5	0						

ESPACIAMIENTO	Nº- PLUVIOMETROS	PRECIPITACION		COHEFICIENTE UNIFORMIDAD	UNIFORMIDAD DISTRIBUCION	PRECIPITACION MEDIA (mm)	Pluviometría media recogida (mm/h)	Pluviometría media aplicada (mm/h)	PROMEDIO VALORES MAS BAJOS
PROMEDIO	<b>4</b>	<b>4,9</b>	<b>4,8</b>	75,5	12,8	1,45	0,73		2,5
A 6m	1	2,7	-25,3						
	2	14	-14,0						
	3	26	-2,0						
	4	28	0,0						
PROMEDIO	<b>4</b>	<b>17,68</b>	<b>37,3</b>	47,2	3,8	5,25	2,62		2,7
A 7m	1	2,4	-1,5						
	2	2,3	-1,6						
	3	13,2	9,3						
	4	2	-1,9						
	5	1	-2,9						
	6	2	-1,9						
	7	3,5	-0,4						
	8	3,9	0,0						
PROMEDIO	<b>8</b>	<b>3,79</b>	<b>19,1</b>	37,0	6,6	1,12	0,56		1
A 8m	1	5	-7,0						
	2	16	4,0						
	3	0	-12,0						
	4	12	0,0						
PROMEDIO	<b>4</b>	<b>8,25</b>	<b>23,2</b>	29,7	15,2	2,45	1,22		5
A 10m	1	19	18,9						
	2	22	21,9						
	3	1,5	1,4						

ESPACIAMIENTO	Nº- PLUVIOMETROS	PRECIPITACION		COHEFICIENTE UNIFORMIDAD	UNIFORMIDAD DISTRIBUCION	PRECIPITACION MEDIA (mm)	Pluviometría media recogida (mm/h)	Pluviometría media aplicada (mm/h)	PROMEDIO VALORES MAS BAJOS
	4	0	-0,1						
	5	0	-0,1						
	6	0	-0,1						
	7	0,3	0,2						
	8	19	18,9						
	9	18	17,9						
	10	18	17,9						
	11	10,2	10,1						
	12	0,1	0,0						
<b>PROMEDIO</b>	<b>12</b>	<b>9,01</b>	<b>104,3</b>	3,5	0,3	2,67	1,34		0,1
A 11m	1	7	7,0						
	2	8	8,0						
	3	0,4	0,4						
	4	0	0,0						
<b>PROMEDIO</b>	<b>4</b>	<b>3,85</b>	<b>14,8</b>	3,9	2,6	1,14	0,57		0,4
A 14m	1	3	3,0						
	2	0,1	0,1						
	3	0	0,0						
	4	0	0,0						
	<b>4</b>	<b>0,775</b>	<b>4,5</b>	-45,2	3,2	0,23	0,12		0,1

### ANEXOS 18: Requerimiento Hídrico para el cultivo de pasto.

MESES	ET o diaria (mm)	Prec.m es(mm)	Precip itacion . Efectiva mes (mm).	Precipitacion. Efectiva dia (mm).	Eto mensual (mm)	Requerimiento de reposicion mes (mm).	Requerimiento de reposicion dia (mm).	Kc	Etc mes (mm)	Etc dia (mm)	(Etc -PE)	Au (CC-PMP) *Da* Z (mm)	Lamina neta Au* Umbral (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (dias)	Numero de riegos mes	Lamina bruta (mm)	Lamina a aplicar (mm /m2)	Area a cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego (lt)	Volumen de riego (m <sup>3</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	2,49	75,38	52,77	1,76	77,19	24,42	0,81	1	77,19	2,57	0,81	23,4	9,36	0,6	4	8	15,1	15,1	158500	23928387	23928,39	197332,50
Febrero	3,24	97,58	68,31	2,28	90,72	22,41	0,75	1	90,72	3,02	0,75	23,4	9,36	0,6	3	10	16,7	16,7	158500	26492143	26492,14	256770,00
Marzo	3,14	92,3	64,61	2,15	94,2	29,59	0,99	1	94,2	3,14	0,99	23,4	9,36	0,6	3	10	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	248845,00
Abril	2,91	70,32	49,22	1,64	87,3	38,08	1,27	1	87,3	2,91	1,27	23,4	9,36	0,6	3	9	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	230617,50
Mayo	2,32	90,45	63,32	2,11	69,6	6,29	0,21	1	69,6	2,32	0,21	23,4	9,36	0,6	4	7	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	183860,00
Junio	2,45	80,52	56,36	1,88	73,5	17,14	0,57	1	73,5	2,45	0,57	23,4	9,36	0,6	4	8	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	194162,50
Julio	3,13	18,54	12,98	0,43	93,9	80,92	2,7	1	93,9	3,13	2,7	23,4	9,36	0,6	3	10	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	248052,50
Agosto	2,59	70,11	49,08	1,64	77,7	28,62	0,95	1	77,7	2,59	0,95	23,4	9,36	0,6	4	8	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	205257,50
Septiembre	2,29	5,09	3,56	0,12	68,7	65,14	2,17	1	68,7	2,29	2,17	23,4	9,36	0,6	4	7	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	181482,50
Octubre	2,77	80,01	56,01	1,87	83,1	27,09	0,9	1	83,1	2,77	0,9	23,4	9,36	0,6	3	9	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	219522,50
Noviembre	2,58	87,6	61,32	2,04	77,4	16,08	0,54	1	77,4	2,58	0,54	23,4	9,36	0,6	4	8	15,6	15,6	158500	24726000	24726,00	204465,00
Diciembre	2,48	39,62	27,73	0,92	76,88	49,15	1,64	1	76,88	2,56	1,64	23,4	9,36	0,6	4	8	15,1	15,1	158500	23928387	23928,39	196540,00
TOTAL	32,39	807,52	565,26	18,84	970,19	404,93	13,5	1	970,19			280,8	112,32			104	187,31			<b>29688291,05</b>	<b>296882,92</b>	<b>2566907,50</b>

**ANEXO 19: Requerimiento hídrico para el cultivo de maíz.**

MESES	ETo diaria (m m)	Prec. mes(m m)	Precip itacion. Efecti va mes (mm).	Precip itacion. Efecti va dia (mm).	Eto mensual (mm)	Requeri miento de reposici on mes (mm).	Requeri miento de reposici on dia (mm).	Kc	Etc mes (mm)	Etc dia (mm)	(Etc - PE)	Au (CC- PM P)* Da* Z (mm )	Lamin a neta Au* Umbral (mm)	Efici encia	Frec uencia de Riego (dias )	Num ero de rieg os mes	Lam ina bruta (mm )	Lamin a a aplica r (mm/ m2)	Area a cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego (lt)	Volumen de riego (m <sup>3</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	2,49	75,4	53	1,8	77	24,42	0,81	0,5	37,8	1,3	-0,5	7,8	3,9	0,6	3	10	13	13,3	79000	1053504	1053,50	10217,12
Febrero	3,24	97,6	68	2,3	91	22,41	0,75	0,5	44,5	1,5	-0,8	23,4	11,7	0,6	8	4	43	43,4	79000	3431254	3431,25	13036,65
Marzo	3,14	92,3	65	2,2	94	29,59	0,99	1,2	111	3,7	1,6	31,2	15,6	0,6	4	7	22	20,5	79000	1618107	1618,11	11529,63
Abril	2,91	70,3	49	1,6	87	38,08	1,27	1,2	103	3,4	1,8	31,2	15,6	0,6	5	7	22	20,2	79000	1599031	1599,03	10559,14
Mayo	2,32	90,5	63	2,1	70	6,29	0,21	0,8	52,9	1,8	-0,4	39	19,5	0,6	11	3	43	43,1	79000	3405726	3405,73	9238,43
Junio	2,45	80,5	56	1,9	74	17,14	0,57	0,8	55,9	1,9	-0	39	19,5	0,6	10	3	43	42,8	79000	3379617	3379,62	9681,30
Julio	3,13	18,5	13	0,4	94	80,92	2,7	0,5	46	1,5	1,1	7,8	3,9	0,6	3	12	13	12,2	79000	960972	960,97	11337,26
Agosto	2,59	70,1	49	1,6	78	28,62	0,95	0,5	38,1	1,3	-0,4	23,4	11,7	0,6	9	3	40	40,2	79000	3172855	3172,85	10324,79
Septiembre	2,29	5,09	3,6	0,1	69	65,14	2,17	1,2	81,1	2,7	2,6	31,2	15,6	0,6	6	5	22	19,5	79000	1536587	1536,59	7984,93
Octubre	2,77	80	56	1,9	83	27,09	0,9	1,2	98,1	3,3	1,4	31,2	15,6	0,6	5	6	22	20,6	79000	1629944	1629,94	10245,45
Noviembre	2,58	87,6	61	2	77	16,08	0,54	0,8	58,8	2	-0,1	39	19,5	0,6	10	3	43	42,8	79000	3384862	3384,86	10210,83
Diciembre	2,48	39,6	28	0,9	77	49,15	1,64	0,8	58,4	2	1	39	19,5	0,6	10	3	41	40,4	79000	3188483	3188,48	9553,81
<b>TOTAL</b>	<b>32,4</b>	<b>808</b>	<b>565</b>	<b>19</b>	<b>970</b>	<b>404,93</b>	<b>13,5</b>		<b>786</b>	<b>26</b>		<b>343</b>	<b>172</b>			<b>65</b>	<b>366</b>			<b>28360940,4</b>	<b>28360,94</b>	<b>123919,34</b>

**ANEXOS 20: Requerimiento Hídrico para el cultivo de papa.**

MESES	ETo diaria (mm)	Prec. mes(mm)	Precipitacion Efectiva mes (mm).	Precipitacion Efectiva dia (mm).	Eto mensual (mm)	Requerimiento de reposicion mes (mm).	Requerimiento de reposicion dia (mm).	Kc	Etc mes (mm)	Etc dia (mm)	(Etc - PE)	Au (CC- PM P)* Da* Z (mm)	Lamina neta Au* Umbral (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (dias)	Numero de riegos mes	Lamina bruta (mm)	Lamina a aplicar (mm/ m2)	Area a cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego (lt)	Volumen de riego (m <sup>3</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	2,49	75,4	53	1,8	77	24,42	0,81	0,5	37,8	1,3	-0,5	7,8	3,9	0,6	3	10	13	13,3	79000	1053504	1053,50	10217,12
Febrero	3,24	97,6	68	2,3	91	22,41	0,75	0,5	44,5	1,5	-0,8	23,4	11,7	0,6	8	4	43	43,4	79000	3431254	3431,25	13036,65
Marzo	3,14	92,3	65	2,2	94	29,59	0,99	1,2	111	3,7	1,6	31,2	15,6	0,6	4	7	22	20,5	79000	1618107	1618,11	11529,63
Abril	2,91	70,3	49	1,6	87	38,08	1,27	1,2	103	3,4	1,8	31,2	15,6	0,6	5	7	22	20,2	79000	1599031	1599,03	10559,14
Mayo	2,32	90,5	63	2,1	70	6,29	0,21	0,8	52,9	1,8	-0,4	39	19,5	0,6	11	3	43	43,1	79000	3405726	3405,73	9238,43
Junio	2,45	80,5	56	1,9	74	17,14	0,57	0,8	55,9	1,9	-0	39	19,5	0,6	10	3	43	42,8	79000	3379617	3379,62	9681,30
Julio	3,13	18,5	13	0,4	94	80,92	2,7	0,5	46	1,5	1,1	7,8	3,9	0,6	3	12	13	12,2	79000	960972	960,97	11337,26
Agosto	2,59	70,1	49	1,6	78	28,62	0,95	0,5	38,1	1,3	-0,4	23,4	11,7	0,6	9	3	40	40,2	79000	3172855	3172,85	10324,79
Septiembre	2,29	5,09	3,6	0,1	69	65,14	2,17	1,2	81,1	2,7	2,6	31,2	15,6	0,6	6	5	22	19,5	79000	1536587	1536,59	7984,93
Octubre	2,77	80	56	1,9	83	27,09	0,9	1,2	98,1	3,3	1,4	31,2	15,6	0,6	5	6	22	20,6	79000	1629944	1629,94	10245,45
Noviembre	2,58	87,6	61	2	77	16,08	0,54	0,8	58,8	2	-0,1	39	19,5	0,6	10	3	43	42,8	79000	3384862	3384,86	10210,83
Diciembre	2,48	39,6	28	0,9	77	49,15	1,64	0,8	58,4	2	1	39	19,5	0,6	10	3	41	40,4	79000	3188483	3188,48	9553,81
<b>TOTAL</b>	<b>32,4</b>	<b>808</b>	<b>565</b>	<b>19</b>	<b>970</b>	<b>404,93</b>	<b>13,5</b>		<b>786</b>	<b>26</b>		<b>343</b>	<b>172</b>			<b>65</b>	<b>366</b>			<b>28360940,45</b>	<b>28360,94</b>	<b>123919,34</b>

### ANEXOS 21. Requerimiento Hídrico del cultivo de Hortalizas.

MESES	ETo diaria (mm)	Prec. mes (mm)	Precipitación. Efectiva mes (mm)	Precipitación. Efectiva día (mm).	Eto mensual (mm)	Requerimiento de reposición mes (mm).	Requerimiento de reposición día (mm).	Kc	Etc mes (mm)	Etc día (mm)	(Etc -PE)	Au (CC-PMP)* Da*Z (mm)	Lamina neta Au* Umbral (mm)	Eficiencia	Frecuencia de Riego (días)	Numero de riegos mes	Lamina bruta (mm)	Lamina a aplicar (mm/m <sup>2</sup> )	Area a cultivarse (m <sup>2</sup> )	Volumen de riego (lt)	Volumen de riego (m <sup>3</sup> )	Volumen de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	2,49	75,38	52,77	1,76	77,19	24,42	0,81	0,7	54,03	1,8	0,04	7,8	3,9	0,6	2	14	9	8,9	218000	1949779	1949,78	27013,44
Febrero	3,24	97,58	68,31	2,28	90,72	22,41	0,75	1	86,18	2,87	0,6	15,6	7,8	0,6	3	11	14,7	14,1	218000	3066327	3066,33	33880,56
Marzo	3,14	92,3	64,61	2,15	94,2	29,59	0,99	1	89,49	2,98	0,83	23,4	11,7	0,6	4	8	20,5	19,7	218000	4293942	4293,94	32843,15
Abril	2,91	70,32	49,22	1,64	87,3	38,08	1,27	0,9	78,57	2,62	0,98	31,2	15,6	0,6	6	5	28,9	27,9	218000	6084530	6084,53	30644,97
Mayo	2,32	90,45	63,32	2,11	69,6	6,29	0,21	0,7	48,72	1,62	0,49	7,8	3,9	0,6	2	12	9,3	9,8	218000	2130343	2130,34	26612,9
Junio	2,45	80,52	56,36	1,88	73,5	17,14	0,57	1	69,83	2,33	0,45	15,6	7,8	0,6	3	9	13,7	13,2	218000	2885341	2885,34	25829,35
Julio	3,13	18,54	12,98	0,43	93,9	80,92	2,7	1	89,21	2,97	2,54	23,4	11,7	0,6	4	8	20,5	18	218000	3920821	3920,82	29893,74
Agosto	2,59	70,11	49,08	1,64	77,7	28,62	0,95	0,9	69,93	2,33	0,7	31,2	15,6	0,6	7	4	28,9	28,2	218000	6146246	6146,25	27551,73
Septiembre	2,29	5,09	3,56	0,12	68,7	65,14	2,17	0,7	48,09	1,6	1,48	7,8	3,9	0,6	2	12	9,3	7,8	218000	1700723	1700,72	20971,22
Octubre	2,77	80,01	56,01	1,87	83,1	27,09	0,9	1	78,95	2,63	0,76	15,6	7,8	0,6	3	10	13,7	12,9	218000	2816475	2816,48	28505,98



### ANEXOS 22: Requerimiento Hídrico del cultivo de Cereales.

MESES	ETo diari a (mm)	Prec.m es(mm)	Precipi tacion. Efectiv a mes (mm).	Precipi tacion. Efectiv a día (mm).	Eto mensu al (mm)	Requeri miento de reposicio n mes (mm).	Requeri miento de reposicio n día (mm).	Kc	Etc mes (mm)	Etc día (mm)	(Etc - PE)	Au (CC-PMP)*Da *Z (mm)	Lamin a neta Au* Umbra l (mm)	Efici encia	Frec uenci a de Rieg o (días)	Num ero de riegos mes	Lami na brut a (mm)	Lamin a a aplicar (mm/m 2)	Area a cultiva rse (m <sup>2</sup> )	Volume n de riego (lt)	Volume n de riego (m <sup>3</sup> )	Volume n de riego/mes (m <sup>3</sup> )
Enero	2,49	75,38	52,77	1,76	77,19	24,42	0,81	0,4	30,88	1,03	-0,73	7,80	3,90	0,60	4	8	15,7	16,5	19800	325818	325,82	2579,48
Febrero	3,24	97,58	68,31	2,28	90,72	22,41	0,75	1,2	108,86	3,63	1,35	15,60	7,80	0,60	2	14	11,6	10,3	19800	203053	203,05	2834,00
Marzo	3,14	92,3	64,61	2,15	94,20	29,59	0,99	1,2	113,04	3,77	1,61	23,40	11,70	0,60	3	10	16,3	14,6	19800	289786	289,79	2799,78
Abril	2,91	70,32	49,22	1,64	87,30	38,08	1,27	0,3	21,83	0,73	-0,91	31,20	15,60	0,60	21	1	104,0	104,9	19800	2077283	2077,28	2906,20
Mayo	2,32	90,45	63,32	2,11	69,60	6,29	0,21	0,4	27,84	0,93	-1,18	31,20	15,60	0,60	17	2	65,0	66,2	19800	1310414	1310,41	2338,58
Junio	2,45	80,52	56,36	1,88	73,50	17,14	0,57	1,2	88,20	2,94	1,06	7,80	3,90	0,60	1	23	5,4	4,4	19800	86238	86,24	1950,31
Julio	3,13	18,54	12,98	0,43	93,90	80,92	2,70	1,2	112,68	3,76	3,32	15,60	7,80	0,60	2	14	10,8	7,5	19800	148697	148,70	2148,10
Agosto	2,59	70,11	49,08	1,64	77,70	28,62	0,95	0,3	19,43	0,65	-0,99	23,40	11,70	0,60	18	2	78,0	79,0	19800	1563970	1563,97	2596,59
Septiemb re	2,29	5,09	3,56	0,12	68,70	65,14	2,17	0,4	27,48	0,92	0,80	31,20	15,60	0,60	17	2	65,0	64,2	19800	1271215	1271,21	2239,29
Octubre	2,77	80,01	56,01	1,87	83,10	27,09	0,90	1,2	99,72	3,32	1,46	31,20	15,60	0,60	5	6	21,7	20,2	19800	400149	400,15	2557,88
Noviemb re	2,58	87,6	61,32	2,04	77,40	16,08	0,54	1,2	92,88	3,10	1,05	31,20	15,60	0,60	5	6	21,7	20,6	19800	408170	408,17	2430,18
Diciembr e	2,48	39,62	27,73	0,92	76,88	49,15	1,64	0,3	19,22	0,64	-0,28	31,20	15,60	0,60	24	1	100,6	100,9	19800	1998393	1998,39	2462,12
<b>TOTAL</b>	<b>32,39</b>	<b>807,52</b>	<b>565,26</b>	<b>18,84</b>	<b>970,19</b>	<b>404,93</b>	<b>13,50</b>	<b>9,15</b>	<b>762,05</b>	<b>25,40</b>	<b>6,56</b>	<b>280,80</b>	<b>140,40</b>	<b>7,20</b>	<b>119,88</b>	<b>89</b>	<b>515,81</b>	<b>509,25</b>	<b>237600,00</b>	<b>10083187,83</b>	<b>10083,19</b>	<b>29842,52</b>