

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA LA
COMUNA DE SAN RAMÓN – PROVINCIA DE
COTOPAXI.**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

TNTE. DE E. PACHECO PIEDRA RÓMMEL PATRICIO

SANGOLQUÍ, 15 de Febrero de 2007

EXTRACTO

El Proyecto de Riego por aspersión “San Ramón” se encontrará ubicado en Ecuador, Provincia de Cotopaxi, Cantón de Latacunga, Parroquia Rural de San Francisco de Mulaló, Barrio o Comuna San Ramón que se encuentra ubicada en la Zona Central de la Cordillera de los Andes.

Este proyecto es de carácter socioeconómico ya que permitirá proporcionar a los propietarios de los terrenos de la Comuna San Ramón, el uso adecuado de los recursos hídricos y naturales para aumentar sus ingresos agropecuarios, y por ende sus ingresos económicos.

Los aspersores son parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, el alcance, partes, etc. deben formar parte del estudio técnico antes mencionado.

El primer elemento esencial que ha de calcular el ingeniero encargado de establecer un proyecto de puesta en riego, es el caudal de derivación, o caudal a obtener del manantial natural (río, manantial, lago, etc.) para satisfacer las necesidades de la zona a regar.

Hemos considerado a la alfalfa, como nuestro cultivo patrón, ya que su raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias, razón por la cual requiere mayor cantidad de agua que los diferentes tipo de cultivos usados en dicho sector donde se ejecutará el Proyecto de Riego por Aspersión. Con el tiempo que hemos calculado la entrega de agua en todo el sistema de riego será durante las 12,5 horas de luz que existen en un día (0600 – 1830H), de lunes a sábado, dejando el domingo para mantenimiento del sistema de riego.

ABSTRACT

The Project of Irrigation by aspersin San Ramn to be located in Ecuador, Province of Cotopaxi, Cantn de Latacunga, Rural Parish of San Francisco de Mulal, District or Commune San Ramn who is located in the Central Zone of the Mountain range of the \$andes. This project is of carcter socioeconmico since to allow to provide to the proprietors of lands of the Commune San Ramn, the suitable use of the hdricos and natural resources to increase its econmicos income, and therefore their income farming. The sprinklers are very important part of the equipment of the irrigation by aspersin and therefore the model, type of rain (ms or less pulverized) than produces, the reach, parts, etc. must comprise of the tcnico study before mentioned. The first essential element that is to calculate the engineer in charge to establish a project of putting in irrigation, is the volume of derivacin, or volume to obtain fromthe natural spring (ro, spring, lake, etc.) to satisfy the necessities with the zone to water. We have considered to the alfalfa, as our culture patrnr, since main his raz is pivotante, robust and very developed (up to 5 M.s of length) with numerous races secondary, razn by which requires greater amount of water than different the type from cultures used in this sector where to execute the Project of Irrigation by Aspersin. With time which we have calculated the water delivery in all the system of irrigation to be during the 12.5 hours of light which they exist in gives (0600 1830H), of sbado Monday to, leaving Sunday for maintenance of the irrigation system.

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Tnte. E Pacheco Piedra Rómmel Patricio, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Sangolquí, 15 de Febrero del 2007.

Sr. Ing. Milton Silva
Director

Sr. Ing. Miguel Araque
Codirector

DEDICATORIA

Con todo mi aprecio y cariño dedico este trabajo a nuestro DIOS supremo, quién con su infinita voluntad y sabiduría me ha ayudado a consolidar todos mis éxitos y a dilucidar todos mis fracasos.

A mi Esposa María Belén y a mi Hija Paula Nicole, quienes con mucha paciencia y ternura supieron sobrellevar los sacrificios que se presentaron en estos años de estudio, pero sobre todo sabiendo concebir mis metas trazadas y apoyándolas para que ellas se cumplan.

A mis Padres, Lcdo. Franco Pacheco y Sra. Josefina Esther Piedra quienes con su esfuerzo, tenacidad y perseverancia ha fomentado en mi la creatividad, el espíritu emprendedor, que fortaleciendo mi personalidad a través de valores como la responsabilidad y honorabilidad, ha motivado en mi el deseo ferviente de seguir su ejemplo como profesional, como padre de familia y persona.

A mis Suegros, Ing. Marco Sánchez y Sra. María Antonieta Villacís quienes me han abierto las puertas de su hogar haciéndome sentir parte de él; apoyándome de manera desinteresada en la solución de todos los problemas que se presentaron durante estos años.

A mis hermanos, Shadira, Emilio, Diego, Guadalupe, Paúl, y todos mis sobrinos; quienes con su cariño y apoyo siempre se regocijaron de todas mis metas cumplidas.

A mis amigos y a todas aquellas personas que con su apoyo desinteresado de alguna u otra manera me han ayudado para que yo logre obtener una de mis metas anheladas.

Rómmel Patricio

AGRADECIMIENTO

A mi querida Fuerza Terrestre cuna de Héroes, por haber confiado en mi la responsabilidad de adquirir los conocimientos técnicos que la ayudarán a ser una de las Instituciones más sólidas y confiables de nuestro país.

Y por su intermedio a la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica del Ejército, cuyos decanos, docentes y empleados civiles, han asumido con responsabilidad el desafío de nuestra educación y han puesto a consideración la excelencia en todos nuestros procesos académicos que orientados a una formación integral nos han permitido el accionar en la era del conocimiento, en un mundo globalizado, con características absolutas de interdependencia y donde el talento humano es su principal activo.

Mis más sinceros agradecimientos al Sr. Ing. Milton Silva y al Ing. Miguel Araque Director y Codirector respectivamente, quienes gracias a su contribución y dirección este trabajo a llegado a feliz término.

A la Comuna San Ramón, por permitirme realizar este proyecto que será de gran utilidad para su desarrollo agrícola, social y económico.

Rómmel Patricio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1	Introducción	2
1.2	Descripción General del Proyecto	4
1.3	Ubicación y Límites	8
1.4	Alcance del Estudio	9
1.4.1	La Planificación de los Recursos Hídricos	10
1.4.2	Requerimientos Hídricos de los Cultivos	11
1.5	Tenencia y Uso de la Tierra	11
1.5.1	Reforma Agraria	13

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DISPONIBLE

2.1	Topografía de la Zona de Riego	17
2.2	Estudios de Suelo	18
2.3	Estadísticas Metereológicas e Hidrológicas	23
2.3.1	Propiedades Metereológicas	24
2.3.1.1	Precipitación	25
2.3.1.2	Temperaturas y Heladas	26
2.3.2	Propiedades Hidrológicas	27
2.3.2.1	El Clima	27
2.3.2.2	El Suelo	29
2.3.2.3	Producción de Agua y Regulación	31
2.3.2.4	Evaporación	32
2.3.2.5	Humedad Relativa	33
2.3.2.6	Heliofanía	33

2.3.2.7 Viento	33
----------------	----

CAPÍTULO III: METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

3.1 Estaciones Disponibles	35
3.1.1 Estaciones Metereológicas	35
3.1.2 Observación – Medición	36
3.1.3 Horas de Observación	36
3.1.4 Estaciones Metereológicas y Pluviométricas cercanas a la Zona de Riego	37
3.2 Temperatura	38
3.2.1 La Cosecha en relación con la Temperatura	39
3.2.2 Variación de la Temperatura	42
3.2.3 Temperatura de la Plantas	43
3.2.4 Las Heladas y sus efectos	44
3.2.5 Temperatura de la Zona del Proyecto de Riego	45
3.3 Registro de Precipitaciones	45
3.4 Precipitación Media de la Cuenca	57
3.4.1 La Cuenca Hidrológica	57
3.4.1.1 Caracterización de la Cuenca del Río Cutuchi	58
3.4.2 La Precipitación	59
3.4.2.1 La Precipitación en la Agricultura	59
3.4.2.2 Precipitación Media sobre un Área	61
3.4.2.2.1 Curvas Isoyetas de la Cuenca	62

CAPÍTULO IV: CAUDALES DE CAPTACIÓN

4.1	Caudal de Captación	65
4.2	Aforamiento Directo	66
4.3	Variación de los Caudales en los Puntos de Captación	66
4.3.1	Vertiente Agualongo Grande	69
4.3.2	Vertiente Agualongo Chico	70
4.3.3	Vertiente Quinchibana Grande	71
4.3.4	Vertiente Quinchibana Chico	72
4.3.5	Vertiente Rancho María	73
4.4	Cantidad de Agua Disponible	74

CAPÍTULO V: RIEGO POR ASPERSIÓN

5.1	Riego por Aspersión	76
5.1.1	Presión del Agua	76
5.1.2	Red de Tuberías	77
5.1.3	Aspersores	77
5.1.4	Depósitos del Agua	77
5.1.5	Ventajas del riego por Aspersión	77
5.1.6	Inconvenientes del Riego por Aspersión	78
5.2	Patrón y Plan de Cultivos	79
5.2.1	Plan de Cultivos	79
5.2.2	Patrón de Cultivo	81
5.3	Cálculo del Uso Consuntivo	82
5.3.1	Estimación de la Evapotranspiración por medio de fórmulas	83
5.3.1.1	Método de Blaney – Criddle	84

5.3.1.1.1	Primer Método de Cálculo	84
5.3.1.1.2	Segundo Método de Cálculo	88
5.4	Balance Hídrico (Exceso o deficiencia de Agua)	92
5.4.1	Precipitaciones	92
5.4.2	Aportaciones de la Capa Freática	93
5.4.3	Condensaciones	93
5.4.4	Drenaje en Profundidad	93
5.4.5	Evaporación	93
5.4.6	Escorrentía	93
5.4.7	Agua Transpirada por las Plantas	94
CAPÍTULO VI: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO		
6.1	Diseño de los Aspersores	98
6.1.1	Datos Técnicos	99
6.1.2	Aplicaciones Principales	100
6.2	Determinación de las Líneas de Conducción y Distribución	101
6.2.1	Caudal de Derivación	101
6.2.1.1	Determinación racional del Caudal de Derivación	102
6.2.1.2	Zona de Policultivo	103
6.2.1.3	La Dosis de Riego	104
6.2.1.3.1	El Suelo Depósito Natural	104
6.2.1.3.2	El Agua disponible para las Plantas	104
6.2.1.3.3	Dosis Máxima de Riego	106
6.2.1.3.4	Dosis Práctica	108
6.2.2	Determinación del Diámetro de la Conducción	113

6.2.2.1 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1	120
6.2.2.2 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.2	122
6.2.2.3 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.1	124
6.2.2.4 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.2.1	126
6.2.2.5 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.2.2	128
6.2.2.6 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.2.2.1	130
6.2.2.7 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.2.2.2	132
6.2.2.8 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.2.2.1.1	134
6.2.2.9 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 1.2.2.1.2	136
6.2.2.10 Cálculo del Diámetro de la Tubería del Ramal 2	138
6.2.2.11 Cálculo de las Pérdidas por fricción en la Tuberías de Conducción	140
6.2.3 Cálculo de las Pérdidas totales de energía en la Tubería de Conducción	147
6.2.3.1 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1	149
6.2.3.2 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.2	151
6.2.3.3 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.1	153
6.2.3.4 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.2.1	155
6.2.3.5 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.2.2	157
6.2.3.6 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.2.2.1	159
6.2.3.7 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.2.2.2	161
6.2.3.8 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.2.2.1.1	163
6.2.3.9 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 1.2.2.1.2	165
6.2.3.10 Cálculo de las Pérdidas Menores del Ramal 2	167
6.2.4 La Distribución	169

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DISPONIBLE

Tabla 2.1	Disponibilidad de recursos naturales	25
Tabla 2.2	Temperatura promedio a diferentes alturas	27

CAPITULO III: METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Tabla 3.1	Parámetros que se observan, miden y registran En cada tipo de estación	35
Tabla 3.2	Datos generales de las estaciones metereológicas Y pluviométricas cercanas a la zona del proyecto De riego	38
Tabla 3.3	Datos Metereológicos y pluviométricos de la Estación LATACUNGA (AEREOPUERTO)	47
Tabla 3.4	Datos metereológicos de la estación COTOPAXI (CLIRSEN)	52
Tabla 3.5	Datos pluviométricos de la estación COTOPAXI (CLIRSEN)	54
Tabla 3.6	Datos pluviométricos de la estación GUAYTACAMA	55

CAPITULO IV: CAUDALES DE CAPTACIÓN

Tabla 4.1	Datos obtenidos de la vertiente Agualongo Grande	69
Tabla 4.2	Datos obtenidos de la vertiente Agualongo Chico	70
Tabla 4.3	Datos obtenidos de la vertiente Quinchibana Grande	71
Tabla 4.4	Datos obtenidos de la vertiente Quinchibana Chico	72
Tabla 4.5	Datos obtenidos de la vertiente Rancho María	73
Tabla 4.6	Cantidad de agua recolectada de las vertientes Existentes en la zona	74

CAPITULO V: RIEGO POR ASPERSIÓN

Tabla 5.1	Calendario agrícola de la Provincia de Cotopaxi	80
Tabla 5.2	Profundidad de las raíces de los principales Cultivos	82
Tabla 5.3	Coficiente estacional de uso consuntivo para Definir el cultivo	85
Tabla 5.4	Tanto por ciento de horas de sol diarias (Latitud de 0° a 60° al Norte)	86
Tabla 5.5	Tanto por ciento de horas de sol diarias (Latitud de 0° a 46° al Sur)	86
Tabla 5.6	Cálculo del uso consuntivo por el primer método de Blaney- Criddle	88
Tabla 5.7	Coficiente de desarrollo Kc de la alfalfa para cada mes	90

Tabla 5.8	Cálculo del uso consuntivo por el segundo método de Blaney- Criddle	91
Tabla 5.9	Cálculo del uso consuntivo por el segundo método de Blaney- Criddle con el nuevo coeficiente	92
Tabla 5.10	Balance hídrico de las plantas	92
Tabla 5.11	Balance hídrico mensual para nuestra zona de estudio	95

CAPITULO VI: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

Tabla 6.1	Datos técnicos del aspersor de volumen reducido y Espaciamiento extra ½ “501-U	99
Tabla 6.2	Propiedades físicas de los suelos	105
Tabla 6.3	Cálculo de las dosis máxima y práctica de los Cultivos de nuestra zona	109
Tabla 6.4	Necesidades de los diferentes cultivos que se tienen En la zona de nuestro proyecto	109
Tabla 6.5	Número de riegos mensual para cada cultivo	110
Tabla 6.6	Cuadro del cálculo del caudal de derivación de Enero a Junio	111
Tabla 6.7	Cuadro del cálculo del caudal de derivación de Julio a Diciembre	112
Tabla 6.8	Caudales que deben ser entregados a cada ramal De acuerdo a su área a ser regada	116
Tabla 6.9	Viscosidad cinemática para el agua en función A la temperatura	116
Tabla 6.10	Tamaño de las proyecciones rugosas (E) en m. De acuerdo al tipo de material de la tubería	118
Tabla 6.11	Longitudes de tuberías de conducción y distribución Con su respectivo número de acoples rápidos Y aspersores	118
Tabla 6.12	Cálculo hf crítico de los diferentes ramales del Sistema de riego	119
Tabla 6.13	Coefficiente de rugosidad del Hazen- Williams para Diferentes materiales	141
Tabla 6.14	Diámetro interno real de las tuberías de PVC	141
Tabla 6.15	Presiones de trabajo de las tuberías de PVC	142
Tabla 6.16	Cálculo del diámetro de la tubería de conducción Considerando las pérdidas de fricción	143
Tabla 6.17	Diámetros comerciales de tuberías de PVC Existentes en Plastigama S.A.	144
Tabla 6.18	Diámetros calculados y diámetros Adoptados para las tuberías de conducción	144
Tabla 6.19	Resumen de las diferentes medidas obtenidas y Adoptadas para nuestro sistema	146
Tabla 6.20	Coefficiente de pérdida K para diversas transiciones De tuberías publicado por la CIA. KRANE	148
Tabla 6.21	Coefficientes de contracción para el agua (Dc) Determinado por WEISBACH	148
.Tabla 6.22	Pérdida de energía calculadas críticas	169

Tabla 6.23	Horario semanal de distribución de agua para Nuestro sistema de riego	176
Tabla 6.24	Cálculo de movimientos y tiempos en cada acople Rápido por terreno	177
Tabla 6.25	Dimensiones y características del depósito de Almacenamiento	184
Tabla 6.26	Separación entre puntas según el C.E.C.2000	186

CAPITULO VII: PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE RIEGO

Tabla 7.1	Presupuesto de la línea de conducción	194
Tabla 7.2	Presupuesto de la línea de distribución	194
Tabla 7.3	Presupuesto de las líneas regantes y Aspersores	195
Tabla 7.4	Presupuesto de tanque de almacenamiento Y distribución	195
Tabla 7.5	Presupuesto general del sistema de riego Por aspersión	196

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Figura 1.1	Provincias de la República del Ecuador	2
Figura 1.2	Superficie bajo riego y regada en el sector Público y privado en el Ecuador (1997)	6
	Superficie total bajo riego: 863370 H.	
Figura 1.3	Distrito de riego público (DRP) en Ecuador según tamaño, en 1997.	6
Figura 1.4	Origen de las aguas para riego en Ecuador en 1998.	7
Figura 1.5	Mapa Físico – Político de la Provincia de Cotopaxi (Barrio San Ramón).	8

CAPITULO II: INFORMACIÓN DISPONIBLE

Figura 2.1	Zonificación de la Provincia de Cotopaxi.	18
Figura 2.2	Curvas de retención de agua para los suelos Comunes y para el Andosol inalterado.	19
Figura 2.3	Curva de intensidad duración y frecuencia Para diferentes estaciones de lluvia	28
Figura 2.4	Comparación de diferentes curvas de Conductividad no saturada (Iñiguez, 2003)	30
Figura 2.5	Contenido de agua actual de los suelos de La micro cuenca de Mulalo sobre el tiempo Comparado con la precipitación (Buytaert,2004)	32

CAPITULO III: METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Figura 3.1	Ubicación de las estaciones metereológicas Y pluviométricas cercanas a la zona del proyecto De riego	38
Figura 3.2	Parte norte de la Sub. Cuenca hidrográfica del Río Cutuchi Provincia del Cotopaxi – Ecuador	58
Figura 3.3	Curvas y soyetas de la Cuenca del río Cutuchi	62

CAPITULO IV: CAUDALES DE CAPTACIÓN

Figura 4.1	Aforamiento directo	66
Figura 4.2	Ubicación de las vertientes existentes en la zona Del proyecto	67
Figura 4.3	Vertiente Agualongo Grande	69
Figura 4.4	Vertiente Agualongo Chico	70
Figura 4.5	Vertiente Quinchibana Grande	71
Figura 4.6	Vertiente Quinchibana Chico	72

Figura 4.7	Vertiente Rancho María	73
------------	------------------------	----

CAPITULO V: RIEGO POR ASPERSIÓN

Figura 5.1	Suelo profundo para la raíz de la planta de alfalfa	81
Figura 5.2	Esquema del proceso de evaporación	83
Figura 5.3	Evapotranspiración y las condiciones del clima	84
Figura 5.4	Carta topográfica MULALO CT-ÑIII-E2,3891-I	87
Figura 5.5	Esquema de la variación del coeficiente de cultivo (Kc).	89
Figura 5.6	Gráfica de coeficientes de desarrollo Kc de la alfalfa	90
Figura 5.7	Balance hídrico en la zona del proyecto	96

CAPITULO VI: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

Figura 6.1	Diagrama de un micro aspersor	98
Figura 6.2	aspersor de volumen reducido y Espaciamiento extra $\frac{1}{2}$ "501-U	100
Figura 6.3	Caudal de derivación	102
Figura 6.4	Actividad radicular, y por ciento de la actividad Total, por capas sucesivas de 30 cm. De Profundidad de la alfalfa	107
Figura 6.5	Distribución del caudal de agua diario en la Zona de riego	117
Figura 6.6	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1	121
Figura 6.7	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.2	123
Figura 6.8	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.1	125
Figura 6.9	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.2.1	127
Figura 6.10	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.2.2	129
Figura 6.11	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.2.2.1	131
Figura 6.12	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.2.2.2	133
Figura 6.13	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.2.2.1.1	135
Figura 6.14	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 1.2.2.1.2	137
Figura 6.15	Desarrollo del Diagrama de Moody para el Ramal 2	139
Figura 6.16	Diámetros comerciales adoptados para los Diferentes ramales de circulación del Sistema de riego	145

Figura 6.17	Entrada abocinada	148
Figura 6.18	Contracción Brusca	148
Figura 6.19	Distribución de la subáreas que serán regadas En días independientes con su respectivo Caudal	172
Figura 6.20	Descripción del depósito unicelular	185
Figura 6.21	Dimensiones del depósito unicelular	185

ANEXOS

1. Plano del Diseño del Sistema de Riego por Aspersión
2. Plano del Diseño Estructural del Depósito de Almacenamiento y Distribución.
3. Proforma o Cotización de los Materiales utilizados para el Sistema de Riego por Aspersión de la Empresa ISRARIEGO.

NOMENCLATURA UTILIZADA

FAO

Food and Agriculture Organization (Organización Mundial de Alimentos) ha promovido la aplicación de un sistema de evaluación de tierras. Este concepto tiene como objetivo seleccionar el uso óptimo de cada unidad de tierra a partir de consideraciones físicas, económicas y de uso sostenible.

PÁRAMO

Se define el páramo como el área del país sobre los 3000 m.s.n.m.m. de altitud. Los páramos se encuentran concentrados en una zona continua que comienza en Pichincha y corre hasta Azuay. Hay páramos discontinuos en la sierra norte y sierra sur, pero son de mucho menor extensión.

EVAPOTRANSPIRACIÓN

Es la consideración conjunta de dos procesos diferentes como es la evaporación que es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor desde la superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación, y de las superficies de agua. Y la transpiración que es el fenómeno biológico por lo que las plantas pierden agua a la atmósfera, tomándola a esta a través de sus raíces.

SUELOS ANDOSOLES

El término andosol deriva de los vocablos japoneses "an" que significa negro y "do" que significa suelo, haciendo alusión a su carácter de suelos negros de formaciones volcánicas. El material original lo constituyen, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros productos de eyección volcánica.

Se encuentran en áreas onduladas a montañosas de las regiones húmedas, desde el ártico al trópico, bajo un amplio rango de formaciones vegetales.

PRECIPITACIÓN

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la Tierra por gravedad. Es posible inseminar nubes para inducir la precipitación rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, generando las gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Son los lugares en los cuales se efectúan mediciones u observaciones de uno o varios parámetros meteorológicos. Su instalación, dimensiones y distribución del instrumental para la toma y/o registro de los datos meteorológicos se realizan de acuerdo a normas internacionales establecidas por la OMM (Organización Mundial de Meteorología).

HELADAS

La temperatura letal del frío es el nivel que provoca el congelamiento del tejido de la planta y la interrupción de sus procesos de fotosíntesis y mortalidad. En nuestro medio se alcanza entre las tres y seis de la mañana con temperaturas bajas (menores a 0°C). Debido a fenómenos de clima local, los efectos de las bajas temperaturas son generalmente más severos en las partes bajas y planas de los campos de cultivo.

CUENCA HIDROLÓGICA

La Cuenca Hidrográfica se define como el conjunto de terrenos que drenan el agua proveniente de la precipitación hacia un cauce común. La cuenca hidrográfica es considerada como la unidad básica para estudios hidrológicos.

DIVORIUM ACUARIUM

Se encuentra definida por una línea imaginaria que une los puntos de mayor cota y que solo corta el curso de un río en el punto de interés.

PRECIPITACIÓN

Se denomina precipitación a todos los productos formados por la condensación de vapor atmosférico (lluvia, granizo, neblina, etc.) que caen hacia la superficie terrestre.

La precipitación se mide en mm. de espesor de lámina, esta medición representa el espesor que alcanzaría el agua precipitada si cayera sobre un área horizontal e impermeable.

CURVAS DE ISOYETAS

Las curvas isoyetas pueden brindar una estimación más realista de la precipitación media sobre un área ya que ellas son trazadas considerando la dirección predominante de los vientos y la topografía, ajustándose al terreno.

AFORAMIENTO

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro.

VERTIENTE

Es la pendiente, las laderas y las cuencas que recogen las aguas que vierten en un mismo mar. Por lo general, el término vertiente se emplea para establecer ciertas características comunes de los ríos que desaguan en un mismo mar.

RIEGO POR ASPERSIÓN

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

ASPEROSRES O MICROASPERORES

Son parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, alcance etc.

USO CONSUNTIVO

Comprende la cantidad de agua por unidad de tiempo usada en transpiración, formación de los tejidos de las plantas, evaporación del suelo adyacente y de la nieve, y precipitación interceptada por la vegetación. Dado que la proporción de agua usada en la formación de tejidos es muy pequeña, en relación con la evapotranspiración total, el uso consuntivo se ha supuesto igual a la evapotranspiración

MÉTODO DE BLANEY – CRIDDLE

El método de Blaney – Criddle (1950) fue desarrollado para las condiciones del Oeste de los Estados Unidos, relacionando valores reales (actuales) de uso consuntivo, con la temperatura media mensual t , y el porcentaje mensual de las horas anuales del brillo solar p .

BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico se establece para un lugar y un período dados, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Facilita la determinación de las posibilidades de explotación agraria de una zona, la confección del programa de cultivo de acuerdo con las exigencias climáticas y de mercado; y sienta sólidas bases para el plan de obras hidráulicas a realizarse.

CAUDAL DE DERIVACIÓN

Es un elemento fundamental en el cálculo de las dimensiones de las obras de fábrica que hay que prever y en particular del canal muerto que está encargado de llevarlo a los lugares de utilización.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Representa la característica propia del líquido desechando las fuerzas que genera su movimiento, obteniéndose a través del cociente entre la viscosidad absoluta y la densidad del producto en cuestión. Su unidad es (cm²/seg).

PÉRDIDA POR FRICCIÓN

La pérdida por fricción es muy importante en el diseño de los sistemas de riego, porque influye directamente sobre los costos de funcionamiento - cuanto más alta sea la pérdida por fricción en un sistema, más alta será la potencia necesaria para bombear un determinado volumen de agua. Es decir, la tubería de diámetro pequeño representa mayor consumo de combustible y una unidad motriz de mayor consumo de combustible y una unidad motriz de mayor costo.

PÉRDIDAS MENORES

Este es un nombre mal dado, porque en muchos casos estas pérdidas son más importantes que las debidas al Rozamiento. En casi todos los casos las pérdidas menores se determinan experimentalmente y son dadas por la longitud y los accesorio empleados en un sistema de riego.

MÓDULO DE RIEGO

Es el caudal de agua de que se dispone al regador para verter en el suelo de las parcelas que hay para que estas parcelas reciban la dosis que necesitan.

PERMEABILIDAD DEL SUELO

La permeabilidad se refiere a la velocidad con la que el agua y el aire circulan o se mueven a través de los poros del suelo. En los suelos arenosos son de permeabilidad alta y los arcillosos, de baja permeabilidad. Los mejores suelos para el café son los francos, en los cuales la permeabilidad es moderada

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

RESUMEN:

Hemos dicho que los agricultores podrían ser los guardianes de suelos más importantes en los páramos. Las tecnologías agrícolas utilizadas varían entre sistemas tradicionales extensivos con bajo uso de insumos externos a la finca y con bajos niveles de producción, a sistemas modernos intensivos con alto uso de insumos externos a la finca y con niveles de producción altos. Los sistemas tradicionales tienen que vivir dentro de sus límites ecológicos y como resultado son percibidos como amigables al medio ambiente y sostenibles. Pero, debido al crecimiento demográfico y a la correspondiente minifundización, los sistemas tradicionales han mostrado ser no sostenibles económica y socialmente. Con una frontera agrícola ya cerrada en muchas áreas de los páramos, la opción que queda para el agricultor del páramo es de incrementar el producto físico y financiero de su finca. Esta presión inexorable incentiva al agricultor a cambiarse a los sistemas de mayor producción y consecuentemente ponen en mayor peligro la conservación de los recursos naturales base. El reto de la investigación y desarrollo de los sistemas agrícolas sostenibles es de igualar la amigabilidad ambiental de los sistemas tradicionales logrando a la vez niveles de mayor producción, buscando la sostenibilidad económica y social encontrado en los sistemas agrícolas modernos, a la vez que conservando los recursos naturales.

1.1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población, así como la necesidad de mejorar su nivel de vida, demandan una mayor producción de alimentos en varias partes del mundo, principalmente en América Latina. Con frecuencia el agua, más que el suelo, es el elemento natural que restringe la producción agrícola, por lo que resulta imperativo hacer una planificación eficaz de su aprovechamiento. Para hacer producir la tierra, además de los problemas de financiamiento, la dificultad más común es la falta de información sobre la disponibilidad y demanda del recurso hídrico.

La República del Ecuador se encuentra situada en el noroeste de América del Sur. Su superficie, incluidas las islas Galápagos, es de 256.510 km², que se distribuye en 22 provincias (figura 1.1); éstas se dividen en cantones, de los que existen 214 en el país, y los cantones en parroquias, que se elevan a 1.153, 362 urbanas y 791 rurales.

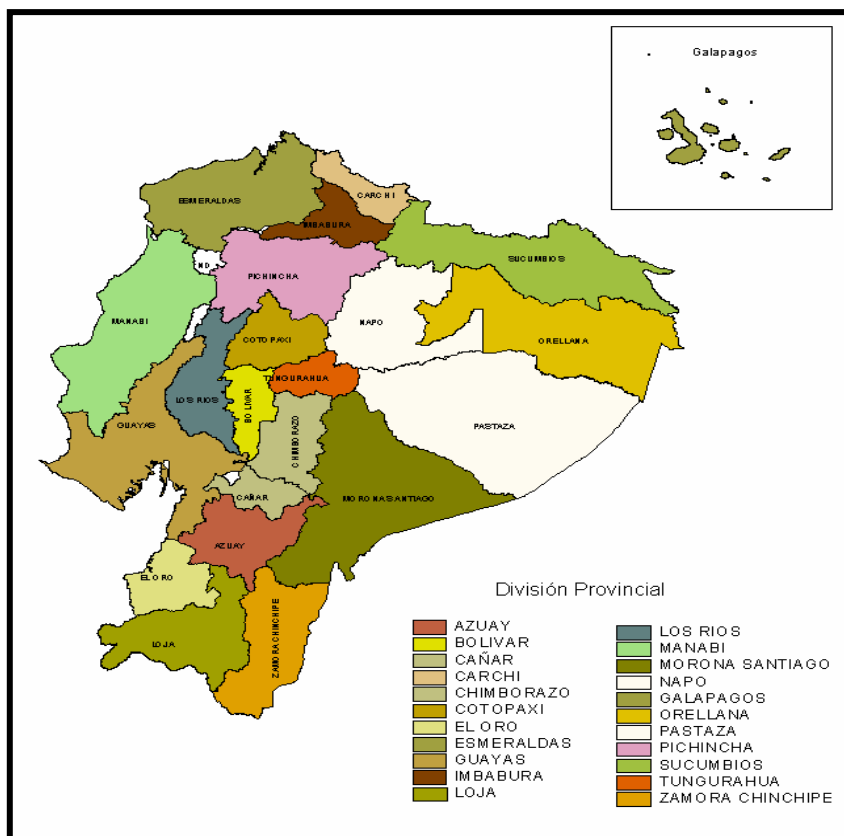


Figura 1.1: Provincias de la República del Ecuador

La Cordillera de Los Andes, que atraviesa el país de norte a sur, divide el Ecuador continental en tres regiones físicas bien definidas: *La Costa*, que cubre el 25% del territorio nacional, compuesta por llanos que se extienden desde el piedemonte de la Cordillera, a una altitud aproximada de 500 m, hasta la costa del Océano Pacífico.

La Sierra, que constituye el 27% de la superficie del país, constituida por una cadena de montañas con multitud de elevaciones de origen volcánico que forman dos ramales, el oriental y el occidental, conectados a intervalos por otros transversales, cuyo conjunto da lugar a amplios valles aislados y llanuras, denominadas hoyas. *El Oriente* o *Amazonía*, que constituye el 45% del país, comienza en la falda este de la Cordillera Oriental y se extiende hasta la frontera con Perú, toda ella dentro de la cuenca del río Amazonas. A estas tres regiones continentales hay que añadir la región insular de *Galápagos*, que supone el restante 3% del territorio, situada al oeste del continente, a una distancia de la costa de 900 a 1.200 km. La ubicación del Ecuador en la zona tórrida del globo terráqueo, la presencia de la Cordillera de los Andes que lo atraviesa y la influencia de las corrientes fría de Humbolt y cálida del Niño, determinan una gran variedad de climas y microclimas. En la Sierra existen dos estaciones climáticas: el invierno (octubre a mayo) y el verano (junio a septiembre), que es la estación seca. La precipitación anual decrece hacia el interior, siendo a veces las medias anuales menores de 300 mm. Por encima de los 2.000 m son frecuentes las heladas, mientras que a partir de los 4.500 las cimas están permanentemente nevadas.

De los 25,5 millones de hectáreas del Ecuador, el 31% aproximadamente es de uso agropecuario. En 1998, la superficie destinada a este uso se repartió de la siguiente manera: el 63% a pastos (5 millones de hectáreas), el 17% a cultivos permanentes (1,4 millones), el 11% a tierras de barbecho (865.000), el 6% a cultivos transitorios (491.000) y el 3% a tierras en descanso (245.000).

Una correcta gestión de los recursos hídricos del Ecuador no es sólo un mandato constitucional establecido en el ámbito más general de la protección de los recursos naturales, sino también una exigencia del desarrollo sustentable del país. En efecto, Ecuador en su conjunto puede considerarse un país privilegiado en materia de recursos hídricos dentro del contexto mundial. El volumen de agua procedente de las precipitaciones que, como media, corresponde a cada ecuatoriano, incluyendo recursos superficiales y subterráneos, es 43.500 m³ anuales, valor bastante más alto que la media mundial -10.800 m³-, y muy superior a los 1.300 m³ por habitante en que hoy se estiman las necesidades a largo plazo de los ecuatorianos. Sin embargo, Ecuador, como la mayoría de los países del mundo, enfrenta numerosos problemas relacionados con los recursos hídricos. A pesar de la abundancia de agua y debido a la irregular distribución espacial y temporal de las lluvias, hay regiones con déficit hídricos, mientras que en otras son frecuentes las inundaciones que provocan daños catastróficos; otro problema de importancia creciente es la contaminación de las aguas, que es la segunda causa de morbilidad nacional; además, la falta de una adecuada estructura institucional dificulta la resolución de los conflictos entre usuarios y sectores de actividad demandantes de agua. En cuanto al riego, la concentración de la propiedad de la tierra va en paralelo con la de las concesiones de agua, en los proyectos públicos de riego no hay medidas específicas de recuperación de costos para los agricultores más débiles económicamente, y hasta el momento el sector público ha atendido parcialmente al riego comunitario y campesino.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

De los 3,1 millones de hectáreas en que se evalúa el potencial de riego del Ecuador, actualmente cuentan con infraestructura de riego aproximadamente 613.000 hectáreas.

Esta última superficie equivale al 34% de la superficie total cultivada en el país (1.798.000 hectáreas); sin embargo, el valor de la producción bajo riego se estima en el 70% de la producción agrícola total, lo que indica que la productividad de las tierras bajo riego es aproximadamente cinco veces superior a la de secano. El riego por superficie se utiliza en el 95% de las superficies regadas en el país, mientras que la aspersión y el riego localizado se han desarrollado especialmente en la costa para cultivos de exportación. Aunque varían mucho según las circunstancias, las necesidades medias de riego se estiman en 13.000 m³/ha/año. El agua de riego proviene fundamentalmente de los recursos hídricos superficiales, que suministran algo más del 99% de la superficie actualmente bajo riego. La información disponible sobre el riego no público, que ocupa alrededor del 81% del total y 174.000 usuarios, es muy deficiente. En líneas generales puede hablarse de dos tipos de explotaciones; por un lado, las que constituyen el denominado simplemente riego particular, cuya extensión puede llegar a miles de hectáreas; por otro el riego comunitario y campesino, cuya producción va dirigida al consumidor de bajo o mediano poder adquisitivo, y cuya extensión representa menor superficie. Algunos estudios han estimado que estos dos modelos de explotación representan sensiblemente cada uno la mitad del regadío particular. Desde el punto de vista del manejo del agua, el riego tecnificado es muy restringido, y sólo está presente normalmente en las empresas agroexportadoras y los regadíos con aguas subterráneas; por el contrario, la mayor parte de la infraestructura de riego, tanto en la Sierra como en la Costa, consiste en una red de acequias, generalmente sin revestimiento y con obras de captación y distribución rudimentarias, con muy baja eficiencia de riego. Los sistemas de riego son lógicamente muy variables en número de usuarios, desde los individuales hasta los que agrupan más de mil usuarios, y en ellos pueden coexistir las haciendas y el riego comunitario y campesino. Los regadíos no

públicos no pagan tarifas de riego, aunque internamente los regantes pagan unas cuotas, extremadamente variables, que financian los gastos de operación y mantenimiento. En muchos casos los usuarios no pagan la cuota en dinero, sino que aportan mano de obra en cantidades establecidas en función de la superficie de cada usuario.

En la figura 1.2 se detalla la superficie total puesta en riego y regada en el año 1997, considerando tanto el sector público como el sector privado.

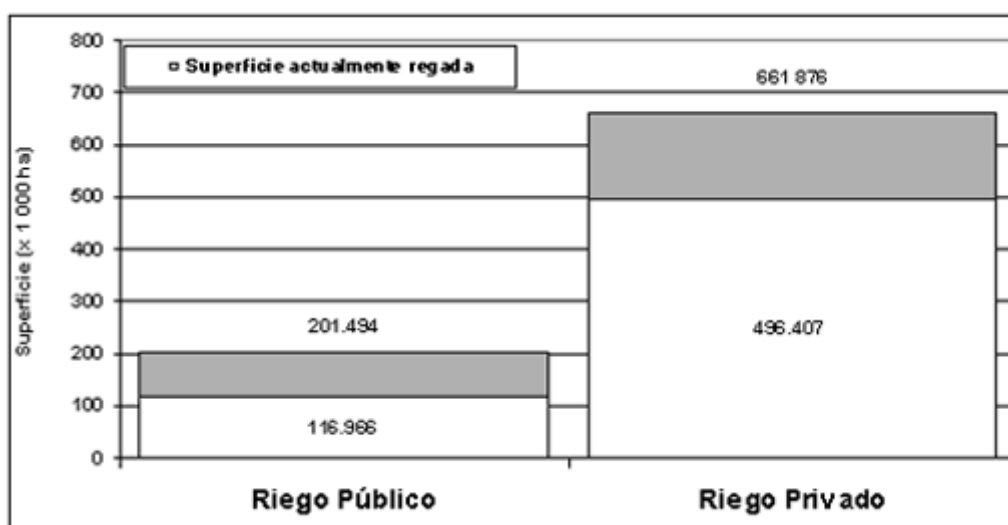


Figura 1.2: Superficie bajo riego y regada en el sector público y privado en Ecuador (1997). Superficie total bajo riego: 863 370 ha.

La información existente más detallada se refiere a los sistemas de riego públicos, en donde se ha tenido una información sistemática (figura 1.3).

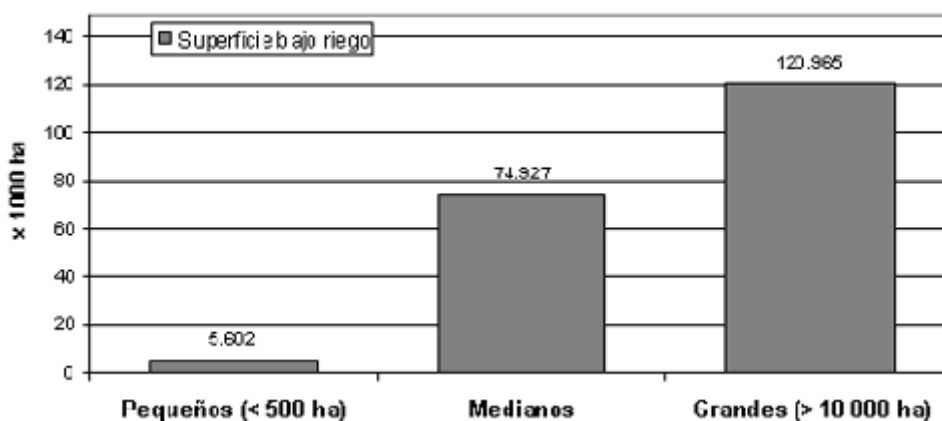


Figura 1.3: Distritos de riego público (DRP) en Ecuador, según tamaño, en 1997.

Sin embargo, el regadío privado no tiene control ni apoyo del Estado para la rehabilitación y mejora de los sistemas, lo que en parte ha determinado que la información sobre su desarrollo sea muy escasa.

El regadío privado, en general, no tiene una operación y mantenimiento adecuados y, en muchos casos, ni el personal ni los recursos para asegurarlos. No obstante, son excepciones los sistemas de las grandes empresas agroexportadoras de la costa y aquellos regadíos que utilizan aguas subterráneas. El agua de riego proviene fundamentalmente de los recursos hídricos superficiales, que suministran algo más del 98 por ciento de la superficie actualmente bajo riego (figura 1.4).

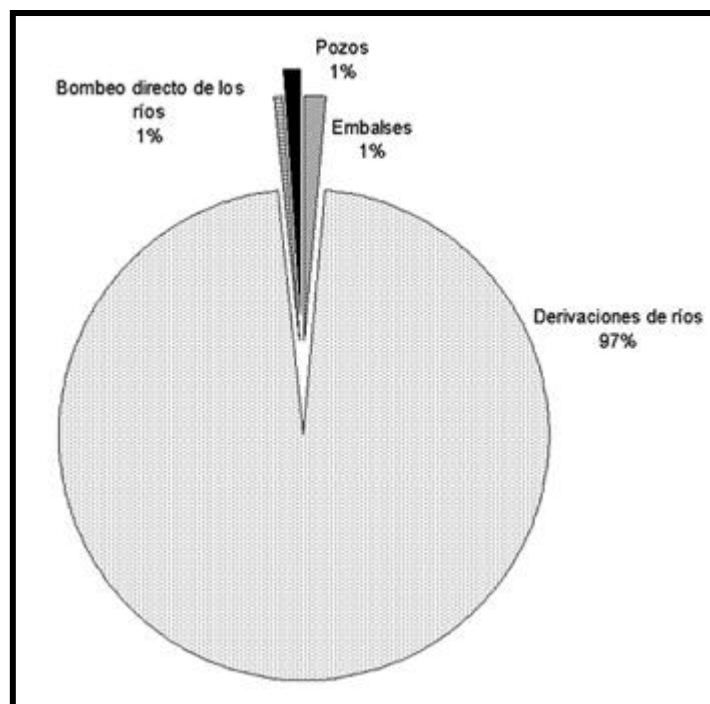


Figura 1.4. Origen de las aguas para riego en Ecuador (1998).

El riego por superficie cubre el 95 por ciento de las superficies regadas en el país. Para el riego de pastos en la sierra se utiliza el riego por surcos, melgas e inundación, mientras que la inundación en el cultivo del arroz y por surcos en caña de azúcar y oleaginosas de ciclo corto es muy utilizado en la costa. La tecnología en el riego por

superficie en las zonas andinas, ha mejorado substancialmente, en especial en el riego de hortalizas, raíces y tubérculos y en el aprovechamiento de suelos con pendientes transversales fuertes, en donde el cultivo en curvas de nivel y fajas es generalizado.

El riego por aspersión y localizado se ha desarrollado especialmente en la costa para cultivos de exportación como banano, flores, hortalizas y frutales; y en la sierra en la producción de pastos, flores, así como en frutales y espárragos, y cultivos de ciclo corto donde la alta rentabilidad de estos cultivos ha inducido a los agricultores a realizar inversiones en las instalaciones.

1.3 UBICACIÓN Y LÍMITES

El Proyecto de Riego por aspersión “San Ramón” se encontrará ubicado en Ecuador, Provincia de Cotopaxi, Cantón de Latacunga, Parroquia Rural de San Francisco de Mulaló, Barrio o Comuna San Ramón que se encuentra ubicada en la Zona Central de la Cordillera de los Andes.

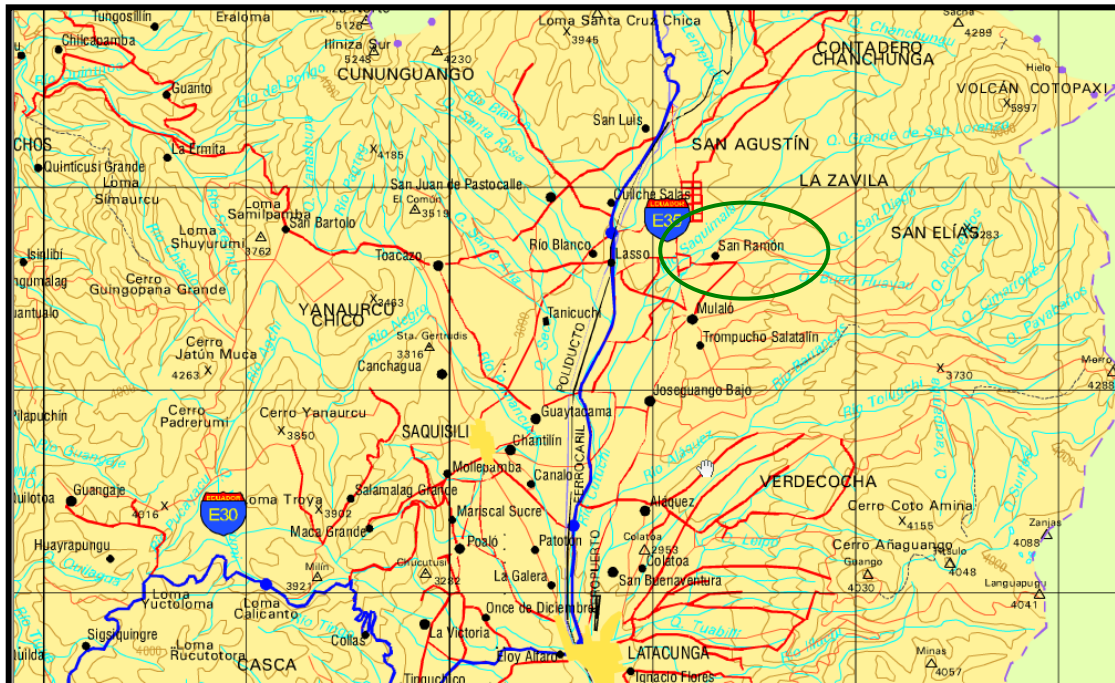


Figura 1.5: Mapa Físico – Político de la Provincia de Cotopaxi (Barrio San Ramón)

Limita al Norte con el Río Saquimala; al Sur con la Parroquia Rural de San Francisco de Mulaló; al Este con la Quebrada de San Diego y el Páramo Ticatilín, y al Oeste con el Camino Real y el Barrio de Lasso.

1.4 ALCANCE DEL ESTUDIO

Las áreas agrícolas del Ecuador generalmente no disponen de información sobre escorrentía; la información climatológica se reduce a algunos registros de precipitación, evaporación y temperatura. De igual forma los requerimientos hídricos de los cultivos no han sido determinados experimentalmente, por lo cual es necesario estimarlos a través del concepto de evapotranspiración potencial o de un cultivo de referencia. El estudio de la escorrentía y de los requerimientos hídricos de los cultivos en estas áreas con poca información es poco preciso, lo que ha traído como consecuencia que se hayan diseñado y construido obras de infraestructura hidráulica con base en estimaciones incorrectas, que han incidido en el incremento de los costos de los sistemas de riego. Al respecto, Hendricks (1994) señala que en la región andina ecuatoriana se han cometido errores técnicos en el diseño de los sistemas de riego, debido a la utilización de métodos importados y obtenidos para otras condiciones naturales, por lo que existe una impresión generalizada de que varios sistemas de riego no han logrado alcanzar los objetivos para los que fueron concebidos.

Esta investigación está orientada a seleccionar y adaptar metodologías sencillas, provenientes de diversas fuentes de información, para la estimación del potencial hidráulico con fines de riego, en pequeñas cuencas, que no cuentan con información hidrométrica y de consumo de agua de los cultivos, como es la Zona Andina del Ecuador y en especial la Zona de la Comuna San Ramón.

1.4.1 LA PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS

Según la FAO (1992), las cuencas hidrográficas constituyen las unidades geográficas idóneas para planificar el desarrollo socioeconómico de una región y el uso racional y sostenido de los recursos naturales básicos: suelo, agua y vegetación. Dentro de ellas, a medida que las presiones de desarrollo y la población aumentan, la planificación de los recursos hidráulicos con fines de riego se ha convertido en un campo de investigación importante. Palacios (1989) señala que esta planificación involucra un balance entre los volúmenes de agua estimados disponibles y los volúmenes necesarios para satisfacer las demandas de los usuarios. Springall (1990) manifiesta que como generalmente no existen estaciones de aforo en cuencas pequeñas, la estimación de los escurrimientos tiene que hacerse, en la mayoría de los casos, mediante métodos empíricos, los cuales utilizan solamente datos de precipitación. Entre los procedimientos más generalizados, flexibles y fáciles de adaptar destacan los métodos de los coeficientes de escurrimiento (SARH, 1978), el del polinomio ecológico (Gómez, 1990) y el del INERHI (1991).

El análisis de lluvias es de importancia fundamental cuando no existen aforos de la corriente que se está analizando. El análisis de los registros de lluvia para estimar la avenida máxima de diseño de una estructura hidráulica, es a través de la caracterización de las tormentas en relación con su periodo de retorno (SARH, 1978). Aunque en la actualidad se dispone de numerosos métodos para estimar las avenidas máximas, ninguno de ellos se ha adoptado unánimemente, lo cual enfatiza la importancia y complejidad del problema hidrológico en la estimación de una avenida, por lo que es necesario estudiar el problema mediante distintos métodos y disponer de una serie de resultados, con base en los cuales y en un proceso de selección y rechazo se podrá definir la magnitud de la avenida estimada con mayor seguridad (Springall, 1968).

1.4.2 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LOS CULTIVOS

En la zona de estudio los requerimientos hídricos de los cultivos no han sido determinados experimentalmente, por lo que se requiere estimarlos mediante el concepto de evapotranspiración potencial o de referencia. Al respecto existen varios métodos empíricos. Uno de los más completos, que considera el balance de energía, es el propuesto por Penman, modificado por Doorenbos y Pruitt (1977); pero al observar que en ciertas condiciones sobrestimaba la evapotranspiración, la FAO (1995) propuso el método de Penman-Monteith como herramienta para estimar la evapotranspiración de los cultivos en zonas en las que se dispone de datos sobre temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y las horas de fuerte insolación o nubosidad (Aguilar *et al.*, 1995). Además, existen varios programas de cómputo que sirven para determinar las demandas hídricas de los cultivos a través del método de Penman-Monteith. Uno de los más utilizados y recomendados por la FAO es el *CROPWAT*, útil para la planificación y el manejo de sistemas de riego (FAO, 1995).

1.5 TENENCIA Y USO DE LA TIERRA

Desde hace 25 años la Organización Mundial de Alimentos (FAO) (1976) ha promovido la aplicación de un sistema de evaluación de tierras. Este concepto tiene como objetivo seleccionar el uso óptimo de cada unidad de tierra a partir de consideraciones físicas, económicas y de uso sostenible. En los principios de evaluación consta que la aptitud de la tierra está clasificada con respecto a su uso; aptitud hace referencia a su uso sostenible. Este sistema incluye una terminología ampliamente utilizada. Primero es la frase, uso de la tierra, definida como la combinación de cultivos o sistema de cultivos con un nivel de tecnología específica y dentro de un marco

socioeconómico. Un conflicto de uso de tierra implica un factor del listado que no cuadra con las normas establecidas.

Profesionales del Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), trabajó durante más de una década en colaboración con el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD), la ex-ORSTOM (Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer) en la aplicación del método FAO en el Ecuador. Entre los resultados están los primeros mapas de suelos del país, mapas de usos actuales, usos recomendados, recomendaciones de zonificación de producción, mapas de riesgos y conflictos de uso y numerosos otros productos en escalas entre 1:50.000, 1:200.000 y otras escalas menores.

En el Ecuador, las necesidades del pequeño agricultor de la sierra, combinadas con las limitaciones del piso ecológico en alternativas al sistema de cultivos actual, implica que grandes extensiones de las laderas tienen conflictos de uso de tierra. En consecuencia, la búsqueda de una agricultura sostenible sin conflictos de uso de tierra, incluye soluciones de cambio de tecnología del sistema de cultivos o cambios al sistema.

Más del 60% de la zona de páramo del Ecuador está clasificada como zona de intervención humana y la gran mayoría está siendo utilizada con fines agropecuarios. Debido a ello, en varios sectores de la sociedad ecuatoriana hay una preocupación por la degradación de los recursos naturales de la zona paramera causada por estos usos. Los sistemas de producción agropecuarios tienen sus fundamentos en el entorno biofísico, tecnológico, económico, político y cultural. Cambios en dichos sistemas pueden ser explicados por la combinación de causas como la integración al mercado, acceso a nuevas tierras, acceso a tecnologías que aumenten la productividad de la tierra, presión poblacional, y degradación de los recursos naturales utilizados por la agricultura.

1.5.1 REFORMA AGRARIA

La estructura agraria actual en el Ecuador refleja los ajustes modernos puestos sobre la estructura creada por los españoles durante la época colonial. Para nuestros intereses, lo esencial de esa estructura es la desigualdad en la distribución de la tierra y la existencia de explotaciones relativamente grandes en las planicies de los valles interandinos y de minifundio en las zonas altas de ladera y páramo. A pesar de los esfuerzos de las reformas agrarias de los años 60s y 70s y del proceso del desarrollo de un mercado de tierras, la situación en el Ecuador sigue siendo de polaridad. Siendo un tema politizado, hay debate sobre la naturaleza de esa polaridad (Camacho y Navas 1993, Ramón 1993, Forster 1989). En su conciso y excelente resumen de la historia de la estructura agraria y las fases de la reforma en la sierra, la Compañía Técnica Agropecuaria (COTECA 1995) resalta algunos puntos claves. Primero, la estructura de hacienda (sea del Estado o de la Iglesia, arrendada a individuos, o del sector privado), utilizaba el sistema de mano de obra forzada conocido como *huasipungo* y llegó a la máxima expansión de su historia en la década de 1930. Esa expansión se debió a la creciente demanda de productos de la costa, al incremento de demanda de los centros poblados de la sierra, a la exportación de cascarilla (*cinchona* para quinina), cueros de res y textiles, a la construcción del ferrocarril que posibilitó un gran movimiento de los productos de las haciendas hacia la costa y finalmente a la caída de producción cacaotera en la costa que fomentó el movimiento de capital de inversión hacia la sierra. La consolidación de tierras por las haciendas con frecuencia implicó despojo de tierras tradicionalmente de los grupos indígenas, forzando su traslado principalmente a zonas parameras (COTECA 1995). Entre los años 1930 y la Reforma Agraria de 1964, las estrategias de producción de un segmento importante de las haciendas serranas cambiaron hacia la producción de leche con nuevas tecnologías.

Esta reorganización de la actividad agropecuaria impulsó una consolidación de tierras para fines lecheras dentro de la hacienda (Barsky y Cosse 1981). El resultado fue el traslado de los *hausipungeros* a tierras que no entran en la lógica de producción lechera. Este fue un segundo impulso de gente hacia arriba. Estos procesos ocurrieron antes de la reforma agraria. Vale la pena mencionar que entre el campesinado, los *hausipungeros* siempre fueron la minoría. Siempre hubo grandes números de campesinos que no tienen relación a la hacienda o simplemente trabajaron en la economía de la hacienda pero sin la relación de *huasipungo*. Con la reforma agraria y colonización se dio un gran impulso a la expansión de la frontera agrícola, agregándose entre seis a ocho millones de hectáreas a la superficie de fincas en el país entre 1954 y 1974. Vale la pena notar que para la sierra, la mayoría de la nueva área de colonización fueron las faldas exteriores de los valles interandinos. COTECA divide el proceso en dos etapas: el periodo 1964-1974 y 1975-1990. En el primer periodo, entre las tierras adjudicadas en la sierra, la mayoría fueron tierras del Estado (177.000 ha de 151 propiedades a 30.247 beneficiarios); en el segundo periodo la cantidad aumentó y las fuentes fueron más diversas entre terrenos del Estado y del sector privado (388.985 ha a 51.891 beneficiarios).

Recibir propiedades adjudicadas. Comunas, cooperativas y otras entidades recibieron tierras en nombre de sus socios. La nueva Ley de Desarrollo Agropecuario de 1994 desató de nuevo discusiones sobre la distribución de la tierra. Varios estudios reclamaron que no hubo cambios significativos de distribución de tierras desde la reforma de 1964. En ese entonces controversial estudio, Camacho y Navas (1993) examinaron más de cerca los patrones de distribución de tierra en tres cantones: cantón Cayambe, cantón Salcedo y cantón Guamote, tres cantones del páramo.

Los resultados señalan, por ejemplo, que fincas con más de 100 ha cubren el 67% de los predios rústicos del cantón Salcedo, mientras que fincas particulares ocupan apenas el

13% de los predios rústicos y las comunas y cooperativas controlan el 54%. A pesar de tener un lugar en la imaginación popular, la hacienda particular estaba en plena minoría. Las estrategias de las comunas y cooperativas han sido examinadas por varios autores. La estrategia más empleada ha sido el reparto de tierras entre los socios. COTECA (1995), Ibarra y Ospina (1994), Camacho y Navas (1993), Bebbington (1990), Forster (1989), y CESA (1987), resaltan que durante los años 1970 y 1980 muchas comunas y cooperativas utilizaron la repartición para aliviar presiones sociales de sus socios.

En resumen, la reforma agraria cambió la estructura agraria en la sierra del Ecuador. El sector hacendado todavía existe pero en mucho menos extensión. La reforma creó un grupo importante de organizaciones y personas con acceso a la tierra, mucho de lo cual fue en las laderas altas de las hoyas interandinas. La estrategia de la reforma de adjudicar tierras para uso comunal resultó en arreglos sociales y productivos entre los campesinos que han sido variables en sus resultados.

CAPÍTULO II

INFORMACIÓN DISPONIBLE

RESUMEN:

El ecosistema páramo ha proporcionado una importante función socio-económica a la comunidad Andina como su principal fuente de agua. Debido a las circunstancias climáticas especiales, los suelos volcánicos poco profundos y porosos con alto contenido de materia orgánica, y su topografía formada por la acción de los glaciares, la hidrología superficial del páramo tiene características extraordinarias. Comparado con cuencas montañosas en otras regiones, los ríos que descienden desde los páramos tienen un flujo base sostenido como un resultado de la elevada capacidad de regulación del agua del páramo. Sin embargo, esta función está amenazada por un incremento de la actividad humana durante los últimos años. Cada vez más, el páramo es usado para pastoreo intensivo de ganado, cultivos de papas y fréjoles y plantaciones de pinos entre otros. Este capítulo se presenta el estado actual de la hidrología del páramo, sus propiedades y vulnerabilidades, dando una visión del estado actual del conocimiento científico de los más importantes factores en la hidrología superficial, es decir: el clima y el suelo y su impacto sobre el comportamiento hidrológico del páramo.

2.1 TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE RIEGO

En un mapa reciente del Proyecto Páramo (2000), se define el páramo como el área del país sobre los 3000 m.s.n.m.m. de altitud. Los páramos se encuentran concentrados en una zona continua que comienza en Pichincha y corre hasta Azuay. Hay páramos discontinuos en la sierra norte y sierra sur, pero son de mucho menor extensión. La mayor zona de intervención humana se encuentra en la hoya interandina de la cuenca alta del río Pastaza, desde el límite entre las provincias de Pichincha y Cotopaxi en el norte y el cantón Guamote en la provincia de Chimborazo en el sur.

La topografía en los páramos consiste de zonas de laderas y planicies. La combinación de altitud, orientación y pendiente crean nichos con buenos o malos suelos y potencial de retención de agua que determinan el potencial de cultivos.

La topografía entra en el cálculo del agricultor igual que el clima y los suelos. Knapp (1991) estima que por la reducción de riesgo de heladas, sembrar en una pendiente es igual a sembrar en una planicie a 200 metros más abajo. Muchos autores notan las relaciones de intercambio contempladas por los agricultores al sembrar en mejores suelos de hondonadas o planicies pero al costo de incrementar riesgos de heladas.

La figura 2.1 presenta esta zonificación para la provincia de Cotopaxi. Las zonas tintadas en gris son las zonas agrarias del páramo y las divisiones son de zonas homogéneas según el sistema agrícola y entorno biofísico encontrado allí. Las áreas punteadas son áreas sin uso agropecuario importante. En este mapa, el área entre zonas 7 de las laderas occidentales interiores y las zonas 4, 5 y 6 de las faldas exteriores está designada como páramo no intervenido. Los siguientes mapas más recientes muestran la conversión de esta área a la agricultura.

La Comuna de San Ramón se encuentra situada en las coordenadas N771088 E9916753 de proyección cartográfica UTM y Datum WGS84 sobre los 3100 m.s.n.m.m. formando

parte del Páramo Andino de la Provincia de Cotopaxi, adoptando las características topográficas de ellos.

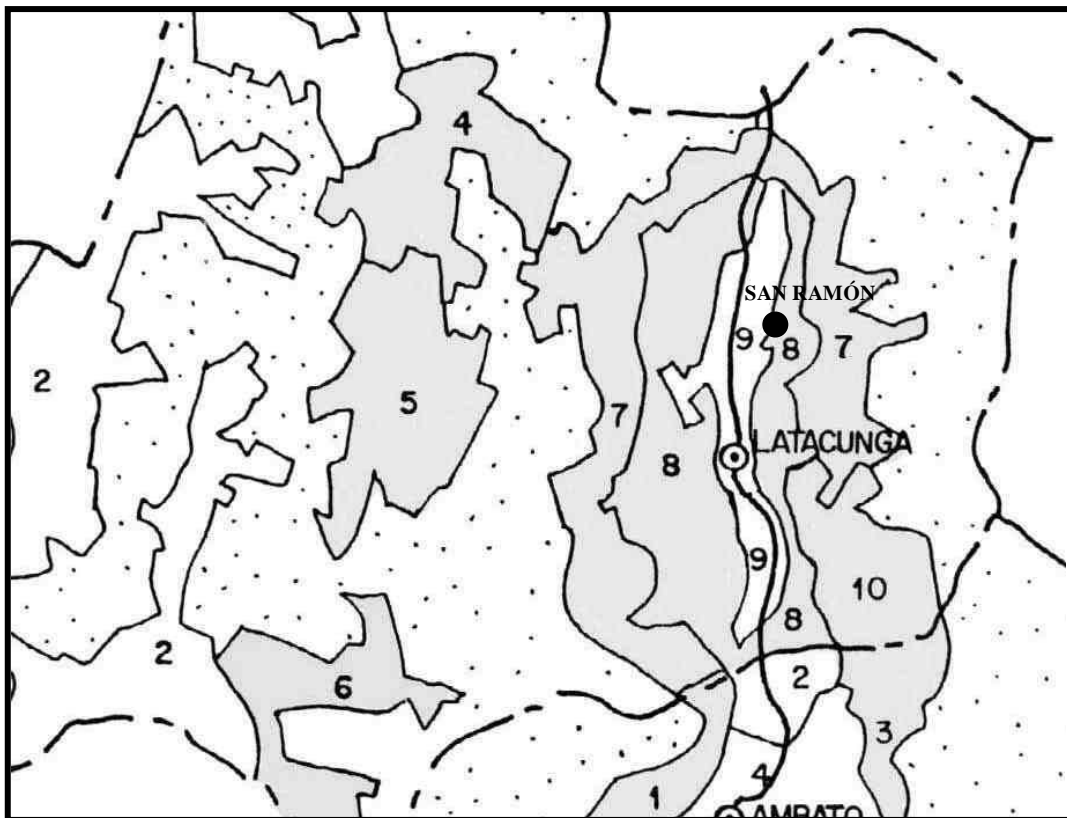


Figura 2.1: Zonificación para la Provincia de Cotopaxi. Las zonas en gris son zonas agrarias en el páramo. Las áreas punteadas son áreas sin uso agropecuario importante.

2.2 ESTUDIOS DE SUELO

A pesar de la compleja geología y topografía, los suelos del páramo son relativamente homogéneos. El tipo de suelo y las propiedades son principalmente determinados por dos factores: 1. El clima, y, 2. La existencia de una capa homogénea de cenizas de erupciones volcánicas del cuaternario (Barberi et al., 1988; Sauer, 1957; Winckell et al., 1991; Buytaert et al., 2005b; Colmet-Daage et al., 1967).

El clima frío y húmedo, y la baja presión atmosférica favorecen la acumulación de la materia orgánica en el suelo. Los suelos son generalmente clasificados como Andosoles en la “World Reference Base for Soil Resources” (FAO/ISRIC/ISSS, 1998), o

Andisoles en la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003). En áreas más saturadas por agua o en zonas con menor influencia volcánica, se desarrollan Histosoles. (Buytaert, 2004). En zonas más empinadas o donde hay afloramientos de roca, son más los Regosoles (Dercon et al., 1998).

El carbón orgánico típicamente está alrededor del 10 % (Poulenard et al., 2003). En sitios húmedos (>900 mm año⁻¹), contenidos de C orgánico por encima del 40 % no son nada raros (Buytaert et al., 2005b; Podwojewski et al., 2002). Como un resultado de la baja densidad aparente y de la estructura abierta y porosa, los suelos del páramo tienen una capacidad de retención de agua muy alta (80-90 % en saturación) (Buytaert, 2004; Iñiguez, 2003). Esto se puede entender mejor cuando se comparan las curvas de retención de humedad de los Andosoles con las correspondientes a los suelos “comunes”, éstos son todos aquellos suelos que están concentrados en el rango comprendido entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos, ver figura 2.2:

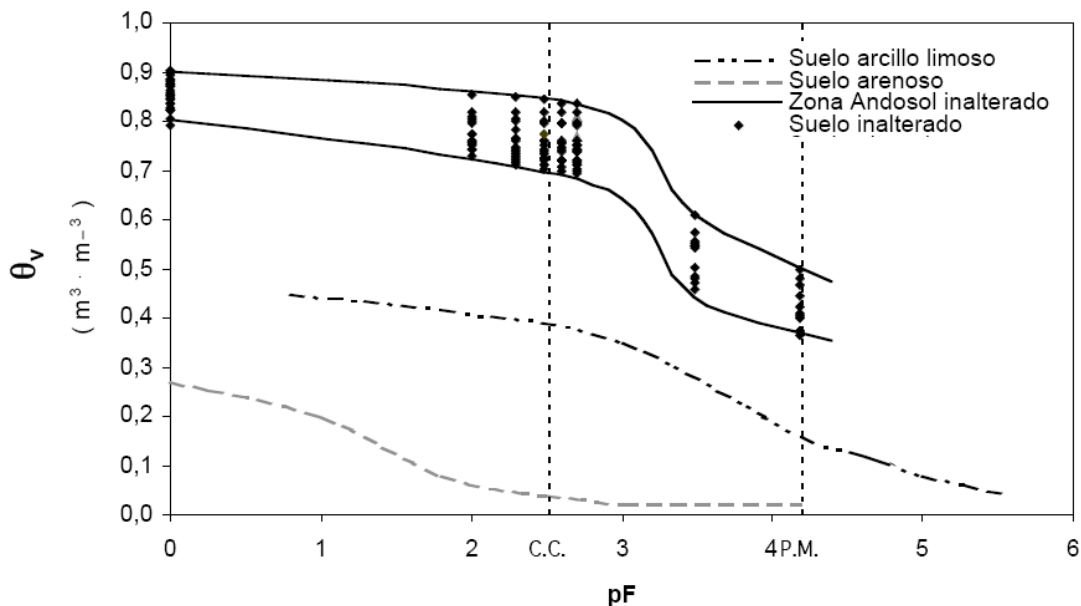


Figura 2.2: Curvas de retención de agua para los suelos comunes y para el Andosol inalterado (pF = 0 saturación, C.C. = capacidad de campo, P.M.= punto de marchitez) (Iñiguez, 2003).

Los suelos del páramo en su mayoría tienen un parentesco con deposiciones de cenizas volcánicas jóvenes sujetas a distintos grados de formación de suelo, erosión y deposición. Los suelos de los páramos del sur tienen deposiciones viejas y formaciones no volcánicas. Podwojewski y Poulénard (2000) nos dan una buena introducción a los suelos del páramo. Los suelos demuestran una multiplicidad de deposiciones con suelos compactos alternando con los suelos negros andinos. En general los niveles de nitrógeno son altos. Los niveles de fósforo disponible son probablemente el factor limitante de la fertilidad, siendo el manejo de la fertilidad uno de los elementos clave de la agricultura de los páramos. La descomposición de materia orgánica en suelos del páramo es lenta debido al frío y a la falta de oxígeno por la altura, y los niveles en el suelo son altos. Con los cultivos, los niveles de materia orgánica caen rápidamente.

Hemos dicho que los agricultores podrían ser los guardianes de suelos más importantes en los páramos. Las tecnologías agrícolas utilizadas varían entre sistemas tradicionales extensivos con bajo uso de insumos externos a la finca y con bajos niveles de producción, a sistemas modernos intensivos con alto uso de insumos externos a la finca y con niveles de producción altos. Los sistemas tradicionales tienen que vivir dentro de sus límites ecológicos y como resultado son percibidos como amigables al medio ambiente y sostenibles. Pero, debido al crecimiento demográfico y a la correspondiente minifundización, los sistemas tradicionales han mostrado ser no sostenibles económica y socialmente. Con una frontera agrícola ya cerrada en muchas áreas de los páramos, la opción que queda para el agricultor del páramo es de incrementar el producto físico y financiero de su finca. Esta presión inexorable incentiva al agricultor a cambiarse a los sistemas de mayor producción y consecuentemente ponen en mayor peligro la conservación de los recursos naturales base. El reto de la investigación y desarrollo de los sistemas agrícolas sostenibles es de igualar la amigabilidad ambiental de los

sistemas tradicionales logrando a la vez niveles de mayor producción, buscando la sostenibilidad económica y social encontrado en los sistemas agrícolas modernos, a la vez que conservando los recursos naturales.

El tema de la degradación de tierras tiene un significado especial en las zonas montañosas del mundo, por las características especiales que allí se encuentran. Las zonas montañosas cuentan con seis características distintas: la inaccesibilidad física, la fragilidad, la marginalidad cultural o económica de los pueblos de las zonas, la diversidad biológica y sociocultural, la presencia de *nichos*, y las adaptaciones de los seres humanos (Yadav 1991). La diversidad de páramos en el Ecuador demuestra las combinaciones de estas características. A manera de definición, las tierras frágiles son aquellas potencialmente sujetas a la degeneración cuando son disturbadas. La fragilidad es conceptualizada en términos de clases de sistemas de uso e intensidad y frecuencia de uso. Por tanto, las laderas y planicies de los páramos no son frágiles por naturaleza, sino que el uso que se les da por la agricultura es lo que las hace frágiles. El concepto de fragilidad está relacionado al de *marginalidad*, pero no es lo mismo. Tierras marginales son aquellas con restricciones significativas y que por tanto requieren manejo especial y/o de baja productividad o accesibilidad (Denevan 1989).

En este documento se trata de la relación que mantiene un agricultor con su tierra y su estrategia de uso. La palabra *tierra*, en el sentido de *suelo*, *tierra firme*, *campo* o *parcela*, tiene docenas de significados. Watcher (1992) compila una listado de conceptos de tierra que se relacionan a nuestros intereses:

- *Espacio*: La tierra se refiere aquí a la superficie en que la vida existe, y tiene implicaciones de ubicación, acceso a mercados y otros aspectos.
- *Naturaleza*: En este sentido la tierra se refiere al medioambiente, condicionada por factores como la luz, lluvia, viento, suelo y topografía.

- *Propiedad*: Este sentido se asume dimensiones de bienes raíces y tiene aspectos legales.
- *Insumo en producción*: Aquí la tierra se refiere al suelo, la matriz donde crecen las plantas que con mano de obra y capital, forman los factores básicos de producción.
- *Bien de consumo*: En casos como parques y espacios de recreación, la tierra tiene un valor como un bien de consumo.
- *Bien de capital*: Además de su valor como un factor de producción, la tierra también puede ser considerada como una clase de capital, especialmente las tierras agrícolas en las que los agricultores han invertido en mejoras.

Este juego de conceptos crea una situación donde un espacio rural puede ser a la vez un bien de consumo para un residente urbano quien valoriza un paisaje bonito, mientras que para un agricultor una propiedad en este espacio rural es en cambio un bien de capital y factor de producción. Quizás para algunos indígenas de la sierra, este espacio rural también sea simplemente naturaleza, como parte de su cosmología. En este enfoque, cuando nos ocupamos de la descripción de estrategias de uso de la tierra, típicamente la definimos como un factor de producción y un bien de capital. Este enfoque no implica que los demás factores no sean importantes, simplemente no son tratados aquí.

En el Ecuador, la conceptualización del problema de degradación de tierras ha pasado por varias fases. Kaarhus (1993) define tres etapas. Primero, en los años sesenta la presión demográfica fue considerada como la culpable de la degradación de la tierra. Las políticas de colonización e industrialización incluyeron el alivio de la presión demográfica rural entre sus justificaciones.

Segundo, en los años setenta la estructura de tenencia bipolar de latifundio-minifundio fue identificada como la fuente del problema. Finalmente llegaron las explicaciones

ecológicas de uso inapropiado sobre la base de la clasificación de uso de tierras hecho por el PRONAREG-ORSTOM. También entre las explicaciones ecológicas están las interpretaciones históricas. Ramón (1994) y de Noni (1986), nos proveen con interpretaciones históricas sobre la degradación de tierras en la sierra basándose en cambios estructurales en el uso de la tierra que comienzan con la llegada de los españoles en el siglo XVI. Los cambios más importantes fueron: el cambio drástico en la tenencia de la tierra, el abandono del concepto de uso de tierra en pisos ecológicos complementarios por el concepto europeo de seco y regadío, la cría masiva de ovinos, la utilización de hombres en actividades fuera de la finca, la imposición de una monocultura comercial, y la división de tierras durante la reforma agraria. La realidad es que la degradación de la tierra probablemente se debe a los tres fenómenos.

2.3 ESTADÍSTICAS METEREOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

Muchas veces a las regiones montañosas se les describe como “las torres de agua del mundo” (Mountain Agenda, 1998). Esta frase está sujeta a debate, pero para los ecosistemas de humedales que se encuentran en las montañas de los Andes altos sobre los 3000 m de altitud, existe poca duda. Directa o indirectamente, proporcionan servicios ambientales a más de 100 millones de personas (IUCN, 2002). Sin duda, el más importante de estos servicios es suministrar agua confiable para uso urbano, para la agricultura y la industria.

A pesar de su importancia como un suministrador de agua, la hidrología del páramo es muy poco entendida. Datos meteorológicos e hidrológicos son casi inexistentes, y la literatura científica es extremadamente escasa.

Es por ello que tomado como referente el estudio realizado al Manejo Integral del Recurso Hídrico y Tratamiento de Aguas Servidas en la Cuenca del Río Cutuchi; de la cual hablaremos en el Capítulo III de este proyecto.

2.3.1 PROPIEDADES METEREOLÓGICAS

Meteorología, entiende el estudio científico de la atmósfera de la Tierra. Incluye el estudio de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas (meteorología sinóptica), el estudio de las propiedades eléctricas, ópticas y otras de la atmósfera (meteorología física); el estudio del clima, las condiciones medias y extremas durante largos periodos de tiempo (climatología), la variación de los elementos meteorológicos cerca del suelo en un área pequeña (micrometeorología) y muchos otros fenómenos. El estudio de las capas más altas de la atmósfera (superiores a los 20 km o los 25 km) suele implicar el uso de técnicas y disciplinas especiales, y recibe el nombre de aeronomía. El término aerología se aplica al estudio de las condiciones atmosféricas a cualquier altura. El páramo consiste de planicies y valles accidentados de origen glacial con una gran variedad de lagunas, pantanos y praderas húmedas.

Como resultado de la poca presencia humana, la calidad del agua es excelente, y los ríos que descienden desde el páramo tienen un alto y sostenido flujo base. Por lo tanto, y porque el agua subterránea es escasa y difícil de explotar, la mayoría de grandes ciudades en el norte de los Andes (p.e.: Bogotá, Quito) dependen del páramo para suministro de agua. Hasta hoy, esto no ha causado problemas graves para el aprovechamiento del agua debido a la abundancia de páramos cercanos a estas ciudades y la alta producción de agua.

En el futuro, los problemas podrían surgir. Un incremento en la población, en el estándar de vida, y en las actividades agrícolas y económicas resultarán en una creciente demanda por agua.

2.3.1.1 PRECIPITACIÓN

Ecuador en su conjunto puede considerarse un país privilegiado en materia de recursos hídricos dentro del contexto mundial. La “escorrentía media total”, es decir el volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces superficiales y subterráneos, supone unos 432.000 Hm³/año, con una escorrentía específica de 1.600 mm/año, muy superior a la media mundial, que es del orden de 300 mm/año. Esta escorrentía supone 43.500 m³ por habitante y año, igualmente superior a la media mundial (10.800 m³) y muy superior, por ejemplo, a la europea (2.700 m³) y a los 1.300 m³ en que hoy se estiman las necesidades a largo plazo.

Sin embargo, estos valores tan favorables deben ser corregidos teniendo en cuenta la irregularidad temporal y la espacial. Con una garantía del 90% y en régimen natural¹, las disponibilidades de agua son los valores que se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Disponibilidad de recursos naturales superficiales

Vertiente	Recursos en régimen natural y garantía del 90% (Hm ³ /año)	m ³ /hab.año
Pacífico	16.843	2.091
Amazonas	129.955	69.906
Total Ecuador continental	146.798	14.809

En la sierra ecuatoriana, la variación espacial de la precipitación está relacionada con la dirección de las laderas y la posición topográfica. Las zonas más secas son los centros de los valles interandinos, mientras que las zonas más húmedas son las faldas exteriores.

¹ Se entiende por régimen natural el que no dispone de obras artificiales de regulación (principalmente embalses) de manera que la regulación es producida por el suelo y el subsuelo.

En varias fuentes, los autores citan una relación positiva entre elevación y precipitación, pero Knapp (1991) asevera que en general la distancia desde el centro del valle interandino y la precipitación es un mejor predicador que la elevación. Los promedios anuales de precipitación pueden cambiar drásticamente en cortas distancias.

La variación temporal de la precipitación cambia según los factores determinantes de la inestabilidad climática. Los patrones de precipitación en la sierra obedecen parcialmente a las influencias de los sistemas de zonas bajas de la costa y del Amazonas y a los vientos y grado de insolación debido a la altitud del sol. Las lluvias llegan con los dos equinoccios y las sequías con los solsticios.

2.3.1.2 TEMPERATURAS Y HELADAS

La temperatura promedio anual baja en 5,7 grados C por cada mil metros de altitud. En áreas secas a la misma altitud, la temperatura es un grado más. La diferencia de temperatura entre día y noche en Quito es de casi 11 grados C. Por el dominio de procesos diurnos, las heladas son casi exclusivamente del tipo radiación. Las noches despejadas facilitan la radiación del calor acumulado durante el día que jala aire frío desde arriba. Frecuentemente hay inversiones térmicas, que generan heladas en el valle y no en las laderas debido al movimiento del aire frío hacia abajo. Los meses de mayor riesgo de las heladas son los de junio - septiembre y enero, que corresponden a meses de sequías (Knapp 1991). La temperatura y heladas definen los cultivos posibles e influyen mucho en la distribución espacial de los cultivos. Las temperaturas promedio más bajas implican que el cultivo demora más en madurar. Más tiempo en la parcela expone el cultivo a más riesgos de plagas, enfermedades y desastres climáticos. Cañadas (1993) nota que los agricultores de los páramos identifican las heladas como a uno de los mayores desastres. Las variedades comunes de maíz, papa y cebada, requieren dos

semanas más de tiempo por cada 100 metros de incremento en altitud del cultivo. Sobre los 3200 metros de altitud, por ejemplo, el maíz puede demorar hasta 11 meses en completar su ciclo vegetativo. Las papas sembradas sobre los 3500 metros de altitud pueden tomar hasta dos meses extras para madurar. Bebbington (1990) registró percepciones de campesinos de Cotopaxi sobre la susceptibilidad a heladas. En orden de mayor susceptibilidad podemos organizar los cultivos de la siguiente forma: maíz > zanahoria > papa > haba > cebolla > cebada. En las estaciones estudiadas para la Subcuenca de Río Cutuchi se observa que la temperatura mínima, a nivel medio mensual, es de 7,4° C, y la máxima, de 14,8° C, con un valor medio de 11,9° C.

Tabla 2.2: Temperatura promedio a diferentes altitudes.

Elevación	Temperatura en °C
Nivel del mar	25.0
500 m	22.5
1000 m	20.0
1500 m	17.5
2000 m	15.0
2500 m	12.5
3000 m	10.0
3500 m	7.5
4000 m	5.0

2.3.2 PROPIEDADES HIDROLÓGICAS

2.3.2.1 EL CLIMA

Una característica común del páramo es la presencia de temperaturas muy frías. La temperatura media a 3500 m está alrededor de 7° C (Buytaert, 2004). Por otro lado, el consumo natural de agua en el páramo es muy bajo, debido a la predominancia de pajonales y de hierbas xerofíticas con características de baja evaporación, a pesar de la

radiación alta a estas altitudes y latitudes. Estimaciones de la evapotranspiración en el páramo están entre 1 y 1.5 mm. día⁻¹ (Hofstede, 1995; Buytaert, 2004). Como consecuencia un gran excedente de agua está disponible para ser evacuado por los ríos que descienden del páramo. La precipitación anual es relativamente alta comparada con zonas más bajas aledañas, pero muy variable (700-3000 mm) (Luteyn, 1992).

Los eventos de lluvia en el páramo son típicamente de frecuencia alta y de baja intensidad (Buytaert et al., 2004), esto se puede ver más claramente si se compara curvas de intensidad-duración-frecuencia para diferentes estaciones de lluvia localizadas a diferentes alturas, ver figura 2.3:

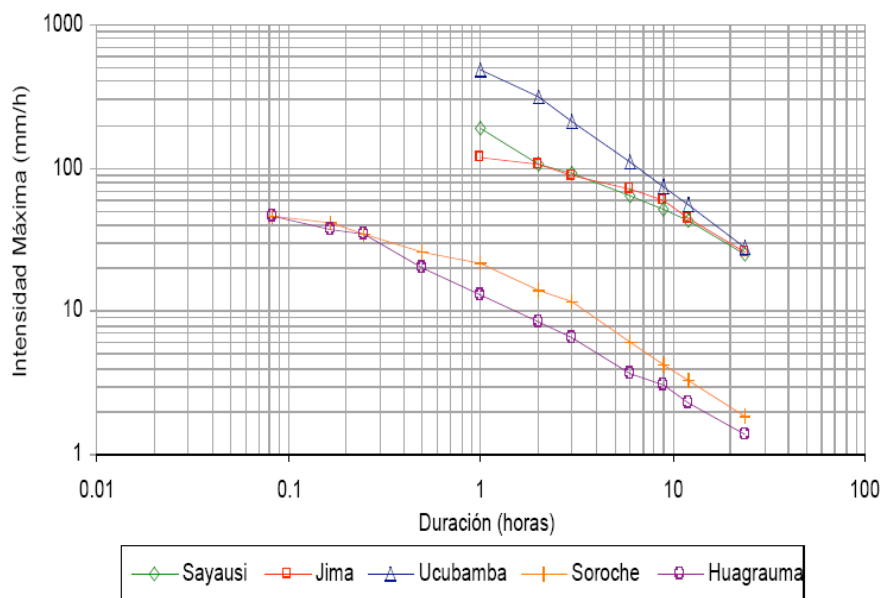


Figura 2.3: Curva de intensidad duración y frecuencia para diferentes estaciones de lluvia. Las estaciones de Soroche y Huagrauma se encuentran sobre los 3500 m s.n.m., a diferencia de las otras que se localizan bajo este nivel (Timbe, 2004).

De la figura 2.3, se observa una extraordinaria diferencia en intensidad de la lluvia (hasta 10 veces menos intenso en el páramo) para una misma duración de tormenta en estaciones ubicadas en el páramo en contraste con las otras estaciones que no se encuentran en el páramo.

El régimen del clima de la cuenca del río Cutuchi corresponde al de la Zona Tropical Ecuatorial con las variaciones propias de la circulación atmosférica. Está influido por los regímenes climáticos occidental y oriental que prevalecen a lo largo del callejón interandino. Estos fenómenos dan origen a diferentes masas de aire, que son las que condicionan el clima. Entre las principales, se distinguen a las masas de aire caliente, muy húmedas con origen en el Océano Pacífico que tienen un desplazamiento hacia el continente. Al ser interceptada por la cordillera, el aire caliente asciende por convección y se enfría adiabáticamente, condensando su humedad y originando precipitaciones. Este fenómeno ocurre sobre la cuenca del Cutuchi entre los meses de octubre a mayo. La conformación orográfica de la cordillera Occidental, al costado oeste de la cuenca, es determinante para que estas masas de aire no tengan una influencia tan marcada en la precipitación y clima de la zona.

Adicionalmente, masas de aire caliente de origen continental provenientes de la amazonía, descargan su humedad en el flanco oriental de la cordillera Central, pero sus efectos invaden el lado este de la cuenca del río Cutuchi. Este efecto es importante en la zona alta de la subcuenca del río Yanayacu, ya que originan lluvias mayores entre los meses de junio a septiembre. Un factor modificador del clima constituye el nivel al que se encuentran ciertas subcuencas altas del proyecto, ya que al encontrarse en cotas superiores a los 3.000 msnm se registra un clima típico de páramo, con precipitaciones medias anuales del orden de 1200 mm y temperaturas extremas que oscilan entre -3 y 12° C.

2.3.2.2 EL SUELO

Aplicando varias técnicas *in situ* y laboratorio (permeámetro de carga constante, método del pozo invertido y tensio-infiltrómetro) para la determinación de la conductividad

hidráulica de los suelos dan resultados similares en el valor promedio y el rango de variación (Buytaert, 2004).

Adicionalmente, la conductividad hidráulica en este caso no saturada (K) cae abruptamente con la aplicación de succiones bajas. En experimentos de campo con el infiltrómetro de tensión, Buytaert et al. (2005a) observó una reducción de la conductividad hidráulica desde 5.3 mm h^{-1} a -3 cm de succión hasta 0.52 mm h^{-1} a -15 cm . Esta es una reducción mucho más brusca que en otros suelos, como se puede observar en la figura 2.4:

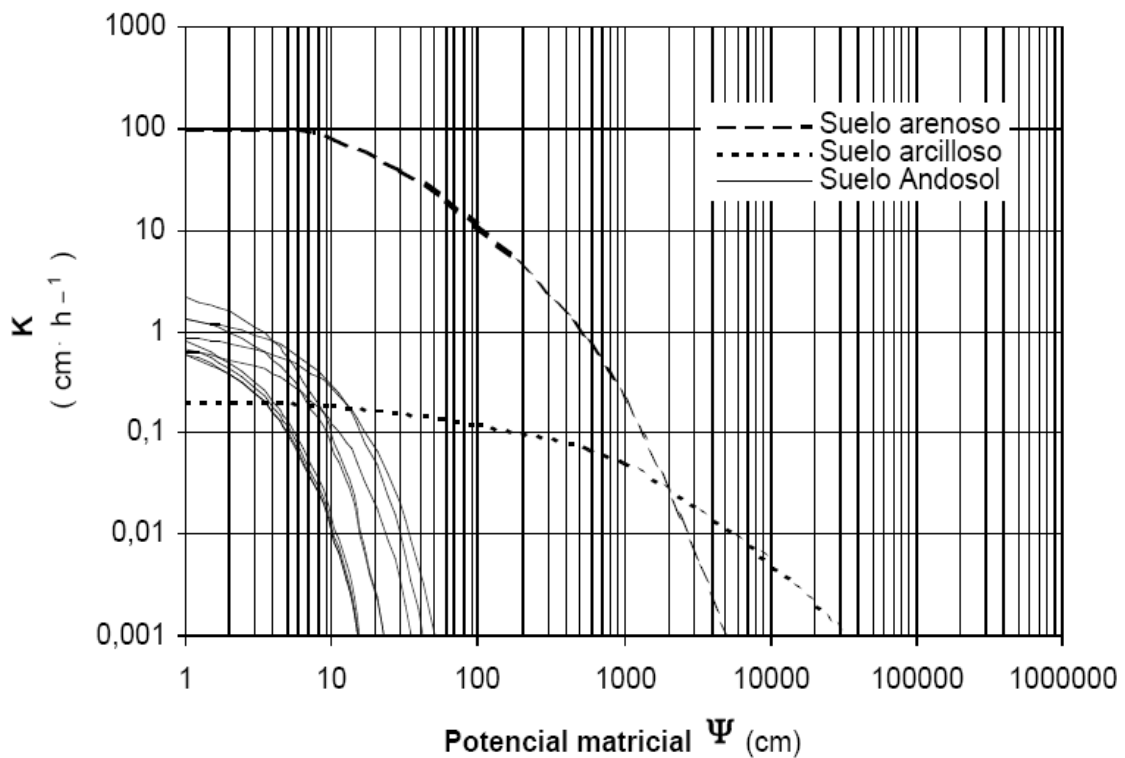


Figura 2.4: Comparación de diferentes curvas de conductividad hidráulica no saturada (Iñiguez, 2003).

Esta característica podría ser la responsable del “*lentamente soltar*” del agua desde el suelo del páramo.

2.3.2.3 PRODUCCIÓN DE AGUA Y REGULACIÓN

Como resultado de la baja evapotranspiración, hay un gran excedente de agua, alimentando los ríos que descienden hacia las regiones costeras y a la cuenca Amazónica. Junto a una alta producción de agua, la capacidad de regulación de agua del páramo es casi legendaria entre agricultores y científicos (Hofstede, 1995; Medina y Vásquez, 2001; Poulenard et al., 2001; Harden, 2001; Sarmiento, 2000; Poulenard et al., 2003; Podwojewski et al., 2002; Luteyn, 1992). De hecho muchos ríos de páramo proveen un flujo base sostenido a través del año (Buytaert et al., 2004). Es improbable que la vegetación predominante, de pajonales y pequeños arbustos, tenga un mayor impacto en la regulación de agua. El flujo base sostenido es atribuido principalmente al clima, la topografía y los suelos.

En la literatura, se da el mayor crédito de la alta regulación de agua a los suelos del páramo (p.e. Medina y Vásquez (2001); Poulenard et al. (2003); Luteyn (1992)). La estructura del suelo muy ligera y porosa y la extraordinaria capacidad de almacenamiento de agua confirman la habilidad del suelo para una buena regulación de agua. En la figura 2.5, se puede observar como la humedad básicamente no varía a pesar de la variabilidad de la lluvia.

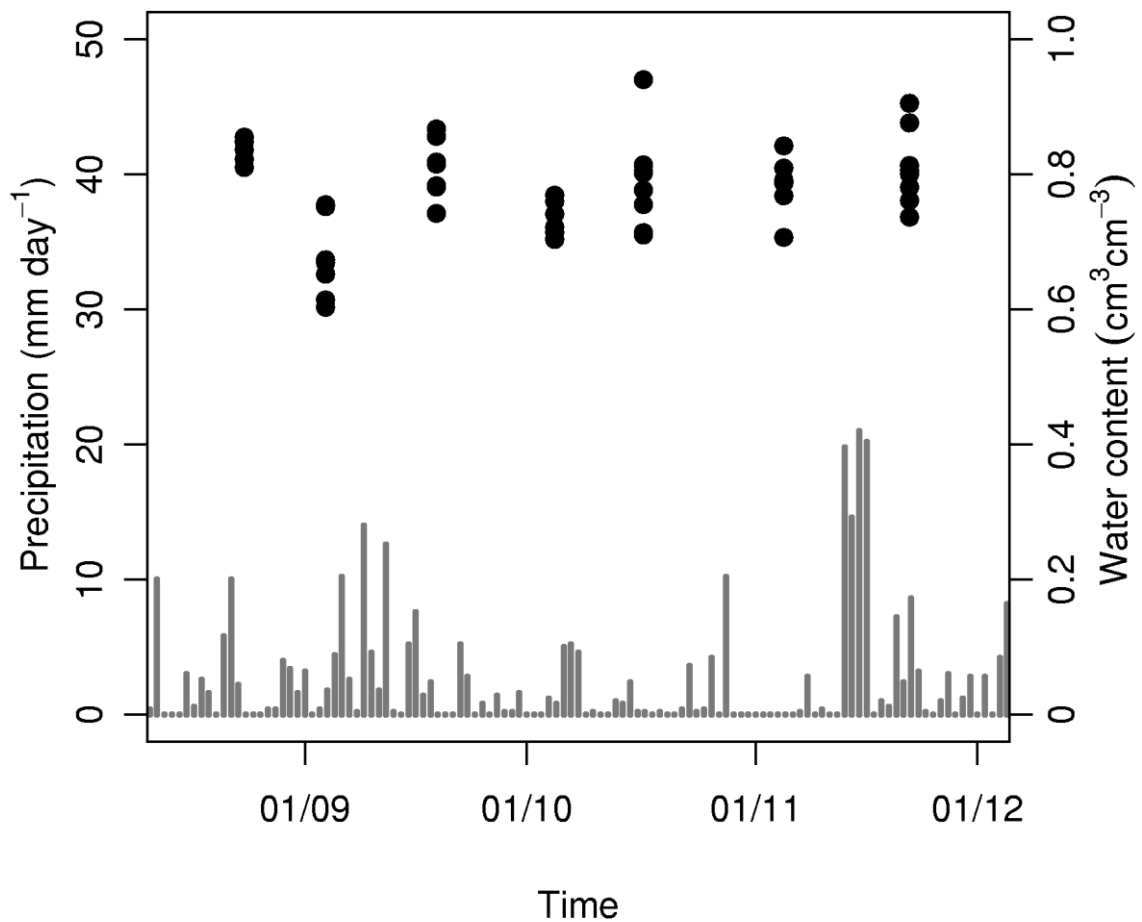


Figura 2.5: Contenido de agua actual de los suelos de la microcuenca de Mulalo sobre el tiempo (*), comparado con la precipitación (barras), (Buytaert , 2004).

2.3.2.4 EVAPORACIÓN

La zona de estudio de la Subcuenca del Río Cutuchi tiene una evaporación media de 1.150 mm anuales. Los máximos valores se presentan en los meses de julio – agosto y de noviembre a enero. La evaporación tiende a disminuir con la altura: variando de 1493 mm en la Estación Rumí pamba en Salcedo a 894 mm en Pisa yambo, que se encuentra a 3.580 msnm.

2.3.2.5 HUMEDAD RELATIVA

La información disponible sobre este parámetro, da una idea general de la distribución de la humedad atmosférica en la cuenca del río Cutuchi, ya que está íntimamente ligada a la pluviosidad y, por lo tanto, a la altitud. Así, en la zona del Cotopaxi la humedad es del orden del 93%, mientras que en la Latacunga es del orden del 74.4%, la variación mensual a lo largo del año no es muy marcada.

2.3.2.6 HELIOFANÍA

Los datos que se disponen de heliofanía están en términos porcentuales de horas de brillo del sol en relación con las horas teóricas de permanencia del sol en el horizonte. En el área de estudio de la Subcuenca del Río Cutuchi, por estar en la zona ecuatorial, no hay variación apreciable.

2.3.2.7 VIENTO

En la Subcuenca del Río Cutuchi de estudio, durante la mayor parte del año, la dirección predominante de los vientos es S y SE, con una velocidad media mensual del orden de los 3.8 km/h.

CAPÍTULO III

METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

RESUMEN:

El área de estudio se localiza en la zona central del Ecuador, emplazada en la región interandina, conformando parte de los Andes Ecuatorianos. Geográficamente se ubica entre las latitudes 9°863.850 a 9°934.490 y las longitudes 740.220 a 797.680. La superficie de la cuenca del Cutuchi, hasta la confluencia con el río Ambato, abarca 2.676.5 km²; cubre parte de la provincia de Cotopaxi, y está limitada, al norte, por el nudo de Tiopullo, al este, por la cordillera Central, al oeste, por la cordillera Occidental y al sur, por la divisoria de aguas que conforma el río Ambato. En conjunto, el área de estudio se caracteriza por tener una superficie con una pendiente media del 8.8%, variando entre pendientes muy bajas hasta muy altas, llegando a un valor máximo del 80%. Un factor modificador del clima constituye el nivel al que se encuentran ciertas subcuencas altas del proyecto, ya que al encontrarse en cotas superiores a los 3.000 msnm se registra un clima típico de páramo, con precipitaciones medias anuales del orden de 1200 mm y temperaturas extremas que oscilan entre -3 y 12° C.

3.1 ESTACIONES DISPONIBLES

3.1.1 ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Son los lugares en los cuales se efectúan mediciones u observaciones de uno o varios parámetros meteorológicos. Su instalación, dimensiones y distribución del instrumental para la toma y/o registro de los datos meteorológicos se realizan de acuerdo a normas internacionales establecidas por la OMM (Organización Mundial de Meteorología).

Existen diferentes tipos de estaciones meteorológicas, cada una de ellas persigue un objetivo específico diferente y sus características e instrumental depende de sus funciones, así se clasifican en: Climatológica, Aeronáutica, Agrometeorológica, Radio Sonda, Pluviométrica, Pluviográfica, Plataforma, Colectora de Datos y Anemográfica.

Los parámetros que se observan, miden y registran en cada tipo de estación, se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Parámetros que se observan, miden y registran en cada tipo de estación.

ESTACIÓN	PARÁMETROS
AGROMETEOROLOGICA	Presión Atmosférica: Barómetro, Microbarógrafo Nubosidad: Nubes bajas: Cantidad, Género y altura sobre el suelo. Nubes medias: Cantidad, Género y altura sobre el suelo. Nubes altas: Cantidad, Género. Cantidad Total Viento: dirección y velocidad Visibilidad horizontal prevaleciente Fenómenos. Precipitación Temperaturas extremas: máxima y mínima Evaporación Anemómetro. Geotemperatura Desnudo 2, 5, 10, 15, 20, 30, 50 y 100 cm. Geotemperatura Mulch 2, 5, 10, 15, 20, 30, 50 y 100 cm. Geotemperatura Césped 2, 5, 10, 15, 20, 30, 50 y 100 cm.
CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	Presión Atmosférica: Barómetro, Microbarógrafo Nubosidad: Nubes bajas: Cantidad, Género y altura sobre el suelo. Nubes medias: Cantidad, Género y altura sobre el suelo. Nubes altas: Cantidad, Género Cantidad Total. Viento: dirección y velocidad Visibilidad horizontal prevaleciente Fenómenos. Precipitación Temperaturas extremas: máxima y mínima

CLIMATOLOGICA ORDINARIA	Temperatura: Máxima y Mínima Termómetro Seco y Húmedo Precipitación Evaporación Anemómetro totalizador. Nubosidad. Viento: dirección y velocidad.
CLIMATOLOGICA ESPECIAL	Temperaturas (caseta a 0.50 mts.) Temperaturas (caseta a 2.00 mts.) Viento (veleta) Geo (Campo desnudo) a 10 y 30 cm. Evaporación (tanque) Anemómetros totalizadores 0.50, 2.00, 4.00 y 6.00 mts.
PLUVIOMETRICA	Precipitación

3.1.2 OBSERVACIÓN-MEDICIÓN

La observación – medición meteorológica es el registro de un conjunto de datos que definen el estado del tiempo en un lugar y en un momento dados, obtenidos en forma ordenada, precisa y confiable. Estos datos deben ser obtenidos, en lo posible, en un tiempo simultáneo.

- Los diferentes parámetros que constituyen la observación se obtienen:
- Por estimación del Observador, rigiéndose a ciertas reglas para el registro de datos.
- Utilizando instrumentos de medida, y
- Por cálculo a partir de datos obtenidos de los instrumentos.

3.1.3 HORAS DE OBSERVACIÓN

Por lo general la observación se inicia diez minutos antes de la hora establecida; la hora de observación depende del tipo de estación y datos requeridos en cada una de ellas, así:

- *Estaciones Agrometeorológicas*, se realizan observaciones horarias entre las 07h00 y las 19h00.
- *Estaciones Climatológicas Principales*, las observaciones son bihorarias.

- *Estaciones Climatológicas Ordinarias*, se registran tres observaciones diarias (07h00, 13h00 y 19h00).
- *Estaciones Pluviométricas*, pueden realizarse observaciones horarias, siendo común (07h00, 13h00 y 19h00), (07h00 y 19h00) o 07h00.

Los datos obtenidos en las diferentes observaciones realizadas en una estación meteorológica, se registran en formularios especialmente diseñados para el efecto, mismos que se convierten en los datos fuente, así mismo las fajas de los instrumentos registradores se constituyen en documentos fuente.

3.1.4 ESTACIONES METEREOLÓGICA Y PLUVIOMÉTRICAS CERCANAS A LA ZONA DE RIEGO

En el Ecuador el INAMHI en calidad de Instituto Rector de la Meteorología e Hidrología, es quien planifica, instala, mantiene y opera la Red¹ Nacional de Estaciones Meteorológicas y Pluviométricas, normaliza las observaciones meteorológicas, así como también archiva los datos de observaciones, realiza el respectivo tratamiento de los datos y los divulga.

De esta Red Nacional de Estaciones Meteorológicas y Pluviométricas hemos elegido tres estaciones disponibles cercanas a la Zona del Proyecto de riego, cuyos datos geográficos, fecha de instalación, ubicación, etc. se encuentran detallados en la tabla 3.2 y figura 3.1.

¹ Red se denomina al conjunto de estaciones meteorológicas equipadas con un mismo tipo de instrumental en las que se realizan las observaciones meteorológicas de acuerdo a metodologías y normas técnicas previamente establecidas por la OMM.

Tabla 3.2: Datos Generales de la Estaciones Meteorológicas y Pluviométricas cercanas a la Zona del Proyecto de Riego.

COD.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO	LATITUD			LAT. 0	LONGITUD			LONG. 0	ALT (m)	FECHA INST.
			GG	MM	SS		GG	MM	SS			
M064	LATACUNGA AEROPUERTO	AR	0	54	48	S	78	36	56	W	2785	540401
M120	COTOPAXI (CLIRSEN)	CP	0	37	9	S	78	34	19	W	3560	620407
M365	GUAYTACAMA	PV	0	49	14	S	78	38	25	W	3075	630501

AR AEROPUERTO
 CP CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL
 PV PLUVIOMÉTRICA

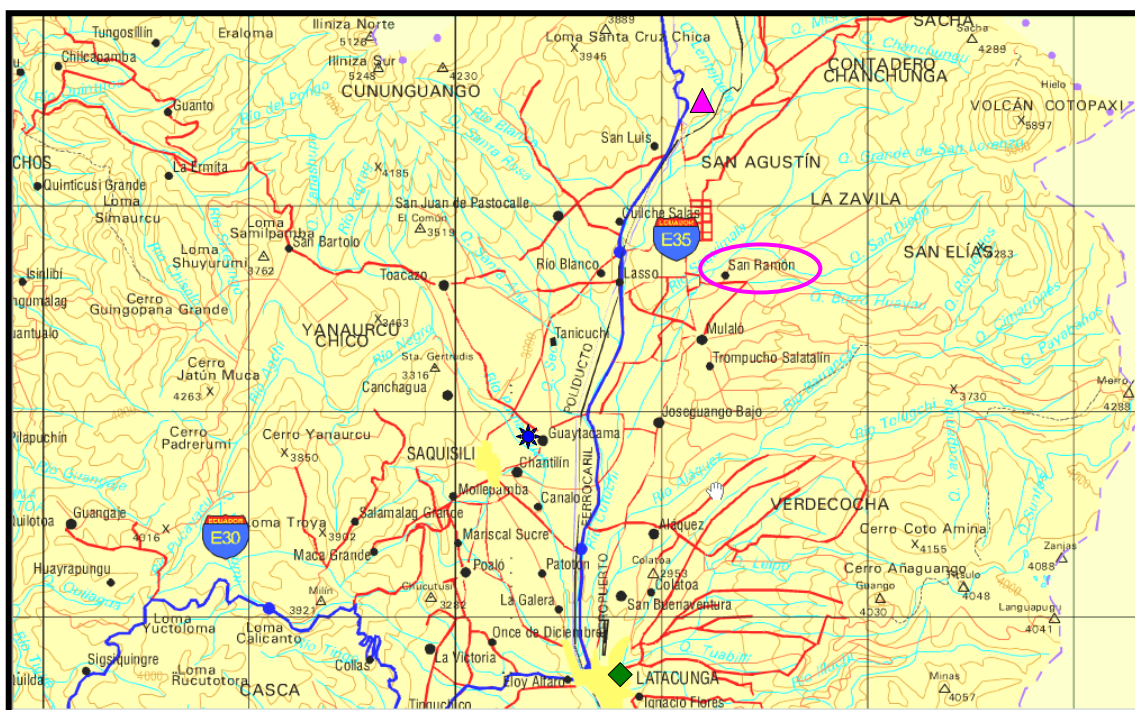


Figura 3.1: Ubicación de la Estaciones Meteorológicas y Pluviométricas cercanas a la Zona del Proyecto de Riego.

3.2 TEMPERATURA

Es un hecho experimental perfectamente conocido la influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas. A diferencia del hombre, cuyo metabolismo le permite mantenerse a una temperatura de 36.5°C independientemente de la temperatura exterior, las plantas, seres vivos más elementales, tienen una temperatura variable

ajustada al aire que los rodea y cada especie vive dentro de ciertos límites que cuando se sobrepasan se marchitan y mueren. Esto se produce en cualquier estado de su evolución y tanto para temperaturas excesivamente altas como bajas.

Esto no quiere decir que las plantas no tengan mecanismos de autodefensa. Si el calor es excesivo, transpira más agua que la que absorben y cierran las estomas para alcanzar el equilibrio, pero si esto no abarquilla las hojas exponiendo el envés más coriáceo y con menos estomas disminuyendo así la superficie expuesta al sol. Aún más, si esto no es suficiente, se apresta a perder hojas para disminuir puntos de pérdida de agua. Hay variedades de trigo que se desprenden de las barbas después de un golpe de calor. En general las plantas se defienden mejor contra la sequía que contra un exceso de agua.

3.2.1 LA COSECHA EN RELACIÓN CON LA TEMPERATURA

La pérdida de la cosecha está muy relacionada con la época que para los agricultores constituye el “susto térmico”. El grano de polen que ha de viajar lleva un equipaje leve y ligero, desprovisto de la capa aislante de grasa por lo que es sensible a los cambios de temperatura, especialmente a las heladas. Los agricultores se ponen a temblar durante las heladas tardías de abril y mayo coincidentes con la época de floración de los cereales, o las de febrero y marzo, mortal para los frutales.

Si las temperaturas son altas aumenta la evaporación y las plantas se deshidratan. Como secuela inmediata, la deseada formación de granos se empobrece y mucho más cuando sopla un viento seco y caliente.

El flujo normal de las sustancias nutrientes hasta el grano maduro se interrumpe sensiblemente y éste se debilita, fenómeno particularmente crítico cuando la sequía y el fuerte calor siguen a una primavera caliente y húmeda en la que se ha producido un desarrollo excesivo de la vegetación.

El "asurado", tan frecuente en las comarcas cerealistas es la consecuencia de las sofocantes olas calor producidas por el viento solano en la época crítica de "llenado de grano", al que arruga y le hace perder peso, aunque hoy en día las nuevas variedades de ciclo más corto eluden este peligro.

Hasta hace poco tiempo se creía que las hojas ejercían un papel fundamental en el desarrollo de la plantas. Esto hoy en día, se encuentra en plena revisión. En una reciente reunión habida en México durante el mes de abril de 1996, los más eminentes fisiólogos de los cereales de invierno han concluido que las hojas de las plantas no ejercen una función trascendental a partir del momento en que alcanzan la altura definitiva, prácticamente en la floración. En experimentos con muestras de trigos se cortaron las hojas dejando intactas las vainas y se observó que plantas llegaban perfectamente a la madurez sin pérdidas aparentes en la cosecha. Previamente los tallos habían sido pintados con un aerosol rojo para evitar la función clorofílica, y poder observar así las zonas verdes restantes configuradas por espiga y barbas.

En la operación de almacenaje es preciso tomar precauciones cuando las temperaturas sobrepasan ciertos valores críticos, digamos los 20 o 25 °C. Entonces la maduración se hace muy rápidamente; por ejemplo al subir la temperatura en los cajones de papas los tubérculos son atacados por ciertos virus, cosa que no sucede a temperaturas normales.

Las temperaturas por debajo de cero grados pueden ser nocivas para gran número de cultivos, especialmente las heladas tardías de primavera cuando las plantas en una explosión de vida y colores están en plena actividad. En el invierno la tierra está en reposo y las bajas temperaturas ocasionan pocos daños. Incluso si son benignas, son favorables al retardar la floración.

La naturaleza es muy sabia, pues con los fríos retrasa el crecimiento de las plantas para evitar las heladas a destiempo. El hombre también hace lo que puede. Por ejemplo, en

los viñedos se poda en verde, la castra y aún la recastra, cortando la vara en crecimiento. Durante un cierto tiempo, muy favorable para los intereses del cultivador, las plantas cicatrizan lentamente la herida y preparan una nueva yema terminal que sustituye a la perdida.

Los cultivos de invierno, al menos en su estado inicial, necesitan temperaturas negativas para que las semillas se enfríen suficientemente. Por ejemplo, el trigo de invierno desarrolla una intensa fotosíntesis a temperaturas por debajo de 0°C. Después de ese estado inicial, aunque el trigo es una planta de gran resistencia, el comportamiento de la temperatura es de la mayor importancia. Si sube en exceso aumenta el ritmo de crecimiento, pero si baja, la planta peligra.

Las heladas si son persistentes en tiempo resultan fatales para la agricultura. Aunque el frío indudablemente es bueno para el enraizamiento, la verdad es que las heladas a destiempo perjudican a los pastos, cultivos hortícolas y en especial a los agríos.

Como vemos la temperatura afecta a todas las plantas. El proceso íntimo que se verifica en el caso de las heladas todavía no se conoce con exactitud. Parece ser que cuando las plantas están expuestas a temperaturas negativas significativas, el agua, en las células y espacios intercelulares se hielan formando cristales de hielo que al actuar como núcleos diminutos de sublimación absorben la humedad de las células. El protoplasma pierde agua, haciéndose más concentrada la savia en todas las células y los cristalitos de hielo aumentan de tamaño al mismo tiempo que se hacen más numerosos ejerciendo una presión creciente sobre las paredes de la célula. La concentración de savia salina aumenta para evitar la congelación de los líquidos del protoplasma. Los constituyentes coloidales del plasma se coagulan y deja de ser impermeable, por lo que al producirse el deshielo posterior el protoplasma se rehidrata rápidamente, se rompe la capa exterior e incluso la propia membrana celular. También puede ocurrir que el agua de la célula al

congelarse rompa toda la pared celular. En cualquier caso, inexorablemente, se alcanza el momento crítico de la muerte.

3.2.2 VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA

La temperatura depende fundamentalmente de tres factores: latitud, longitud y altitud.

De la latitud, debido a que como la inclinación de los rayos solares aumenta con ella, la temperatura desde el Ecuador a los Polos.

De la longitud, pues aunque la inclinación es la misma para todos los puntos de una misma latitud, la distribución de tierras y mares, las diferentes características del terreno y las corrientes oceánicas dan lugar a importantes variaciones.

De la altitud, pues es bien sabido que la temperatura disminuye con la altura.

Por otro lado, la temperatura experimenta grandes variaciones diurnas y anuales. Durante el día se produce un calentamiento y por la noche un enfriamiento. La temperatura máxima no se alcanza en la hora meridiana a las 1200H sino que experimenta un cierto retraso, mayor en verano que en invierno, alcanzando su valor más alto a media tarde. La mínima nocturna tampoco se mide a media noche sino más bien próximo al amanecer.

La amplitud de la oscilación diurna depende de la latitud, época del año, zonas marítimas o continentales, orografía y características climáticas locales. La oscilación disminuye hacia el norte pues mientras en latitudes medias es del orden de 10 a 15°C, hacia los 80° lat. N es sólo de 2 a 5°C.

En invierno debido al acortamiento de los días, la oscilación es pequeña y no sobrepasa los 4°C. En las zonas costeras debido al alto calor específico del agua las oscilaciones diurnas son pequeñas en cualquier época, en cambio en el interior continental puede superar los 30 °C, como sucede en las penínsulas.

La orografía condiciona también a la oscilación. En los valles y zonas bajas donde queda estancado el aire frío es notable la amplitud de la oscilación. En cambio en las cimas es pequeña, pues la ventilación suele ser buena.

Si la helada es en calma el daño se produce en los bajíos, mientras que si hay turbulencia son los altos los que soportan las peores condiciones.

La climatología local también es un factor influyente. En las zonas húmedas peninsulares la oscilación es menor que en las semiáridas. En cuanto a las zonas con bosque, los árboles protegen con su cobertura de la excesiva radiación solar y por la noche reducen el enfriamiento nocturno atenuándose así la *oscilación*. Esta es mucho mayor en las zonas desnudas.

En cuanto a las oscilaciones anuales podrían hacerse consideraciones análogas a las establecidas para las diurnas.

3.2.3 TEMPERATURA DE LAS PLANTAS

Durante el día la temperatura de las plantas es de 1 a 2°C más alta que el aire que las rodea y por la noche de 1 a 2 °C más baja. Esto significa que algunos cultivos tales como las papas, el tomate y los pepinos pueden helarse a temperaturas positivas de 1 a 2 °C en noches claras. En agricultura es mejor tomar el valor de 2 °C como punto de congelación, en vez del de 0 ° C. No debe olvidarse que el agua en este caso es una solución más o menos salina y por ello el riesgo comienza hacia los 2 °C.

La temperatura de las plantas que cubren un determinado campo depende de muchos factores, tales como la densidad vegetal, la época del año y muchos más. En verano las plantas altas actúan como un toldo protector, la temperatura más baja ocurre cerca del suelo y la variación puede ser del orden de 2 °C. En cambio con plantas bajas los rayos solares alcanzan fácilmente la superficie, elevando la temperatura.

3.2.4 LAS HELADAS Y SUS EFECTOS

La temperatura letal del frío es el nivel que provoca el congelamiento del tejido de la planta y la interrupción de sus procesos de fotosíntesis y mortalidad. En nuestro medio se alcanza entre las tres y seis de la mañana con temperaturas bajas (menores a 0°C). Debido a fenómenos de clima local, los efectos de las bajas temperaturas son generalmente más severos en las partes bajas y planas de los campos de cultivo. Hay diversas clases de heladas que causan destrucción irremediable a los cultivos, están son:

- Helada negra ocurre bajo condiciones de aire excesivamente seco (cielo despejado y ausencia de viento).
- Helada blanca, se produce cuando el punto de rocío está por debajo de cero grados centígrados y el rocío al formarse sobre una superficie que causa temperatura igual o inferior a cero grados.

Luego de una helada negra las hojas se marchitan y transforman a un color marrón oscuro. Las partes superiores de la planta se congelan primero. Los daños son más leves durante las primeras etapas del periodo vegetativo. Mientras que en el proceso de floración la pérdida puede ser en un 50% o en un 100% bajando la producción y productividad.

Las heladas blancas producen manchas en las nervaduras con o sin distorsión en las hojas, si las condiciones climáticas son favorables, la planta puede continuar el proceso de crecimiento en forma normal; sin embargo, los daños sufridos persistirán en los cultivos.

Es importante tomar en cuenta las épocas de siembra y la topografía del lote. Cuando se siembra en periodos de alto riesgo hay que evitar lotes con pendientes suaves debido al drenaje de corrientes de aire frío. Algunos agricultores de la sierra queman aserrín o paja al contorno del cultivo. Encender fogatas cerca del lote. Aplicación de agua en el

terreno por riego. Es necesaria la presencia de arbustos en el lote para detener la corriente de la helada.

Se puede predecir que se producirá una helada cuando:

- El cielo se encuentra despejado en la noche anterior con manchas blanquecinas similar a la neblina.
- Se puede detectar mediante termómetros ubicados en las fincas con temperaturas bajas de 0°C.

En época de verano prolongado se presentan las heladas.

Cabe señalar que en nuestro país los meses de enero y febrero son considerados como riesgosos siempre y cuando se presente el intenso verano.

3.2.5 TEMPERATURA DE LA ZONA DEL PROYECTO DE RIEGO

Nuestro clima en el Ecuador es casi paradisíaco, razón principal por la que muchos agricultores, excepto cuando se trata de las aguas de las lluvias, lo dan por hecho y no lo toman en consideración para intentar mejorar la productividad de sus cultivos.

En las estaciones estudiadas cuyos datos se detallan más adelante; se observa que la temperatura mínima, a nivel medio mensual, es de 7,4° C, y la máxima, de 14,8° C, con un valor medio de 11,9° C.

3.3 REGISTRO DE PRECIPITACIONES

La información meteorológica es fundamental para el planeamiento, el diseño, la construcción y el funcionamiento de todas las obras de infraestructura hidráulica, el análisis de fenómenos climáticos adversos, el pronóstico del tiempo; y sirve a todos los sectores socio-económicos del país para su utilización en la formulación, diseño y ejecución de planes, programas y proyectos de desarrollo. Con el fin de contar con esta

información, se han instalado estaciones meteorológicas en diferentes partes del país, constituyendo la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas. Los documentos fuentes generados en los diferentes tipos de estaciones, son evaluados por el Departamento de Informática encargado de procesar los mismos. Los observadores, además de garantizar el buen estado del instrumental, realizan cambio de fajas de los registradores gráficos y efectúan las observaciones sinópticas y climatológicas con la exactitud requerida.

Para nuestro proyecto hemos tomado los datos entregados por el INAMHI de las estaciones meteorológicas y pluviométricas anteriormente detalladas; los cuales se detallan a continuación:

Tabla 3.3: Datos meteorológicos y pluviométricos de la estación LATACUNGA (AEROPUERTO)
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

SERIES DE DATOS METEREOLÓGICOS

NOMBRE: LATACUNGA (AR)

CÓDIGO: M064

LONGITUD: 78°36'56"

PERIODO: 1950 - 2006

LATITUD: 0°54'48"

ALTURA: 2875 m.

AÑO	MES	PRECIPITACIÓN					TEMPERATURA				
		NORMA	MES	% VAR.	MAX. 24 H. FECHA	DIAS RR	MEDIA	MES	ANOMALÍA	MAX. ABS	MIN. ABS
1995	ENERO										
	FEBRERO	55.2	48.2	-13	31.2/05	8	14.2	15.7	1.5	26	1.2
	MARZO	56.8	35.2	-38	7.3/18	15	14.1	15.3	1.2	24.3/8	0.6/16
	ABRIL	71.5	56.7	-21	23.8/14	17	14.1	14.9	0.8	24.5/19	3.6/20
	MAYO	41.4	35.5	-14	8.6/20	16	13.7	14.6	0.9	23	3.7
	JUNIO	26.4	8	-69	5/7	8	13	14.5	1.5	23.5/16	3.4/16
	JULIO	14.3	32.2	125	12.9/20	8	12.7	13.5	0.8	26.6/30	-6/14
	AGOSTO	11.9	10	-15	5.0/16	9	12.7	13.7	1	23.7/10	1.7/4
	SEPTIEMBRE	27.4	5.9	-78	3.2/14	4	13.1	NIL	NIL	22.2/18	.3/7
	OCTUBRE	56.6	109.4	3	37.5/9	14	13.9	NIL	NIL	25.5/13	40/8
	NOVIEMBRE	52	51.5	0	11.7/19	19	14	15.4	1.4	24.7/25	5.1/27
DICIEMBRE	36.2	47.6	31	11.6/16	15	14.2	14.7	0.5	25.5/7	0.2/12	
1996	ENERO										
	FEBRERO										
	MARZO	56.8	66.9	17	27.5/10	17	14.1	14.6	0.5	23.0/30	5.3/18
	ABRIL	71.5	65.9	-7	15.3/12	16	14.1	14.5	0.4	22.4/16	4.0/13
	MAYO										
	JUNIO	26.4	59	123	30.2/26	10	13	13.2	0.2	20.5/26	4.0/26
	JULIO	14.3	5.4	-62	1.2/8	8	12.7	12.6	-0.1	21.4/14	0.3/7
	AGOSTO	11.9	5.4	-54	4.7/10	6	12.7	12.8	0.1	21.9/26	1.8/25
	SEPTIEMBRE	38.7	38.6	0	10.4/20	15	13.1	13.6	0.5	22.6/4	2.1/4
OCTUBRE											

	NOVIEMBRE	53	16.7	-68	12.4/28	4	14	14.8	0.8	26.1/16	0.115789474
	DICIEMBRE	42.8	16.7	-60	4.5/2	7	14.2	14.7	0.5	25.6/28	2.4/20
1997	ENERO	28.5	88.9	211	30.0/2	15	14.2	14.7	0.5	25.6/14	3.1/28
	FEBRERO	53.6	53.6	0	19.0/17	12	14.3	14.6	0.3	23.2/17	6.0/28
	MARZO	59.7	25.7	-56	15.0/18	14	14.1	15.7	1.6	26.0/3	3.2/23
	ABRIL	67.4	68.8	2	20.0/21	16	14.1	14.6	0.5	23.5/15	4.5/4
	MAYO	45.5	7.1	-84	2.0/12	12	13.7	14.7	1	22.7/16	6.8/1
	JUNIO	20.6	23.7	15	9.0/4	11	13.1	14.6	1.5	23.6/10	1.9/21
	JULIO	14.6	1.3	-91	1.0/7	2	14.4	12.9	0.5	22.3/30	.8/10
	AGOSTO	15	2.9	-80	1.5/28	4	12.6	12.7	0.1	22.0/31	0.5/23
	SEPTIEMBRE	34	22.2	-34	8.5/23	7	13.2	14.2	1.2	24.1/22	2.1/30
	OCTUBRE	54.2	36.2	-33	8.6/21	14	13.9	15.2	1.3	25.4/12	2.4/7
	NOVIEMBRE	50.8	57.4	12	8.0/14	16	14.1	14.9	0.8	23.8/13	5.0/10
	DICIEMBRE										
1998	ENERO	31.3	20.6	-35	16.0/8	5	14.2	15.9	1.7	25.3/7	8.0/18
	FEBRERO	53.6	82.7	54	22.4/10	12	14.6	15.8	1.2	24.3/1	4.5/1
	MARZO	57.2	43	-24	11.0/28	16	14.1	16	1.9	25.5/16	8.8/22
	ABRIL	62.8	94.9	51	14.0/25	18	14.1	15.7	1.6	24.1/28	8.4/12
	MAYO	33.6	44	0	18.9/3	12	13.7	15	1.3	22.8/20	2.5/23
	JUNIO	18.3	14.4	-21	3.3/2	12	13.1	13.7	0.6	21.0/10	6.0/10
	JULIO	14.6	15.8	8	6.2/11	15	12.4	13.1	0.7	20.8/7	5.0/8
	AGOSTO	15	10.2	-32	6.0/8	9	12.6	13.9	1.3	23.4/10	3.0/14
	SEPTIEMBRE	34	22.5	-33	14.6/30	9	13.2	13.7	0.5	25.0/27	0.6/2
	OCTUBRE	54.2	30	-44	6.0/23	14	13.9	14.6	0.7	27.4/14	-0.8/14
	NOVIEMBRE	50.8	64.9	27	22.0/3	12	14.1	15.7	1.6	26.7/27	2.4/30
	DICIEMBRE	42.2	23.9	-43	10.0/30	7	14.4	15	0.6	27.2/1	-1.0/23
1999	ENERO	31.3	63.9	104	18.3/8	17	14.2	15.0	0.8	25.0/15	2.3/15
	FEBRERO	50.8	113.2	122	24.8/1	23	14.2	14.2	0.0	23.2/1	4.7/20
	MARZO	57.2	59.1	3	14.7/3	20	14.1	14.7	0.6	24.0/20	4.8/7
	ABRIL	62.8	79.2	26	27.0/26	14	14.1	14.2	0.1	21.5/2	6.0/26
	MAYO	43.6	66.2	51	16.0/11	17	13.7	13.8	0.1	21.3/7	6.2/4

	JUNIO	18.3	59.1	222	9.0/13	20	13.0	13.4	0.4	21.5/19	3.0/25
	JULIO	14.6	3.1	-78	1.4/22	4	12.7	12.9	0.2	21.2/20	2.0/11
	AGOSTO	15.0	23.9	59	11.0/31	9	12.6	12.7	0.1	23.2/20	0.5/22
	SEPTIEMBRE	34	115.3	239	38.0/26	19	13.2	13.2	0.0	21.0/8	4.1/9
	OCTUBRE	54.2	56.7	4	23.0/23	11	13.9	13.5	-0.4	24.6/28	2.2/29
	NOVIEMBRE	50.8	22.9	-54	5.0/4	13	14.1	15.2	1.1	25.3/3	1.4/17
	DICIEMBRE	42.4	100.7	138	25.0/7	18	14.3	15	0.7	24.6/28	4.0/26
2000	ENERO	31.3	56.7	81	9.0/15	17	14.2	14.5	0.3	25.2/4	3.6/8
	FEBRERO	50.8	87.2	71	16.0/29	17	14.3	13.7	-0.6	24.9/12	3.2/14
	MARZO	57.2	101.6	77	15.0/8	20	14.1	14.2	0.1	22.0/10	5.3/18
	ABRIL	62.8	135.7	116	39.0/11	23	14.1	14.1	0.0	21.8/14	5.5/18
	MAYO	43.6	123.9	184	21.0/21	27	13.7	13.8	0.1	21.8/1	3.9/16
	JUNIO	18.3	43.4	137	20.0/16	15	13.1	13.7	0.6	21.2/10	4.0/2
	JULIO	14.6	15.4	5	9.8/20	5	12.7	13.5	0.8	23.5/18	1.0/31
	AGOSTO	15.0	19.8	32	9.0/3	9	12.7	13.0	0.3	22.3/29	-0.1/30
	SEPTIEMBRE	34	110.6	225	24.0/3	17	13.1	13.6	0.5	21.0/8	4.1/9
	OCTUBRE	54.2	12.0	-77	6.0/27	7	13.9	14.4	0.5	27.0/24	-1.2/26
	NOVIEMBRE	50.8	12.8	-74	3.5/16	8	14.0	15.2	1.2	27.6/6	-0.5/12
	DICIEMBRE	42.2	28.8	-31	12.9/27	10	14.2	14.7	0.5	26.2/17	1.8/16
2001	ENERO	31.3	54.5	74	9.8/5	16	14.1	14.2	0.1	25.0/5	3.5/15
	FEBRERO	50.8	34.8	-31	22.0/21	9	14.2	14.9	0.7	25.2/2	4.5/15
	MARZO	57.2	57.9	1	16.0/14	16	14.1	14.4	0.3	25.1/14	7.0/11
	ABRIL	62.8	48.9	-22	20.0/21	11	14.1	14.7	0.6	24.0/22	4.0/10
	MAYO	43.6	27.9	-36	10.0/10	13	13.7	14.0	0.3	22.2/16	4.3/25
	JUNIO	18.3	14.7	-19	2.3/9	12	13.0	13.4	0.4	21.8/16	1.3/2
	JULIO	14.6	18.3	25	4.0/28	11	12.7	12.3	0.9	21.6/17	4.2/27
	AGOSTO	15.0	2.3	-84	0.6/9	6	12.7	12.9	0.2	22.5/20	1.0/24
	SEPTIEMBRE	32.9	27.9	-15	11.0/18	11	13.1	13.3	0.2	13.5/27	2.0/16
	OCTUBRE	54.9	14.3	-73	11.0/20	5	13.9	15.6	1.7	27.9/30	1.6/31
	NOVIEMBRE	50.4	50.5	0	15.0/29	12	14.0	15.0	1.0	28.5/4	0.5/4
	DICIEMBRE	40.7	68.9	69	12.0/29	20	14.2	15.8	1.6	26.4/31	3.2/2
2002	ENERO	33.4	27.6	-17	7.5/2	10	14.4	15.2	0.8	24.9/5	1.5/16

	FEBRERO	55.7	32.6	-41	13.0/14	11	14.3	15.3	1.0	26.4/9	3.5/8
	MARZO	53.3	56.9	2	14.0/8	17	14.3	15.2	0.9	24.0/27	5.7/22
	ABRIL	63.9	113.9	78	16.0/25	19	14.2	15.1	0.9	26.0/12	4.6/12
	MAYO	43.5	48.7	11	14.0/25	10	13.9	14.6	0.7	24.0/18	5.0/3
	JUNIO	19.4	22.3	14	7.0/10	10	13.2	12.9	-0.3	22.0/28	3.5/13
	JULIO	14.3	4.7	-67	2.0/24	6	12.7	14.2	1.5	22.4/9	5.4/4
	AGOSTO	14.0	9.4	-32	3.2/31	4	12.7	13.0	0.3	24.0/29	0.4/10
	SEPTIEMBRE	32.9	1.5	-85	0.7/1	3	13.3	14.0	0.7	23.4/13	0.2/24
	OCTUBRE	54.9	73.7	34	12.0/15	12	14.0	14.2	0.2	23.4/14	2.8/8
	NOVIEMBRE	50.4	69.2	37	13.0/3	19	14.3	14.0	-0.3	22.5/25	4.0/24
	DICIEMBRE	40.7	77.9	91	20.0/17	14	14.4	15.4	1.0	23.8/5	7.0/22
2003	ENERO	33.4	34.7	3	17/19	8	14.4	15.1	0.7	25/22	3.2/12
	FEBRERO	55.7	26.5	-52	9.6/15	8	14.3	15.6	1.3	25.5/16	3.5/15
	MARZO	55.7	27.9	-49	7/15	16	14.3	15	0.7	26/20	3.4/25
	ABRIL	64.9	86.1	32	27/25	16	14.2	15	0.8	23/19	6.4/18
	MAYO	43	10.2	-76	3/19	11	13.9	14.9	1	23/22	7/4
	JUNIO	22.9	18.14	-19	5/16	12	13.2	13.8	0.6	22.5/4	1.6/8
	JULIO	14.2	5	-64	2.7/7	5	12.7	13.4	0.7	21/2	4/16
	AGOSTO	13	0.6	-95	0.6/14	1	12.7	14.1	1.4	22.3/1	6.5/1
	SEPTIEMBRE	28.3	23.6	-16	10/8	8	13.3	14.3	1	23.4/25	2.6/8
	OCTUBRE	51.8	56.1	8	14.7	15	14.0	15.5	1.5	24.9/7	3.2/30
	NOVIEMBRE	49.4	77.5	56	19/16	19	14.3	15.2	0.9	26/1	1.8/1
	DICIEMBRE	40.1	38.9	-2	18/12	9	14.4	15.1	0.7	25.7/30	2.6/30
2004	ENERO	33.8	15.7	-53	7.2/8	5	14.4	15	0.6	26.4/23	0.5/17
	FEBRERO	53.1	20.5	-61	9/24	12	14.3	14.7	0.4	25/18	4.7/21
	MARZO	55.7	15.6	-71	6/10	11	14.3	15.5	1.2	23.9/21	4.6/30
	ABRIL	64.9	93	43	26.2/20	16	14.2	14.5	0.3	24/7	3.2/6
	MAYO	43	67.6	57	10/15	19	13.9	14.5	0.6	23.4/14	4.8/23
	JUNIO	22.9	4	-82	1.1/2	7	13.2	13.8	0.6	20.6/16	5.1/16
	JULIO	14.2	20.2	42	10.3/29	10	12.7	13.4	0.7	22.2/8	3.1/3
	AGOSTO	14	2.5	-82	1.9/19	3	12.7	12.8	0.1	23.2/16	0.6/2
SEPTIEMBRE	32.9	15.4	-53	5/9	6	13.3	13.5	0.2	22.2/6	1.9/12	

	OCTUBRE	54.9	35.6	-35	12/28	12	14	15.3	1.3	26.2/9	4.1/30
	NOVIEMBRE	50.4	25.4	-49	4/29	16	14.3	15.2	0.9	25.1/15	2.9/12
	DICIEMBRE	40.7	42.7	4	11/13	14	14.4	15.1	0.7	24.2/9	0/29
2005	ENERO	34	10.7	-68	4/13	6	14.4	14.7	0.3	25.8/14	1.8/21
	FEBRERO	53.6	30.9	-42	11/16	12	14.4	15.8	1.4	24.8/23	4/1
	MARZO	55.1	89.1	61	21.9/18	17	14.4	14.9	0.5	24.2/9	7.3/30
	ABRIL	68.6	46.7	-31	15/23	15	14.3	15.1	0.8	23.9/24	3.8/24
	MAYO	45.9	19.1	-58	9/25	10	14	14.2	0.2	23.9/18	-0.7/24
	JUNIO	20.6	15.4	-25	6/29	9	13.3	14	0.7	22.2/26	-0.4/26
	JULIO	13.8	14.4	-10	10/14	4	12.9	13.2	0.3	22.5/13	0.3/29
	AGOSTO	13.3	0.8	-93	0.4/24	3	12.8	13.2	0.4	23.9/22	0.2/6
	SEPTIEMBRE	34.8	2.5	-92	0.9/25	5	13.4	13.7	0.3	24.6/25	1.3/25
	OCTUBRE	52.2	30.4	-41	13/13	16	14.2	14.7	0.5	25/15	3.2/15
	NOVIEMBRE	49.2	26.4	-46	11/30	12	14.4	14.2	-0.2	26.6/16	-4.5/27
	DICIEMBRE	43.8	76.6	74	12/26	20	14.5	14.4	-0.1	27.2/27	1.8/31
	2006	ENERO	34	54.3	59	12/15	14	14.4	14.7	0.3	24.2/12
FEBRERO		53.6	50	-6	10/2	16	14.4	15.2	0.8	24/16	4.1/16
MARZO		55.1	72.3	31	10/24	21	14.4	14.3	-0.1	22.5/4	5.2/20
ABRIL		68.3	51.5	-24	7.4/3	20	14.3	14.2	-0.1	23.8/3	3.2/8
MAYO		45.9	12.9	-71	8/7	12	14	14.8	0.8	24.8/23	2.5/19
JUNIO		21.3	56.2	163	26.4/5	15	13.3	13.4	0.1	21.7/3	4/24
JULIO		13.8	5.7	-58	5/27	5	12.9	13.5	0.6	21.7/26	13.2/27
AGOSTO		13.3	14.1	6	9/27	7	12.8	13.3	0.5	22.4/31	1.1/28
SEPTIEMBRE		34.8	11.6	-66	5/21	8	13.4	13.4	0	24.5/15	0/20
OCTUBRE		52.2	36.2	-30	13/15	8	14.2	14.8	0.6	25.3/20	-0.7/20
NOVIEMBRE											
DICIEMBRE											

Tabla 3.4 y Tabla 3.5: Datos meteorológicos y pluviométricos de la estación COTOPAXI (CLIRSEN)
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (GC)

SERIES DE DATOS METEOROLÓGICOS

NOMBRE: COTOPAXI (CLIRSEN)

CÓDIGO: M120

LONGITUD: 78°34'19"

PERIODO: 1956 - 2004

LATITUD: 0°37' 09"

ALTURA: 3560 m.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1956									6.4	7	7.9	8.2		
1957	7.5	8	8	7.9	8.1	7.4	7.5	7	7.6	7.8	8.3	8.5	93.60	7.80
1958	8.8	8.6	8.5	8.6	8.6	7.7	7.7	7.7	7.7	8.4	8.2	8.9	99.40	8.28
1959	9.1	8.6	8.3	8.1	8.1	7.6	7.7	7.5	7.8	7.6	7.8	8.5	96.70	8.06
1960	8.1	8	8.1	8.2	8	8	7.2	6.6	7.5	8.1	8.1	8.3	94.20	7.85
1961	8.2	7.6	8.2	8.2	8.4	7.3	7.1	6.9	7.2	7.7	7.2	7.9	91.90	7.66
1962	7.9	7.6	7.5	7.7	7.7	6.9	7.3	7.2	8	7.8	7.9	8.1	91.60	7.63
1963	7.7	7	7.6	8.1	8	7.4	6.8	7.8	8	8	7.5	8.4	92.30	7.69
1964	8.7	8.6	8.4	7.5	8.1	6.8	6.5	6.8	7.1	7.1	7.3	6.9	89.80	7.48
1965	7.5	7.7	7.6	7.4	7.6	7.1	7.3	7.1	8	8	7.8	8.1	91.20	7.60
1966	8.4	8.3	8.3	7.8	8.3	7.7	7.3	7.7	7.6	7.9	8.1	7.9	95.30	7.94
1967	7.1	7.8	8.1	8.2	8	7.2	7.6	7.5	7.8	7.6	8	7.7	92.60	7.72
1968	7.1	7.8	7.8	8.1	7.7	7.8	7.7	7.9	8	8	8	7.9	93.80	7.82
1969	7.9	8.1	8.5	8.4	8	7.9	8	8	8.2	8.3	8.2	8.3	97.80	8.15
1970	8.4	8.1	8.5	8.1	8.3	8.1	8.2	7.9	8.1	8.2	7.9	8.3	98.10	8.18
1971	8.2	8.1	7.9	8.2	8.3	8.3	8.1	8	7.8	7.7	8	7.9	96.50	8.04
1972	8.1	7.9	8.2	8.2	8.4	8	8.1	8.2	8.2	8.2	8.5	8	98.00	8.17
1973	8.1	8.5	8.5	8.6	8.5	8.1	8.6	8.7	8.6	8.4	8.6	8.6	101.80	8.48
1974	8.4	8.1	8.4	8.6	8.5	8.3	8.3	8.3	8.3	8.4	8.6	8.5	100.70	8.39
1975	8.4	8.4	8.5	8.4	8.5	8.1	7.9	8	8.1	8.4	8.5	8.6	99.80	8.32
1976	8.3	8.4	8.5	8.5	8.5	8.3	8.1	8.2	8.3	8.6	8.5	8.6	100.80	8.40
1977	8.6	8.6	8.7	8.7	8.5	8.4	8.5	8.4	8.1	8.5	9	8.6	102.60	8.55
1978		8.8	8.8	8.5	8.6	8.5	8.8	8.4	8.4	8.5	8.8	8.6		

1979	8.5	8.4		8.5	8.3	8.5	8.3	8.5	8.4	8.6	8.2	8.5		
1980	8.5	8.5	8.5	8.4	8.5	8.3	8.3	8.2	8.3	8.4	8.3	8.7	100.90	8.41
1981	8.9	8.8	8.7	9.1	9.2	8.9	8.4	8.5	8.3	8.6	8.8	8.7	104.90	8.74
1982	8.5	8.7	8.8	8.5	8.2	8.2	7.6	8.9	8.6	8.7	8.6	8.6	101.90	8.49
1983	9.1	9.2	8.9	8.6	8.5	8.2	8.2	8.2	8.1	8	8.6	8.1	101.70	8.48
1984	8.3	7.8	8.1	8.4	8.3	8.3	7.7	8.4	7.9	8		8.6		
1985	8.5	8.6	9.5	8.6		8.3	7.4	7.4	8.3	8.6	8.1	8.5		
1986		8.6	8.3	8.8	8.9	8.8	8.9	8.8	8.9		9.1	8.9		
1987	9.1	9.3	8.9	9.1			9.5	9.5	9.3		9.1	9.2		
1988	9.1	9.1	8.9		8.6	9.6		8.4	8.3		8.2	9		
1989	7.9	8.5	8.5	8.4	8.3	8.2	8.3	8.6	8.6	7.7	9.1	8.9	101.00	8.42
1990	8.9	8.7	8.7	8.4	8.6	8.8	8.8	8.9	8.8	8.6	8.9	9.3	105.40	8.78
1991	9.1	9	9	8.6	8.5	8.4	8.6	8.4	8.6		8.1	8.5		
1992	8.6	8.6	8.6	8	8.3	8.2	8.4	8.9	8.5	8.4	8.5	8.6	101.60	8.47
1993	8.3	8.1	8	8	8.2	8.6	8.5	8.6	8.3					
1999					7.5	7.5	7.4	7.6	7.3	7.5	8.2	7.9		
2001	6.7	8	7.4	7.6		7.4	7.6	7.1	6.9	9	8	8.9		
2002	8.6	8.6	8.1	8.4	8.7	7.2	8.1	7.6	8.5	8.1	7.1	8.8	97.80	8.15
2003	8.9	9.1	8.5	8.6	8.7	7.7	7.6	7.8	8.1	8.6	8.5	8.6	100.70	8.39
2004										7.9	9.1	8.8		
SUMA	317.2	334.2	326.3	324.1	316	320	317.9	328.1	338.8	308.3	339.2	354.4	3924.50	327.04
MEDIA	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8	7.9	8	8	8.1	8.2	8.4	98.10	8.18
MINIMA	6.7	7	7.4	7.4	7.5	6.8	6.5	6.4	6.4	7	7.1	6.9		6.40
MAXIMA	9.1	9.3	9.5	9.1	9.2	9.6	9.5	9.3	9.3	9	9.1	9.3		9.60
AMPLITUD	2.4	2.3	2.1	1.7	1.7	2.8	3	2.9	2.9	2	2	2.4		3.20
DESVIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
COEF. - VAR.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)

SERIES DE DATOS METEOROLÓGICOS

NOMBRE: COTOPAXI (CLIRSEN)

CÓDIGO: M120

LONGITUD: 78°34'19"

PERIODO: 1980 - 2006

LATITUD: 0°37' 09"

ALTURA: 3560 m.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1980	9.5	9.5	12.9	26.6	12.5	15.7	6.7	10	10	18	15.5	7	153.90	12.83
1981	13	14	10.7	30.4	14.2	21.2		18.6	11	15.8	10.4	25.3		
1982	15.4	15.4	8.4	19.9	20	5	14.8	1	11.4	12.9	18.2	12.7	155.10	12.93
1983	43.6	31	14.2	23	29.4	35	10	11.4	12.4	13.3	12	13.6	248.90	20.74
1984	17	18.2	18.3	18.9	16.9	12	11.6	6.9	15.7	13.9		46		
1985	10	0.9	4	11.6		13.6	12.5	8	11.7	13	24.5	19		
1986		9.5	18.5	19	8.5	3	0.6	5	28		10.8	15.4		
1987	15.3	7.7	17.5	17.3			15.8	10.7	15.6		3.5	8.9		
1988	18.3	17.5	17.8		12.5	12.7	15.4	16.9	15.5		10.8	13.5		
1989	12	17.5	10.3	17.6	22.2	16.4	11.8	14	12.5	18.4	11.3	10.7	174.70	14.56
1990	11.4	19.2	27.6	20.4	13.7	12.3	12.1	10.4	9.1	32.8	5.7	7.5	182.20	15.18
1991	10	20.9	13.7	22	8.8	15	11.1	2	10		12	15.3		
1992	10.4	13.8	16.7	8	14.2	5.1	0	2.7	13	7.5	20.2	11.4	123.00	10.25
1993	16.5	23.6		24.8	18.2	13.2	12.3	6.6	16.6			24.8		
1999					15.6	11	8	6.2	30.8	12.4	10.5	14.6		
2000	14.6	22.3	29.6	26.6	21.2	33.5	6.4	13	25.4	18	38			
2001		25.3	27.8		23.6		16	3.2			19.4			
2002	20.3	20.8	19.8	28.2										
SUMA	237.3	287.1	267.8	314.3	251.5	224.7	165.1	146.6	248.7	176	222.8	245.7	2787.60	232.30
MEDIA	15.82	16.89	16.74	20.95	16.77	14.98	10.32	8.62	15.54	16.00	14.85	16.38	183.87	15.32
MINIMA	9.5	0.9	4	8	8.5	3	0	1	9.1	7.5	3.5	7		0.00
MAXIMA	43.6	31	29.6	30.4	29.4	35	16	18.6	30.8	32.8	38	46		46.00
AMPLITUD	34.1	30.1	25.6	22.4	20.9	32	16	17.6	21.7	25.3	34.5	39		46.00
DESVIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
COEF. - VAR.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Tabla 3.6: Datos pluviométricos de la estación GUAYTACAMA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)

SERIES DE DATOS METEOROLÓGICOS

NOMBRE: GUAYTACAMA

CÓDIGO: M365

LONGITUD: 78°38' 25"

PERIODO: 1951 - 2001

LATITUD: 0°49' 14"

ALTURA: 3075 m.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1951			97.4	51.8	50.6	19.3	17	6.3	21.1	60.9	57.1	78.5		
1952	129.3	111.4	57.1	132	74.3	49.6	9.4	0	9	40.7	94.1	97	803.90	66.99
1953	99.7	54.8	85.1	102.7	42.9	36.1	5.7	0	34.6	146.1	83.4	30.7	721.80	60.15
1954	81.5	24.4	80	41.7	22.3	34.2	20.1	36.3	1.1	88.9	18	39.5	488.00	40.67
1955	46.2	46.4	81.8			14.8	35.7	15.5	1.6	67.2	26.2	52.7		
1956	67.9	74.4	53.5	98	5.2	17.8	4.1	0	32.6	108.7	5.4	30.6	498.20	41.52
1957	23.7	33.1	93.4	81.6	33.1	1.8	0	0.5	3.1	49				
1963				25.6	17.6	23.4	18.9	4.2	17.4	21.5	79.3	62		
1964	5.2	42.7	53.8	109	24.9	33.2	17.1	28.4	43.2	46.5	42.1	51.2	497.30	41.44
1965	37.9	34.8	27.7	115.5	45	7.1	1	5.6	49.4	75.3	70.6	23.1	493.00	41.08
1966	28.4	40.5	57.1	73.8	61.8	44.2	17.5	13.9	60.1	88.8	70.6	46.2	602.90	50.24
1967	36.1	90.5	73.4	25.1	50.5	31	12.5	7.5	20.6	79.2	54.4	8.2	489.00	40.75
1968	44.1	31	117	31.9	5.6	37.3	8.8	16.9	27.7	81.1	36.1	19.6	457.10	38.09
1969	34.9	38.9	66.8	69.8	30.5	37.6	0.5	24.3	32		59.3	66.6		
1970	54.2	202.7	46.5	62.2	54.9	5.6	5	1.9	52.7	94.3	63.1	47	690.10	57.51
1971	69.3	10.9	16.6	62.2	17.3	41.1	23.7	38.8	54.5	106.9	78.2	90.6	610.10	50.84
1972	102.4	80.4	62.3	45.5	31.5	39.7	0.3	32	46.4	33.8	57.3	8.2	539.80	44.98
1973	79	44.8	150					49	68.4					
1975						42.1	69.7	41.6	32.5	56.4	87.1	45.4		
1976	49.9	46.4	85.2	51.9	41.4	26.1	6.7	2.3	35	43.3	51.7	46.1	486.00	40.50
1977	51.8	9	65.6	36.1	7.1	67	4.9	23.5	61	36.5	37.7	46.5	446.70	37.23
1978	13.6	55.7	46.6	81.7	49.1	21.1	31.4	8.3	47.5	13.8	16.6	50.1	435.50	36.29
1979	29.7	39.2	59.8	121.3	62.2	23.7	21.3	41.2	52.4	10.6	23.4	10.7	495.50	41.29
1980	66.9	48.7	53.1	43.9	22.8	13.8	5.2	5.1	25	97.3	115.1	52.1	549.00	45.75

1981	24.2	58.2	123.2	123.4	52.5	41.7	26.8	35.8	7.2	102	38.7	46.7	680.40	56.70
1982	80.7	47.5	30.6	60.6	70.8	0.6	12.9	10.5	16.1	121.6	92.3	106.3	650.50	54.21
1983	30.4	7.3	51.7	113.2	82.2	9.5	5.4	10.3	11.2	57.8	26.8	67.4	473.20	39.43
1984	20	137.1	135.8	100.1	60.5	18.8	9.7	6.6	83.6	64.6	60.1	54.2	751.10	62.59
1985	13.8	0.6	2.1	24.7	50.3	4.3	3.2	8	15.3	18.7	27.4	18.2	186.60	15.55
1986		12	52.8	148.2	46.9	13.6	0.1	0.3	14.5	72	0.3	6.5		
1987	21.3	3.3	3	44.3	52.4	3.2	12.6	2.5	44	40.2	15.2	0.6	242.60	20.22
1988	12.9	65.4	8.1	120.7	31	22.4	23.7	14.4	46.2	72	74.5	46.3	537.60	44.80
1989	67.7	31.8	64.6	89.6	23.1	46.9	9.1	6.5		21.2	3.4	30		
1990	26.2	14.4	20.9	82	8.5	19.9	2.3	6.1	22.2	105	24.9	36.7	369.10	30.76
1991	38.7	2.1	98.6	33	33.4	32	38.5	1.6	31	32.8	45	26.1	412.80	34.40
1992	15.6	53.5	101.5	63.1	100.3	8.9	4.6	6.3	30	11.4	55.3	13.1	463.60	38.63
1993	37.1	73.3	108.1	177.5	52.2	18	6.1	12.1	20.7	37.8	20.1	124.6	687.60	57.30
1994	27.9	51.4	52.7	0	30.4	16.6	20.1	6.3	23.1	24.8	44.5	58.2	356.00	29.67
1995	9.8	53.2	37.9	44.3	10.5	11.3	29.4	14.7	1.8	32.8	106.5	21.7	373.90	31.16
1996	20.4	73.4	67.5	79.7	71.7	39.6	53.9	66.5	21.8	106.6	25.9	4.6	631.60	52.63
1997	65.7	25.8	87.3	65.8	12.5	12.3	7.1	3.4	39	22.2		46.6		
1998	7.3	6.9	37.4	71.4	68.4	7.4	23.8	42.1	11.2	29.2	29.7	44.9	379.70	31.64
1999	46.5	20.6	78.1	56.3	64									
2001						0.1	3.5	0.3	34.2					
SUMA	1717.9	1898.50	2691.7	2961.2	1672.2	994.7	629.3	657.4	1302.0	2419.5	1917.4	1755.3	20617.10	1718.09
MEDIA	44.0	47.5	65.7	74.0	41.8	23.7	15.0	15.3	31.0	60.5	49.2	43.9	511.49	42.62
MINIMA	5.2	0.6	2.1	0	5.2	0.1	0	0	1.1	10.6	0.3	0.6		0.00
MAXIMA	129.3	202.7	150	177.5	100.3	67	69.7	66.5	83.6	146.1	115.1	124.6		202.70
AMPLITUD	124.1	202.1	147.9	177.5	95.1	66.9	69.7	66.5	82.5	135.5	114.8	124		202.70
DESVIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
COEF. - VAR.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

3.4 PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA

3.4.1 LA CUENCA HIDROLÓGICA

La Cuenca Hidrográfica se define como el conjunto de terrenos que drenan el agua proveniente de la precipitación hacia un cauce común. La cuenca hidrográfica es considerada como la unidad básica para estudios hidrológicos.

Físicamente una cuenca hidrográfica se encuentra definida por una línea imaginaria que une los puntos de mayor cota y que solo corta el curso de un río en el punto de interés, es decir, en el punto en que se requiere la información para una aplicación dada. Esta línea imaginaria se denomina “Divorium Acuarium”, divisoria de aguas o parteaguas.

La delimitación de una cuenca hidrográfica se debe realizar sobre un plano topográfico elaborado a una escala que permita abarcar el cauce principal, sus afluentes y zonas aledañas a ellos. Una vez identificada toda la red hídrica es conveniente señalar los puntos de mayor cota que rodeen toda el área de estudio y el punto de interés, que sería el único punto del cauce que será cortado por el parte de aguas.

Finalmente se procede a unir con una línea todos los puntos altos identificados tomando en cuenta que las curvas de nivel serán cortadas en forma perpendicular a la tangente en el punto de máxima concavidad y perpendicular a ellas en el caso de que sean rectas (paralelas al cauce). En el caso de que dos curvas de nivel tengan la misma cota, la divisoria de aguas cruzará entre ellas conservando equidistancia.

Como nuestra Zona del Proyecto se encuentra dentro de la Cuenca del Río Cutuchi, he tomado los datos meteorológicos e hidrológicos de ella, para obtener resultados para nuestro proyecto.

3.4.1.1 CARACTERIZACION DE LA CUENCA DEL RIO CUTUCHI

La subcuenca hidrográfica del río Cutuchi cubre la parte norte de la cuenca del río Pastaza y políticamente corresponde a gran parte de la Provincia de Cotopaxi y parte de la provincia de Tungurahua. Comprende los cantones de Saquisilí, Pujilí, Latacunga, Salcedo y Pillaro. El área de estudio se localiza en la zona central del Ecuador, emplazada en la región interandina, conformando parte de los Andes Ecuatorianos. Geográficamente se ubica entre las latitudes 9°863.850 a 9°934.490 y las longitudes 740.220 a 797.680. Y como ya lo mencione anteriormente nuestra Zona de Riego se encuentra en la Comuna San Ramón se encuentra situada en las coordenadas N771088 E9916753 de proyección cartográfica UTM y Datum WGS84 sobre los 3100 m.s.n.m. formando parte del Páramo Andino de la Provincia de Cotopaxi, por ende se encuentra dentro de la subcuenca hidrográfica del río Cutuchi (ver figura 3.2).

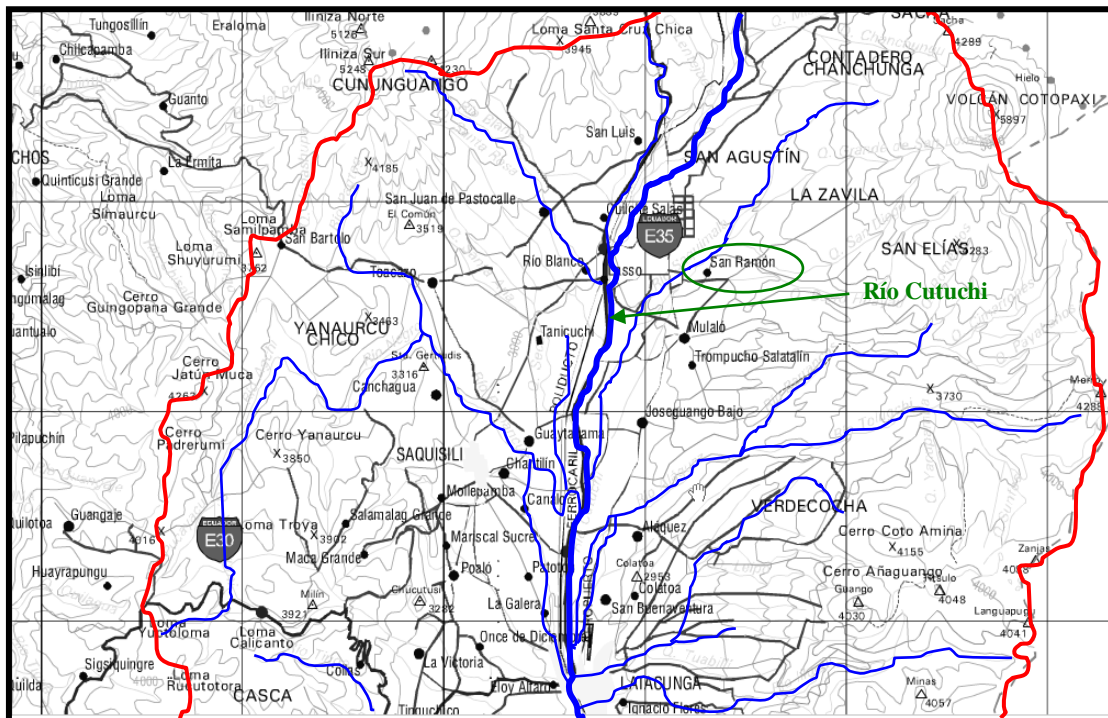


Figura 3.2: Parte Norte de la Subcuenca Hidrográfica del Río Cutuchi – Provincia de Cotopaxi – Ecuador.

3.4.2 LA PRECIPITACIÓN

Se denomina precipitación a todos los productos formados por la condensación de vapor atmosférico (lluvia, granizo, neblina, etc.) que caen hacia la superficie terrestre.

La precipitación se mide en mm. de espesor de lámina, esta medición representa el espesor que alcanzaría el agua precipitada si cayera sobre un área horizontal e impermeable.

La representación de la variación espacial puede realizarse a través de mapas de zonas de color en los que la altura de precipitación se simboliza en base a una escala de colores. La precipitación más común se realiza a través de isolíneas que unen puntos de igual precipitación, estas curvas se denominan isoyetas y son trazadas en base a la interpolación de los registros puntuales obtenidos en la red pluviométrica. La interpolación puede realizarse aplicando diversas metodologías como interpolación lineal, distancia inversa o krigging, siendo esta última quizá la más recomendable para la confección de curvas isoyetas.

3.4.2.1 LA PRECIPITACIÓN EN LA AGRICULTURA

En la Tierra hay una enorme variedad de cultivos que para su desarrollo y maduración dependen de muchos factores de los cuales el más importante es el relacionado con el clima, configurado por un conjunto parámetros entre los que destacan los relacionados con las disponibilidades de agua.

Las tierras, según su situación y características, son aptas para diferentes cultivos. El hombre en el de la historia, ha viajado siempre con semilla y plantas que le eran conocidas, contribuyendo así a una serie de especies y variedades, animales y vegetales, extrañas en las nuevas tierras que colonizaba.

Está claro que para que las plantas crezcan y se desarrollen, el suelo debe contener suficiente humedad para evitar que se sequen y mueran. La planta necesita agua pero dentro de unos límites. Por ejemplo, la escasez de la misma en época de floración hace que muchas flores aborten, que es un mecanismo de defensa de la planta para llevar a buen fin a las más resistentes. Por otro lado el exceso de agua para aquellas plantas no adaptadas hace que las raíces no respiren y favorece la podredumbre de las mismas. Además, si sube la temperatura se crea un ambiente idóneo para la propagación de plagas y ataque de las criptogámicas.

La precipitación, vital para la agricultura, se presenta en general en forma de lluvia o nieve. Su papel es muy complejo. Ejerce un efecto fertilizante notable pues la lluvia aporta en teoría 2 mg. de nitrógeno amoniacal del cual gran parte se va con el agua de lavado dada su alta solubilidad. También la lluvia tiene nitrógeno nítrico. Esto hasta tal punto es importante que un litro de agua pueda traer consigo 2mg. de nitrógeno amoniacal y 0,7 mg. de nitrógeno nítrico. Esto significa que en regiones donde caigan 1000 mm la lluvia puede contribuir con 20 kg de nitrógeno por hectárea. Aparte de esta acción fertilizante la lluvia facilita la disolución de los abonos para que las plantas puedan absorberlos. Además hace el suelo más permeable mejorando su estructura física y hace solubles a los minerales que lo componen permitiendo así su fácil absorción por las plantas. Otro efecto beneficioso estriba en que el agua de lluvia limpia y lava las hojas de los vegetales eliminando el polvo que se ha depositado sobre ellas por la acción del viento.

La precipitación no es uniforme a lo largo del año. Presenta una gran variabilidad anual, estacional, mensual y diurna con grandes oscilaciones de unos años a otros y de unos lugares a otros aunque estén próximos y cercanos e incluso la intensidad y duración varía según sea de día o de noche.

Lo ideal es una repartición adecuada del agua a lo largo del año y nadie mejor que el agricultor para saber cuándo y dónde se necesita agua para cada cultivo, aunque hay que decir que nunca llueve a gusto de todos.

Un exceso de lluvias puede ser extremadamente perjudicial y no hablemos de lluvias torrenciales que pueden desbordar los ríos y anegar los campos cultivados. En estos casos la lluvia lava el terreno llevándose el nitrógeno en disolución arrastrando asimismo limos, arcillas y las partes más pequeñas del suelo. Así es, que las zonas afectadas por una alta pluviometría tienen suelos ácidos y arenosos.

La lluvia en demasía lixivia el magnesio y todos los nutrientes a capas más profundas lejos del alcance de las raíces impidiendo su asimilación por las mismas. El cultivo puede pudrirse. En la estación de crecimiento impide la oxidación de las raíces limitando su crecimiento en profundidad y reblandeciéndolas exponiendo a las plantas al fácil ataque de enfermedades y moho, en especial a la clorosis que en realidad no es una enfermedad sino un síntoma, algo así como la "fiebre" en los animales o la "gomosis" en los árboles. Cuando las plantas adolecen de ciertas carencias se destruye la clorofila y sus hojas se tornan amarillas, principalmente los naranjos, limoneros, vid, etc. Hay también otro tipo de clorosis producida por la sequía en que las plantas también amarillean y en aras de la economía hídrica pueden sacrificar y prescindir de algunos de sus elementos para preservar la supervivencia de los más dotados.

3.4.2.2 PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE UN ÁREA

Para la determinación de las precipitaciones medias caídas sobre un área en particular a partir de observaciones puntuales realizadas en estaciones dentro de una dicha área o vecinas a ella, se han desarrollado varias metodologías, de las cuales aplicaré en este estudio la siguiente:

3.4.2.2.1 CURVAS ISOYETAS DE LA CUENCA

Las curvas isoyetas pueden brindar una estimación más realista de la precipitación media sobre un área ya que ellas son trazadas considerando la dirección predominante de los vientos y la topografía, ajustándose al terreno.

Para el cálculo de la precipitación media se considera a la cuenca dividida en fajas limitadas por dos isoyetas consecutivas. La precipitación media finalmente se calcula aplicando la expresión:

$$P_m = \frac{P_1 * A_1 + P_2 * A_2 + \dots + P_n * A_n}{A_t}$$

En la que P_i es la precipitación media entre dos isoyetas consecutivas consideradas, A_i es el área entre dichas isoyetas y A_t es el área total de la cuenca.

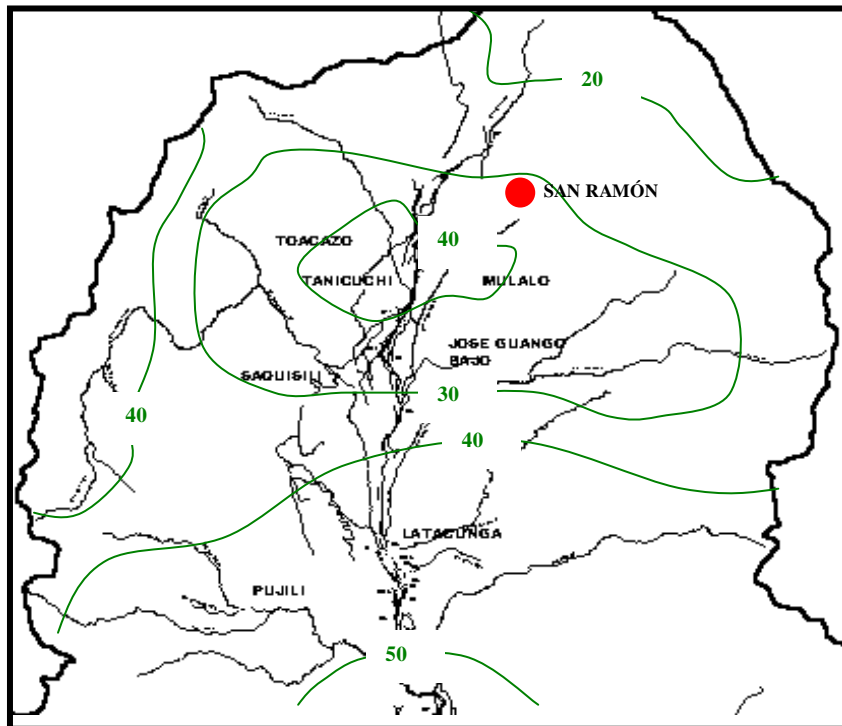


Figura 3.3: Curvas Isoyetas de la Cuenca del Río Cutuchi.

Los resultados indican que la cuenca del río Cutuchi tiene una precipitación media anual de 805 mm y varía entre 473 y 2.030 mm.

Como podemos apreciar en el mapa de isoyetas de la Cuenca del Río Cutuchi figura 3.3 tenemos aproximadamente una precipitación máxima anual de 33 mm. en 24 horas.

CAPÍTULO IV

CAUDALES DE CAPTACIÓN

RESUMEN:

El caudal es el parámetro más importante para determinar las posibilidades de aprovechamiento de un río o arroyo, por tal motivo es importante la determinación de sus variaciones a lo largo del tiempo.

Es así como se requieren caudales característicos para diferentes fines. Por ejemplo para usos consuntivos se requieren caudales mínimos, en tanto que para obras como puentes, defensas, presas, etc. se requiere también el caudal máximo.

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.

El recurso hídrico es un factor preponderante de la situación socio – económica de una población. En particular, los habitantes de las zonas agrícolas de la provincia de Cotopaxi, y en especial, la Comuna San Ramón; dependen en un alto porcentaje de las condiciones del agua, tanto de su calidad, que es la prioritaria, cuanto de su cantidad.

4.1 CAUDAL DE CAPTACIÓN

El caudal de un curso en una sección, es el volumen de agua que pasa por la misma en una unidad de tiempo.

$$Q = \frac{V}{t} \quad ; \quad \begin{array}{l} \mathbf{V = Volumen} \\ \mathbf{t = Tiempo} \end{array}$$

Por tal motivo sus unidades están dadas como: m³/s; m³/h; litros/s, etc.

No es constante en el recorrido del río sino que normalmente se incrementa por la incorporación de nuevos aportes (afluentes, escurrimiento subterráneo, etc.). No obstante, si el ambiente es muy árido, el caudal puede reducirse en un recorrido prolongado por pérdidas por infiltración y evaporación, o por usos consuntivos del agua como el riego, toma para agua potable, etc.

El caudal es el parámetro más importante para determinar las posibilidades de aprovechamiento de un río o arroyo, por tal motivo es importante la determinación de sus variaciones a lo largo del tiempo.

Tales fluctuaciones son propias de cada curso, y se verifican espacialmente, a lo largo del cauce y temporalmente, ya que éstas son de carácter diario. En cada río, las variaciones dependen por un lado de las condiciones climáticas precedentes, principalmente precipitación, temperatura y radiación solar y por otra parte del estado de humedad de la cuenca de aporte, principalmente nieve almacenada remanente, en el caso de los cursos de régimen nival o pluvionival.

Es así como se requieren caudales característicos para diferentes fines. Por ejemplo para usos consuntivos se requieren caudales mínimos, en tanto que para obras como puentes, defensas, presas, etc. se requiere también el caudal máximo.

4.2 AFORAMIENTO DIRECTO

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro; como podemos apreciar en la figura 4.1.

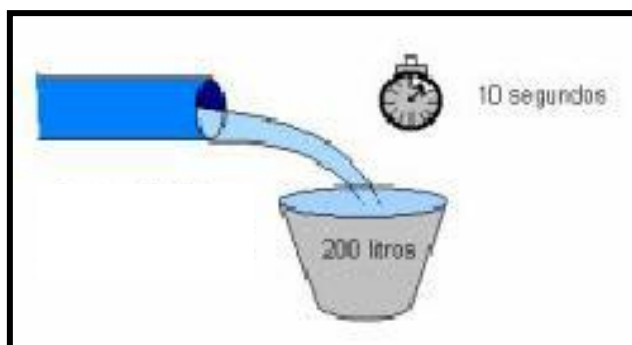


Figura 4.1 Aforamiento directo.

Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 2½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s. El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados. Si la corriente se puede desviar hacia una cañería de manera que descargue sometida a presión, el caudal se puede calcular a partir de mediciones del chorro.

4.3 VARIACIÓN DE LOS CAUDALES EN LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN

El recurso hídrico es un factor preponderante de la situación socio – económica de una población. En particular, los habitantes de las zonas agrícolas de la provincia de Cotopaxi, y en especial, la Comuna San Ramón; dependen en un alto porcentaje de las condiciones del agua, tanto de su calidad, que es la prioritaria, cuanto de su cantidad.

Para este proyecto de riego los habitantes de la Comuna de San Ramón realizaron los trámites pertinentes para poder recoger el agua de las vertientes existentes en la zona; cuya ubicación de estas se encuentra detallada en la figura 4.2.



Figura 4.2 Ubicación de las Vertientes Existentes en la Zona del Proyecto.

De estas cinco vertientes se he realizado cuatro aforaciones en fechas diferentes; que serán usadas para este proyecto de riego, obteniendo así una cantidad de agua que llegará al tanque de distribución.

Para dichos aforamientos se aplicó el método de Aforamiento Directo, anteriormente detallado en este capítulo; dándonos como resultados los datos detallados en las tablas:

- Tabla 4.1 Datos obtenidos de la Vertiente Agualongo Grande,
- Tabla 4.2 Datos obtenidos de la Vertiente Agualongo Chico,
- Tabla 4.3 Datos obtenidos de la Vertiente Quinchibana Grande,

- Tabla 4.4 Datos obtenidos de la Vertiente Quinchibana Chico, y
- Tabla 4.5 Datos obtenidos de la Vertiente Rancho María.

4.3.1 VERTIENTE AGUALONGO GRANDE.



Figura 4.3 Vertiente Agualongo Grande

Tabla 4.1: Datos obtenidos de la Vertiente:

Latitud : 778744
Longitud: 9921525

Altura: 3625 m.s.m.

FECHA	RECIPIENTE	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	PROM.	CAUDAL	TOTAL
15-Jul-06	16 LITROS	1.54 seg	1.61 seg	1.30 seg	1.42 seg	1.57 seg	1.60 seg	1.51 seg	10.62 lit/seg	9.22 lit/seg
18-Oct-06	12 LITROS	1.84 seg	1.63 seg	1.67 seg	1.43 seg	1.53 seg	1.62 seg	1.62 seg	7.41 lit/seg	
11-Nov-06	15 LITROS	1.58 seg	1.45 seg	1.82 seg	1.68 seg	1.69 seg	1.63 seg	1.64 seg	9.14 lit/seg	
18-Dic-06	10 LITROS	0.94 seg	0.88 seg	1.08 seg	1.10 seg	1.05 seg	1.12 seg	1.03 seg	9.72 lit/seg	

4.3.2 VERTIENTE AGUALONGO CHICO.



Figura 4.4 Vertiente Agualongo Chico.

Tabla 4.2: Datos obtenidos de la Vertiente:

Latitud : 778690
Longitud: 9921293

Altura: 3641 m.s.m.

FECHA	RECIPIENTE	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	PROM.	CAUDAL	TOTAL
15-Jul-06	1 LITRO	1.98 seg	1.95 seg	1.70 seg	1.73 seg	1.88 seg	1.83 seg	1.85 seg	0.54 lit/seg	0.67 lit/seg
18-Oct-06	12 LITROS	13.48 seg	13.90 seg	14.92 seg	15.33 seg	13.56 seg	13.74 seg	14.16 seg	0.85 lit/seg	
11-Nov-06	15 LITROS	20.70 seg	20.72 seg	19.72 seg	19.36 seg	20.24 seg	19.82 seg	20.09 seg	0.75 lit/seg	
18-Dic-06	10 LITROS	17.95 seg	18.15 seg	18.09 seg	17.99 seg	18.15 seg	18.35 seg	18.11 seg	0.55 lit/seg	

4.3.3 VERTIENTE QUINCHIBANA GRANDE.



Figura 4.5 Vertiente Quinchibana Grande.

Tabla 4.3: Datos obtenidos de la Vertiente:

Latitud : 779352
Longitud: 9920264

Altura: 3696 m.s.m.

FECHA	RECIPIENTE	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	PROM.	CAUDAL	TOTAL
15-Jul-06	16 LITROS	1.13 seg	1.16 seg	0.95 seg	1.16 seg	1.18 seg	1.10 seg	1.11 seg	14.37 lit/seg	13.58 lit/seg
18-Oct-06	12 LITROS	0.78 seg	1.07 seg	0.60 seg	0.77 seg	0.98 seg	0.75 seg	0.83 seg	14.55 lit/seg	
11-Nov-06	15 LITROS	1.02 seg	1.43 seg	1.32 seg	1.45 seg	1.25 seg	1.43 seg	1.32 seg	11.39 lit/seg	
18-Dic-06	10 LITROS	0.72 seg	0.69 seg	0.78 seg	0.64 seg	0.70 seg	0.75 seg	0.71 seg	14.02 lit/seg	

4.3.4 VERTIENTE QUINCHIBANA CHICO.



Figura 4.6 Vertiente Quinchibana Chico.

Tabla 4.4: Datos obtenidos de la Vertiente:

Latitud : 779462
 Longitud: 9920112

Altura: 3714 m.s.m.

FECHA	RECIPIENTE	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	PROM.	CAUDAL	TOTAL
15-Jul-06	8 LITROS	4.24 seg	4.28 seg	4.42 seg	3.81 seg	3.99 seg	4.04 seg	4.13 seg	1.94 lit/seg	1.65 lit/seg
18-Oct-06	12 LITROS	8.90 seg	9.29 seg	9.41 seg	9.40 seg	9.32 seg	9.28 seg	9.27 seg	1.29 lit/seg	
11-Nov-06	15 LITROS	10.89 seg	10.12 seg	9.60 seg	10.84 seg	10.44 seg	10.25 seg	10.36 seg	1.45 lit/seg	
18-Dic-06	10 LITROS	5.23 seg	5.32 seg	5.17 seg	5.23 seg	5.15 seg	5.13 seg	5.21 seg	1.92 lit/seg	

4.3.5 VERTIENTE RANCHO MARÍA.



Figura 4.7 Vertiente Rancho María.

Tabla 4.5: Datos obtenidos de la Vertiente:

Latitud : 775755
 Longitud: 9916725

Altura: 3725 m.s.m.

FECHA	RECIPIENTE	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	PROM.	CAUDAL	TOTAL
15-Jul-06	16 LITROS	7.26 seg	6.38 seg	6.72 seg	6.73 seg	6.69 seg	6.68 seg	6.74 seg	2.37 lit/seg	1.94 lit/seg
18-Oct-06	12 LITROS	9.01 seg	8.79 seg	8.81 seg	8.95 seg	8.35 seg	8.67 seg	8.76 seg	1.37 lit/seg	
11-Nov-06	15 LITROS	9.06 seg	8.83 seg	8.86 seg	9.01 seg	8.80 seg	8.78 seg	8.89 seg	1.69 lit/seg	
18-Dic-06	10 LITROS	4.33 seg	4.27 seg	4.29 seg	4.23 seg	4.27 seg	4.17 seg	4.26 seg	2.35 lit/seg	

4.4 CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE

De los resultados anteriormente expuestos podemos obtener el caudal de agua promedio con el cual podemos contar para nuestro proyecto de riego por aspersión.

Cabe recalcar que esta cantidad de agua, es la que se obtiene In situ donde nace las vertientes; es decir no es la cantidad de agua que llegará al tanque de distribución, se deberá considerar las pérdidas de carga por fricción, accesorios, etc. durante el trayecto hasta llegar al tanque de distribución. Esto lo analizaremos en los capítulos posteriores; por ahora podremos decir que contamos la siguiente cantidad de agua detallada en la tabla 4.6.

Tabla 4.6: Cantidad de Agua Recolectada de las vertientes existentes en la zona.

ORD.	VERTIENTE	CAUDAL PROMEDIO
1.	Vertiente Agualongo Grande	9.22 lit/seg.
2.	Vertiente Agualongo Chico	0.67 lit/seg.
3.	Vertiente Quinchabana Grande	13.58 lit/seg.
4.	Vertiente Quinchabana Chico	1.65 lit/seg.
5.	Vertiente Rancho María	1.94 lit/seg.
CAUDAL DE AGUA DISPONIBLE EN TOTAL =		27.06 lit/seg.

CAPÍTULO V

RIEGO POR ASPERSIÓN

RESUMEN:

El sistema de riego por aspersión trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar al las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

Cotopaxi es una provincia serrana típica donde tienen importancia el minifundio y las grandes explotaciones. La ganadería lechera se desarrolla especialmente en las haciendas situadas al norte de la provincia donde se encontrará la Comuna de San Ramón donde se encuentra nuestra zona de estudio; sus pobladores son campesinos indígenas que viven de la agropecuaria, es decir siembran la alfalfa para alimentar a sus ganados para la producción de leche principalmente y carne; por ello a este tipo de cultivo lo usamos como cultivo patrón.

El balance hídrico facilita la determinación de las posibilidades de explotación agraria de una zona, la confección del programa de cultivo de acuerdo con las exigencias climáticas y de mercado; y sienta sólidas bases para el plan de obras hidráulicas a realizarse.

5.1 RIEGO POR ASPERSIÓN

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

Para conseguir un buen riego por aspersión son necesarios:

- Presión en el agua
- Una estudiada red de tuberías adecuadas a la presión del agua
- Aspersores adecuados que sean capaces de esparcir el agua a presión que les llega por la red de distribución.
- Depósito de agua que conecte con la red de tuberías.

5.1.1 PRESIÓN DEL AGUA

Es necesaria por dos motivos: la red de distribución se multiplica en proporción a la superficie que debemos regar y teniendo en cuenta que el agua debe llegar al mismo tiempo y a la misma presión a las bocas donde se encuentran instalados los mecanismos de difusión (aspersores) con el fin de conseguir un riego uniforme. La segunda razón es que la presión del agua debe ser capaz de poner en marcha todos los aspersores al mismo tiempo bien sean fijos o móviles, de riego más pulverizado o menos.

En el caso de que la presión de la red no sea suficiente se deberá instalar un motor que dé la presión suficiente desde el depósito hasta los aspersores.

5.1.2 RED DE TUBERÍAS

En general la red de tuberías que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores.

Todo esto supone un estudio técnico adecuado ya que de él dependerá el éxito de la instalación.

5.1.3 ASPERSORES

Los mas utilizados en la agricultura son los giratorios porque giran alrededor de su eje y permiten regar una superficie circular impulsados por la presión del agua, aunque en el mercado los hay de variadas funciones y distinto alcance. Son parte muy importante del equipo del riego por aspersion y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, alcance etc. deben formar parte del estudio técnico antes mencionado.

5.1.4 DEPÓSITO DEL AGUA

Desempeña dos funciones: la de almacenamiento del agua suficiente para uno o varios riegos y la de ser punto de enlace entre el agua sin presión y el motor de impulsión de esa agua a la presión necesaria para el riego calculado.

5.1.5 VENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

- *Ahorro en mano de obra.* Una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en el mercado eficaces programadores activados por electro válvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el

sistema según las necesidades previamente programadas. Con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente

- *Adaptación al terreno.* Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras.
- *La eficiencia del riego* por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.
- *Especialmente útil para distintas clases de suelos* ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.
- Se puede realizar *protección contra heladas.*
- Mejor *aireación del agua.*
- Posibilidad de evitar *el cultivo sobre caballones* de las plantas en líneas poco distanciadas.
- Se adapta a la *rotación de cultivos* y a los *riegos de socorro.*
- Buen *reparto de los abonos líquidos.*
- *Lavado de las hojas*, favorable a la asimilación clorofílica.
- *Creación de una zona húmeda* alrededor del follaje.

5.1.6 INCONVENIENTES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

- *Daños a las hojas y a las flores.* Las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se dañan, por ese mismo impacto sobre las corolas.
- *Requiere una inversión importante.* El depósito, las bombas, las tuberías, las juntas, los manguitos, las válvulas, los programadores y la intervención de

técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado aunque la amortización a medio plazo está asegurada.

- *El viento puede afectar.* En días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.
- *Aumento de enfermedades y propagación de hongos* debido al mojado total de las plantas.
- *Aglomeración de aparatos.*
- *Gastos de Energía.*
- Algunas veces *traslado dificultoso de los tubos* por una tierra saturada de agua.

5.2 PATRÓN Y PLAN DE CULTIVOS

5.2.1 PLAN DE CULTIVOS

Cotopaxi es una provincia serrana típica donde tienen importancia el minifundio y las grandes explotaciones. La ganadería lechera se desarrolla especialmente en las haciendas situadas al norte de la provincia. El cultivo agrícola más importante es de papas especialmente en las haciendas del páramo sur-oriental. La sigue en importancia la producción de yuca, cebollas, aguacate, cebada, naranja, maíz, haba, fréjol y caña para otros usos.

En base a la campaña agrícola 2003–2004, se aproximó el siguiente calendario agrícola del área de estudio. Sin embargo, es posible que existiesen diferencias y especificidades propias de los agricultores, especialmente considerando la operación de los distintos sistemas de riego; detallados en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Calendario Agrícola de la Provincia de Cotopaxi.

CULTIVO	PROVINCIA	CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	MES DE SIEMBRA	CICLO CUMPLIDO (DÍAS)	FASES EN DESARROLLO									Ciclo Vegetativo (Días)	
					Marzo		Abril			Mayo			Junio	Cump.	TOTAL
					2	3	1	2	3	1	2	3	1		
PAPA	COTOPAXI	S*	ENERO	55	Crec.							Flo.	145	180	
									80	10					
HABA	COTOPAXI	S*	NOVIEMBRE	220	Flo.	Fru.			Mtie.			310	240		
					20			30				40			
MAÍZ SUAVE	COTOPAXI	S*	NOVIEMBRE	110	Pan	Pol.	Mlec.			Mcer.	200	240			
					20	20			40	10					
FREJOL	COTOPAXI	S*	NOVIEMBRE	110	Flo.	Fru.			Mtie.			200	240		
					20			30				40			
ARVEJA	COTOPAXI	S*	ENERO	50	Crec.	Flo.	Fru.			Mtie.	140	180			
					20	20		30		20					
S: PRECIPITACIÓN SUPERIOR A LA NORMAL				* TEMPERATURAS MÍNIMAS ABSOLUTAS 4.8°C											
NOTA:	<p><i>En Papa:</i> Tuberización (Tub) (siembras: diciembre), Floración (Flo) (siembras: enero), Crecimiento vegetativo (Crec), (siembras: febrero, marzo y abril) y Brotación (Bro) (siembras: mayo).</p>														
	<p><i>Haba:</i> Maduración Seca (Msec) (siembras: octubre), Maduración tierna (Mtie) (siembras: noviembre y diciembre), Fructificación (Fru) (siembras: enero), Floración (Flo) (siembras: febrero), Crecimiento Vegetativo (Crec) (siembras: marzo y abril) y Germinación (Ger) (siembras: mayo).</p>														
	<p><i>Maíz Suave:</i> Maduración Córnea (Mcor) (siembras: octubre), Maduración Cérea (Mcer) (siembras: noviembre), Maduración Lechosa (Mlec)(siembras: diciembre y enero) y Polinización (Pol) (siembras: febrero).</p>														
	<p><i>Fréjolo:</i> Maduración Seca (Msec) (siembras: octubre), Maduración tierna (Mtie) (siembras: noviembre y diciembre), Fructificación (Fru) (siembras: enero) y Crecimiento vegetativo (Crec) (siembras: febrero).</p>														
	<p><i>Arveja:</i> Maduración Seca(Msec) (siembras: diciembre), Maduración tierna(Mtie) (siembras: enero), Fructificación (Fru) (siembras: febrero), Floración (Flo) (siembras: marzo) Crecimiento vegetativo (Crec) (siembras: abril) y Germinación (Ger) (siembras: mayo).</p>														

5.2.2 PATRÓN DE CULTIVO

Para mi proyecto he tomado como Cultivo Patrón a la Alfalfa, basándome para ello en diferentes razones entre la que detallo a continuación:

Por poseer mayor profundidad de la Zona Radicular (Tabla 5.2 y figura 5.1), entre los tipos de cultivos que se siembran en la Provincia de Cotopaxi; debido a esto la alfalfa requiere un gran aporte de agua para su desarrollo y crecimiento, pero debemos ser razonables y evitar aportes excesivos que provoquen el despilfarro del agua y aportes escasos que hagan disminuir la producción. Por ello conocer las necesidades de agua de este cultivo es vital. Para ello, necesitamos un parámetro denominado evapotranspiración o Uso consuntivo que lo calcularemos más adelante que depende de los parámetros climáticos de cada zona, del tipo de semilla y su densidad de siembra.



Figura 5.1 Suelo profundo para la raíz de la planta de alfalfa

Tabla 5.2: Profundidad de las Raíces de los Principales Cultivos.

CULTIVOS	PROFUNDIDAD DE LA ZONA RADICULAR (m.)
ALFALFA	1.50 a 3.00
FRÉJOL	0.90
BRÓCOLI	1.20
COL	0.60 a 1.20
ZANAHORIA	0.90
COLIFLOR	0.60 a 1.20
MAÍZ DULCE	0.90 a 1.20
MAÍZ	1.50
LECHUGA	0.30 a 0.45
CEBOLLA	0.45
PAPAS	0.90 a 1.20
RÁBANOS	0.30 a 0.45
ESPINACA	0.60
NABO	0.90

Además la alfalfa es un cultivo que por sus características, sería deseable que esté presente en todas las cadenas forrajeras de los sistemas dedicados a la producción de carne y leche. En la Comuna de San Ramón donde se encuentra nuestra zona de estudio sus pobladores son campesinos indígenas que viven de la agropecuaria, es decir siembran la alfalfa para alimentar a sus ganados para la producción de leche principalmente y carne.

5.3 CÁLCULO DEL USO CONSUNTIVO

Comprende la cantidad de agua por unidad de tiempo usada en transpiración, formación de los tejidos de las plantas, evaporación del suelo adyacente y de la nieve, y precipitación interceptada por la vegetación. Dado que la proporción de agua usada en la formación de tejidos es muy pequeña, en relación con la evapotranspiración total, el uso consuntivo se ha supuesto igual a la evapotranspiración (figura 5.2).

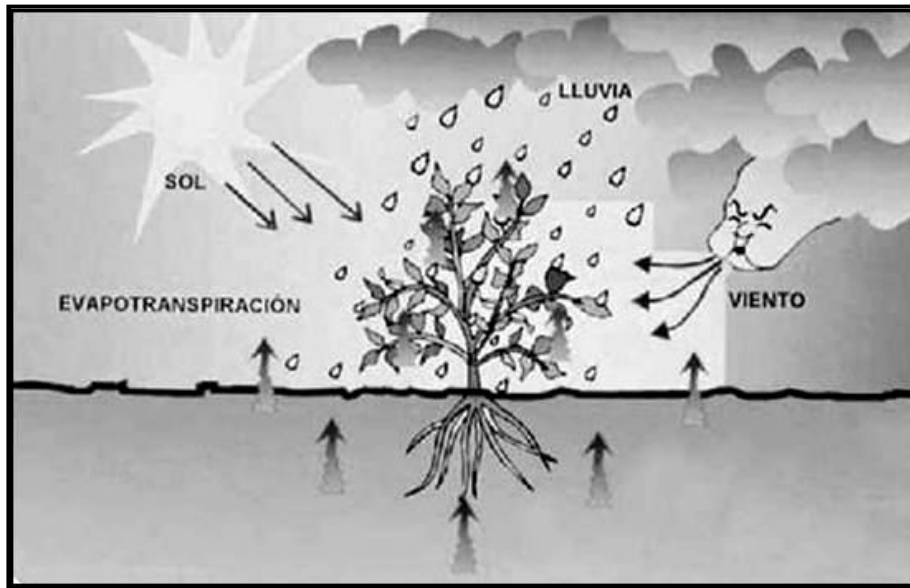


Figura 5.2 Esquema del proceso de evapotranspiración

El riego artificial tiene por fin el compensar el déficit de agua y la cantidad a agregar se la denomina como *Necesidad de riego o requerimiento de riego de los cultivos*.

Dado que el riego implica a su vez pérdida de agua, cabe distinguir el Requerimiento de derivación o dotación de riego en la finca, que tiene en cuenta las pérdidas de conducción y aplicación en la finca; y el Requerimiento o dotación de riego del proyecto, que incluye a su vez las pérdidas en las obras de conducción y de distribución del sistemas.

5.3.1 ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POR MEDIO DE FÓRMULAS

Como se ha visto, para poder determinar la evapotranspiración, es necesario contar con un equipo adecuado y hacer observaciones durante el período que comprende el ciclo vegetativo del cultivo; desgraciadamente no siempre se dispone del equipo ni el tiempo necesario para efectuar la determinación, entonces es una gran ayuda contar con

fórmulas que en función de datos climatológicos de las zonas nos den una estimación aproximada del valor de la evapotranspiración (figura 5.3).

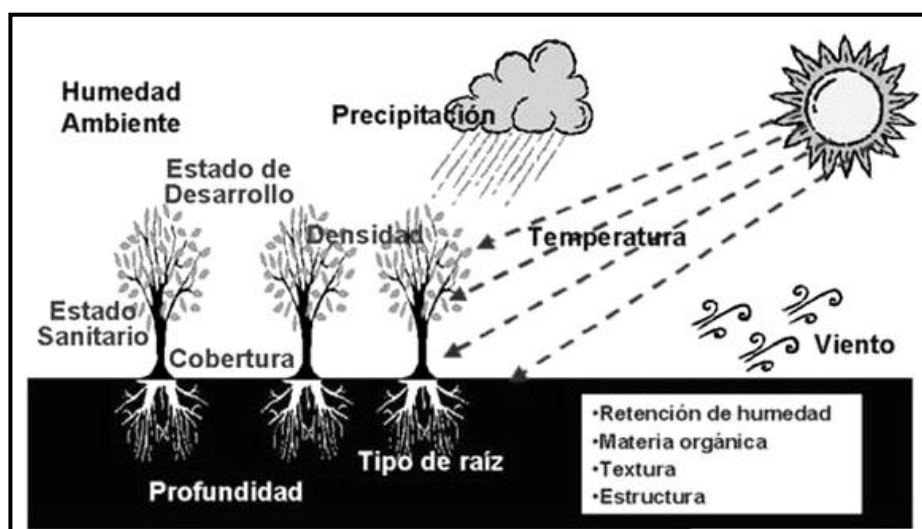


Figura 5.3 La evapotranspiración y las condiciones del clima, de los cultivos y de la humedad del suelo.

Existen varios investigadores que han tratado de relacionar los diferentes datos climatológicos con la evapotranspiración, logrando fórmulas que nos permiten estimarla con diferentes aproximaciones; para nuestro proyecto tomaremos el Método de Blaney – Criddle.

5.3.1.1 MÉTODO DE BLANEY - CRIDDLE

El método de Blaney – Criddle (1950) fue desarrollado para las condiciones del Oeste de los Estados Unidos, relacionando valores reales (actuales) de uso consuntivo, con la temperatura media mensual t , y el porcentaje mensual de las horas anuales del brillo solar p .

5.3.1.1.1 PRIMER MÉTODO DE CÁLCULO

La fórmula general, que permite determinar el uso consuntivo o Evapotranspiración real del mes, se escribe:

$$UC = K * F$$

Donde:

UC = Uso Consuntivo

K = Coeficiente estacional que depende del cultivo (Tabla 5.3).

F = Σf

$$f = \frac{\sum P * t}{100} \text{ (Los valores son mensuales y en pulgadas)}$$

T = Temperatura media mensual en grados Fahrenheit.

p = Porcentaje de hora luz (Tabla 5.4 y Tabla 5.5).

Cuando los valores se tomen en grados centígrados:

$$f = \sum P * \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right)$$

$${}^{\circ}C = \frac{5}{9} * ({}^{\circ}F - 32)$$

$$UC = K * F \text{ En centímetros.}$$

Tabla 5.3: Coeficiente estacional de uso consuntivo para definir el cultivo.

CULTIVO	PERIODO VEGETATIVO	K (CÁLCULO GLOBAL)
Algodón	7 meses	0.60 a 0.65
Alfalfa	Entre heladas En invierno	0.80 a 0.85 0.60
Arroz	3 a 5 meses	1.00 a 1.20
Cereales	3 meses	0.75 a 0.85
Cítricos	7 meses	0.50 a 0.65
Frijol	3 meses	0.60 a 0.70
Jitomate	4 meses	0.70
Maíz	4 meses	0.75 a 0.85
Nogales	todo el año	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 a 0.75
Pastos	todo el año	0.75
Remolacha	6 meses	0.65 a 0.75
Sorgo	4 a 5 meses	0.70

Tabla 5.4: Tanto por ciento de Horas de Sol Diarias (Latitud de 0° a 60° al Norte).

NORTE												
Latitud 0°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	8.50	7.66	8.49	8.27	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.32	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.20	7.75	7.88
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
25	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
30	7.30	7.03	8.36	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
32	7.20	6.97	8.37	8.76	9.62	9.59	9.77	9.27	8.34	7.95	7.11	7.05
34	7.10	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.92
36	6.99	6.85	8.35	8.85	9.82	9.82	9.99	9.40	8.37	7.85	6.92	6.79
38	6.87	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	6.52
42	6.63	6.65	8.31	9.00	10.14	10.22	10.35	9.62	8.40	7.69	6.62	6.37
44	6.49	6.58	8.30	9.05	10.26	10.30	10.49	9.70	8.41	7.63	6.49	6.21
46	6.34	6.50	8.29	9.12	10.33	10.54	10.54	9.79	8.42	7.57	6.36	6.04
48	6.17	6.41	8.27	9.18	10.53	10.71	10.80	9.89	8.44	7.51	6.23	5.85
50	5.90	6.30	8.24	9.24	10.68	10.91	10.99	10.00	8.46	7.45	6.10	5.65
52	5.77	6.19	8.21	9.29	10.05	11.13	11.20	10.12	8.49	7.39	5.93	5.43
54	5.55	6.08	8.18	9.36	11.03	11.38	11.43	10.26	8.51	7.30	5.74	5.18
56	5.30	5.95	8.15	9.45	11.22	11.67	11.69	10.49	8.53	7.21	5.54	4.89
58	5.01	5.81	8.12	9.55	11.46	12.00	11.98	10.55	8.55	7.10	4.31	4.56
60	4.67	5.65	8.08	9.65	11.74	12.39	12.31	10.70	8.57	6.98	5.04	4.22

Tabla 5.5: Tanto por ciento de Horas de Sol Diarias (Latitud de 0° a 46° al Sur).

SUR												
Latitud 0°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.50	7.76	7.76	8.51	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	8.60
10	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.17	8.17	8.62	8.53	8.88
15	9.05	7.98	8.55	8.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.68	8.70	9.10
20	9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
25	9.46	8.21	8.60	7.84	7.66	7.20	7.54	7.90	8.11	9.86	9.04	9.58
30	9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85
32	9.81	8.39	8.83	7.69	7.36	6.85	7.21	7.70	8.06	9.01	9.33	9.96
34	9.92	8.45	8.64	7.64	7.27	6.74	7.10	7.63	8.05	9.06	9.42	10.08
36	10.03	8.51	8.65	7.59	7.18	6.62	6.90	7.56	8.04	9.11	9.51	10.21
38	10.15	8.57	8.66	7.54	7.08	6.50	6.87	7.49	8.03	9.16	9.61	10.34
40	10.27	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49
42	10.40	8.70	8.68	7.44	6.85	6.23	6.64	7.33	8.01	9.26	9.82	10.64
44	10.54	8.78	8.69	7.38	6.73	6.08	6.51	7.25	7.99	9.31	9.94	10.80
46	10.69	8.86	8.70	7.32	6.61	5.92	6.37	7.16	7.96	9.37	10.07	10.97

Para nuestro proyecto el Cultivo Patrón que hemos asumido es la ALFALFA, cuyo ciclo vegetativo es prácticamente todo año en el Ecuador.

La Comuna San Ramón se encuentra en la Zona de la Latitud Sur $0^{\circ} 45'$ como se puede apreciar en la figura 5.4.

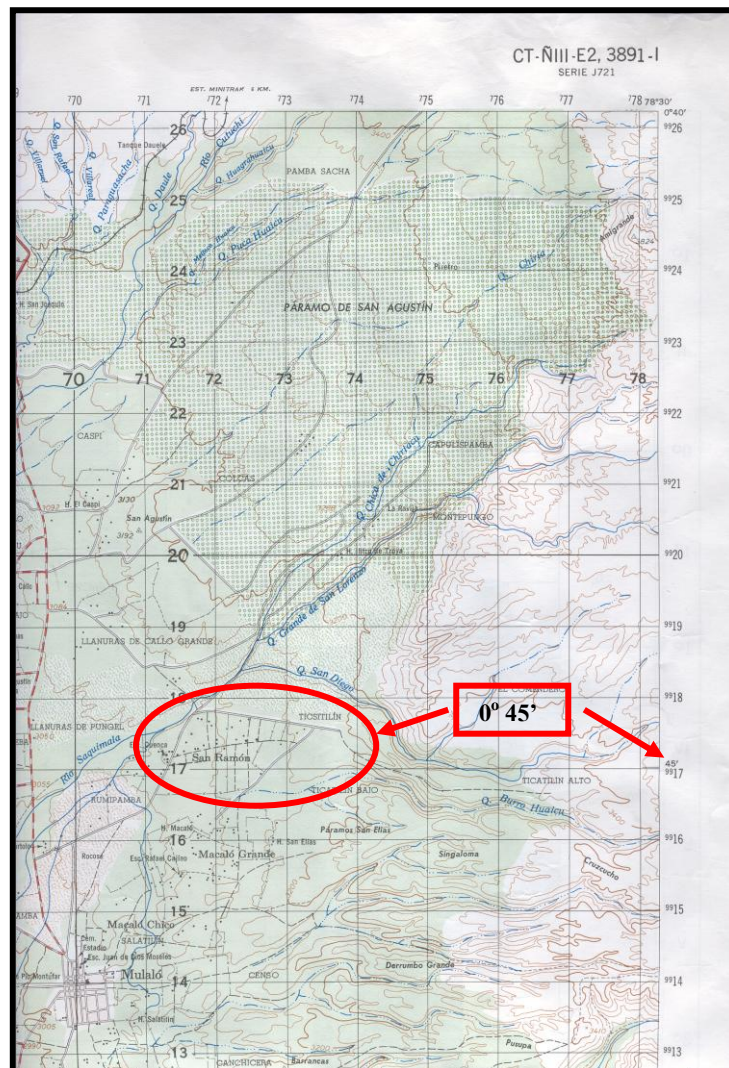


Figura 5.4 Carta Topográfica MULALO CT-ÑIII-E2, 3891-I. Ubicación de la Comuna San Ramón en la Zona de la Latitud Sur $0^{\circ} 45'$.

Como ya se detalló en el Capítulo III, en la Tabla 3.3 los datos de la Temperatura Media Mensual de la Estación Meteorológica COTOPAXI (CLIRSEN) que es la más cercana a nuestra Zona del Proyecto; estos datos se encuentran detallados en la columna de Temperatura de la tabla 5.6.

Tabla 5.6: Cálculo del Uso Consuntivo por el Primer Método de Blaney - Criddle.

MES	TEMPERATURA °C	p	f = p((t+17.8)/21.8)	K	UC
ENERO	8.30	8.50	10.18 cm.	0.60	6.11 cm.
FEBRERO	8.30	7.66	9.17 cm.	0.60	5.50 cm.
MARZO	8.30	8.49	10.16 cm.	0.60	6.10 cm.
ABRIL	8.30	8.21	9.83 cm.	0.60	5.90 cm.
MAYO	8.30	8.50	10.18 cm.	0.60	6.11 cm.
JUNIO	8.00	8.22	9.73 cm.	0.60	5.84 cm.
JULIO	7.90	8.50	10.02 cm.	0.60	6.01 cm.
AGOSTO	8.00	8.49	10.05 cm.	0.60	6.03 cm.
SEPTIEMBRE	8.00	8.21	9.72 cm.	0.60	5.83 cm.
OCTUBRE	8.10	8.50	10.10 cm.	0.60	6.06 cm.
NOVIEMBRE	8.20	8.22	9.80 cm.	0.60	5.88 cm.
DICIEMBRE	8.40	8.50	10.22 cm.	0.60	6.13 cm.
TOTAL			119.15 cm.		71.49 cm.

El valor seleccionado para K = 0.60 por tratarse de una región donde la mayor parte del tiempo del año pasa en invierno.

$$UC = K * F$$

$$UC = 0.60 * 119.15 = 71.49 \text{ cm.}$$

Et valor obtenido es para todo el ciclo y nada puede decirse respecto de valores parciales, cuyo conocimiento es necesario para programar las láminas e intervalos de los riegos.

5.3.1.1.2 SEGUNDO MÉTODO DE CÁLCULO

Utilizando las gráfica del coeficiente de desarrollo Kc para nuestro Cultivo Patrón que es la Alfalfa, que se presenta en la figura 5.2; es posible estimar los usos consuntivos de períodos mensuales y no sólo el total del ciclo, en la forma que se explica a continuación .

$$UC = f * K_t * K_c$$

Se calculan los valores de K, de acuerdo con la expresión:

$$t(^{\circ}F) \rightarrow K_t = 0.0173 * t - 0.314$$

$$t(^{\circ}C) \rightarrow K_t = 0.03114 * t + 0.2396$$

Los coeficientes de cosecha (K_c) desarrollados experimentalmente reflejan la fisiología del cultivo, el grado de cubierta y la PET. Al utilizar los coeficientes es importante conocer como fueron derivados, puesto que son relaciones o razones empíricas de la ET_c y de la PET:

$$K_c = \frac{ET_c}{PET}$$

ET_c = Evapotranspiración de cosecha (Uso Consumtivo).

PET = Evapotranspiración potencial, mm/ día.

El K_c combinado incluye evaporación del suelo y de la superficie de la planta. La evaporación del suelo depende de la humedad en el suelo y de la exposición. La transpiración depende de la cantidad y naturaleza del área de hojas de la planta y de la disponibilidad del agua en la zona radical. El K_c puede ser ajustado a la disponibilidad de agua en el suelo y evaporación de la superficie. La distribución de K_c vs. Tiempo es conocida como la curva de cosecha (Figura 5.5).

De la figura 5.6 sacamos los coeficientes de desarrollo K_c de la Alfalfa para cada mes; que se encuentran representados en la Tabla 5.7.

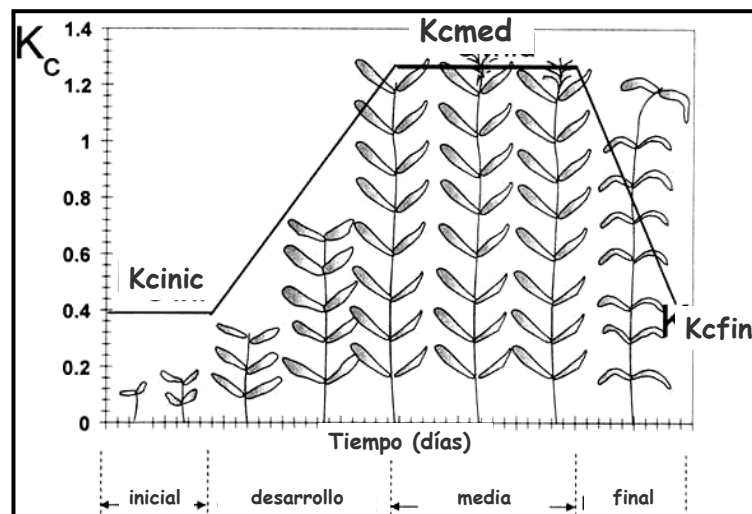


Figura 5.5 Esquema de la variación del coeficiente de cultivo (K_c).

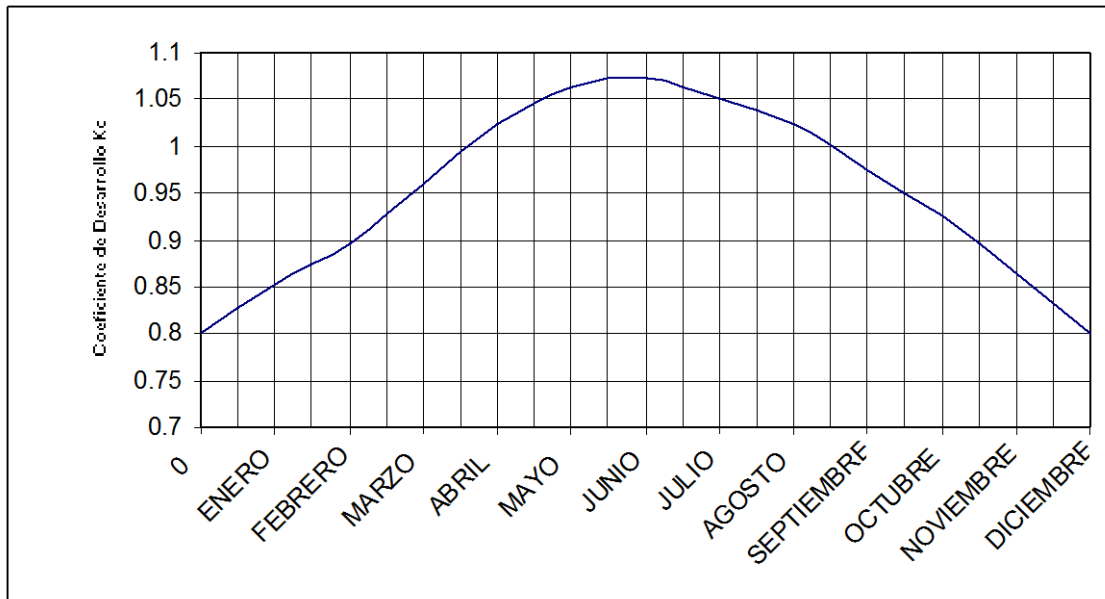


Figura 5.6 Gráfica de Coeficientes de Desarrollo Kc de la Alfalfa.

Tabla 5.7: Coeficientes de Desarrollo Kc de la Alfalfa para cada mes.

ENERO	0.85
FEBRERO	0.90
MARZO	0.96
ABRIL	1.03
MAYO	1.06
JUNIO	1.07
JULIO	1.05
AGOSTO	1.02
SEPTIEMBRE	0.98
OCTUBRE	0.93
NOVIEMBRE	0.87
DICIEMBRE	0.80

Con estos datos realizamos el cálculo del Uso consuntivo por el segundo método, desarrollado en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8: Cálculo del Uso Consuntivo por el Segundo Método de Blaney - Criddle.

MES	TEMPERATURA °C	p	f	Kt	f * Kt	Kc	UC
ENERO	8.30	8.50	10.18	0.498	5.07	0.85	4.31 cm.
FEBRERO	8.30	7.66	9.17	0.498	4.57	0.90	4.11 cm.
MARZO	8.30	8.49	10.16	0.498	5.06	0.96	4.86 cm.
ABRIL	8.30	8.21	9.83	0.498	4.90	1.03	5.04 cm.
MAYO	8.30	8.50	10.18	0.498	5.07	1.06	5.37 cm.
JUNIO	8.00	8.22	9.73	0.489	4.75	1.07	5.09 cm.
JULIO	7.90	8.50	10.02	0.486	4.87	1.05	5.11 cm.
AGOSTO	8.00	8.49	10.05	0.489	4.91	1.02	5.01 cm.
SEPTIEMBRE	8.00	8.21	9.72	0.489	4.75	0.98	4.65 cm.
OCTUBRE	8.10	8.50	10.10	0.492	4.97	0.93	4.62 cm.
NOVIEMBRE	8.20	8.22	9.80	0.495	4.85	0.87	4.22 cm.
DECIEMBRE	8.40	8.50	10.22	0.501	5.12	0.80	4.10 cm.
TOTAL			119.15				56.49 cm.

En este caso, la aplicación de los coeficientes Kt y Kc conducen a un valor de:

$$\begin{aligned}
 &71.49 \rightarrow 100\% \\
 &(71.49 - 56.49) \rightarrow X \\
 \Rightarrow X &= \frac{(71.49 - 56.49) * 100\%}{71.49} = 20.98\%
 \end{aligned}$$

20.98 % menor que el que resulta aplicando simplemente el coeficiente global. Este resultado, que puede considerarse muy alto, se debe a que los valores de Kc, se obtienen de experimentos en que los niveles de humedad fueron muy elevados (más de 12 riegos en el ciclo) y en una zona de verano sumamente cálido y baja humedad relativa.

Para estimar los usos consuntivos mensuales se procede a calcular los coeficientes climáticos (Kt) y de desarrollo (Kc) para encontrar los valores correspondientes, ajustándolos después con un nuevo coeficiente, de manera que el coeficiente global concuerde con el seleccionado de la Tabla 5.1.

$K = 0.60$ Coeficiente global seleccionado.

$$K' = \frac{\sum_1^n (f * K_t * K_c)}{\sum f} = \frac{56.49}{119.15} = 0.47 \text{ Coeficiente global obtenido.}$$

$$\frac{K}{K'} = \frac{0.60}{0.47} = 1.266$$

$UC' = 1.28 * UC$ Uso Consuntivo ajustado (Ver Tabla 5.9)

Tabla 5.9: Cálculo del Uso Consuntivo por el Segundo Método de Blaney – Criddle con el nuevo coeficiente.

MES	TEMP. °C	p	f	Kt	f * Kt	Kc	UC	K / K'	UC'
ENERO	8.30	8.50	10.18	0.498	5.07	0.85	4.31	1.2655	5.45 cm.
FEBRERO	8.30	7.66	9.17	0.498	4.57	0.90	4.11		5.20 cm.
MARZO	8.30	8.49	10.16	0.498	5.06	0.96	4.86		6.15 cm.
ABRIL	8.30	8.21	9.83	0.498	4.90	1.03	5.04		6.38 cm.
MAYO	8.30	8.50	10.18	0.498	5.07	1.06	5.37		6.80 cm.
JUNIO	8.00	8.22	9.73	0.489	4.75	1.07	5.09		6.44 cm.
JULIO	7.90	8.50	10.02	0.486	4.87	1.05	5.11		6.47 cm.
AGOSTO	8.00	8.49	10.05	0.489	4.91	1.02	5.01		6.34 cm.
SEPTIEMBRE	8.00	8.21	9.72	0.489	4.75	0.98	4.65		5.89 cm.
OCTUBRE	8.10	8.50	10.10	0.492	4.97	0.93	4.62		5.85 cm.
NOVIEMBRE	8.20	8.22	9.80	0.495	4.85	0.87	4.22		5.34 cm.
DICIEMBRE	8.40	8.50	10.22	0.501	5.12	0.80	4.10		5.18 cm.
TOTAL			119.15				56.49		71.49 cm.

5.4 BALANCE HÍDRICO (EXCESO O DEFICIENCIA DE AGUA)

Con el balance hídrico del suelo, se estudian por un lado las entradas o aportes de agua al suelo y por otro, las pérdidas o salidas (ver Tabla 5. 10). La diferencia entre aportes y pérdidas será el agua que queda en el terreno a disposición de la planta.

Tabla 5.10: Balance Hídrico de la Plantas³.

APORTES - GANANCIAS	PÉRDIDAS – CONSUMOS
Precipitaciones	A través de las plantas de maíz
Aportes de la capa freática	Drenaje en profundidad
Condensaciones	Escorrentía superficial
	Evaporación a través del suelo

5.4.1 PRECIPITACIONES

Las precipitaciones constituyen el principal aporte de agua al suelo, como ya lo hemos detallado y descrito en el Capítulo III.

³ Fuente: Hidalgo, L. (1993), tratado de viticultura, Ediciones Mundi-prensa, Madrid.

5.4.2 APORTACIONES DE LA CAPA FREÁTICA

Si la capa freática está próxima a la superficie del suelo la planta puede tomar agua de ella. Esta situación se produce en muy raras situaciones.

5.4.3 CONDENSACIONES

Las condensaciones hacen que la humedad del aire se deposite en forma de pequeñas gotas de agua sobre las partes aéreas de la planta. Esta aportación es difícil de medir y nunca supone un aporte de humedad importante para la planta.

5.4.4 DRENAJE EN PROFUNDIDAD

Cuando tras la lluvia intensa el suelo se satura de agua, por gravedad, pasa a las capas más profundas del suelo no pudiendo ser aprovechada por las raíces.

La velocidad de drenaje depende de la estructura del suelo. En suelos arenosos se producen mayores pérdidas de agua por drenaje que en los suelos arcillosos, ya que estos últimos tienen mayor capacidad de retención del agua. Por lo general es cien veces menor valor de la evaporación en tierras cultivadas.

5.4.5 EVAPORACIÓN

La evaporación es la pérdida de humedad de la capa superficial del suelo por efecto de las altas temperaturas. Al calentarse la superficie del suelo el agua se transforma en vapor y se difunde a la atmósfera. Para nuestro país se tiene un valor entre 5 y 10 mm.

5.4.6 ESCORRENTÍA

Generalmente tras una intensa lluvia y en terrenos con algo de pendiente se producen pérdidas importantes por escorrentía, es decir, el agua se desliza rápidamente por la

superficie del terreno hacia las zonas más bajas quedando fuera del alcance de las raíces. Puede ser grande en sistemas de riego por superficie pero, por lo general, en riego localizado no hay pérdidas por escorrentía.

5.4.7 AGUA TRANSPIRADA POR LAS PLANTAS

El agua forma parte de los órganos y tejidos de la planta. Además es el medio que comunica las raíces con las hojas. Las hojas transpiran intercambiándose gases y vapor de agua con la atmósfera a través de los estomas.

Cuando las células tienen agua suficiente, los estomas permanecen abiertos, permitiendo realizar sus funciones fisiológicas. Cuando el nivel de humedad del suelo es tal que las raíces no pueden absorber el agua para mantener la transpiración, los estomas se cierran y la actividad de la planta se reduce.

En resumen, considerando que tanto el aporte de la capa freática como el de las condensaciones suponen un incremento despreciable del contenido de humedad en el suelo. A la hora de instalar cualquier sistema de riego, solo se considerarán como aportes de agua externos las precipitaciones. Dentro de las pérdidas de humedad se considerarán: el agua transpirada a través de las cepas (Uso consuntivo) y la evaporación desde el suelo.

Tabla 5.11: Balance hídrico mensual para nuestra zona de estudio⁴.

MES	INGRESO	PÉRDIDAS		BALANCE HIDRICO MENSUAL (mm.)	
	PRECIPITA.	U.C.	EVAPOR.		
ENERO	15.82 mm.	5.45 cm.	5 mm.	59.52 mm.	-43.70 mm.
FEBRERO	16.89 mm.	5.20 cm.		57.02 mm.	-40.13 mm.
MARZO	16.74 mm.	6.15 cm.		66.50 mm.	-49.76 mm.
ABRIL	20.95 mm.	6.38 cm.		68.81 mm.	-47.86 mm.
MAYO	16.77 mm.	6.80 cm.		72.99 mm.	-56.22 mm.
JUNIO	14.98 mm.	6.44 cm.		69.38 mm.	-54.40 mm.
JULIO	10.32 mm.	6.47 cm.		69.66 mm.	-59.34 mm.
AGOSTO	8.62 mm.	6.34 cm.		68.39 mm.	-59.77 mm.
SEPTIEMBRE	15.54 mm.	5.89 cm.		63.89 mm.	-48.35 mm.
OCTUBRE	16.00 mm.	5.85 cm.		63.46 mm.	-47.46 mm.
NOVIEMBRE	14.85 mm.	5.34 cm.		58.42 mm.	-43.57 mm.
DICIEMBRE	16.38 mm.	5.18 cm.		56.83 mm.	-40.45 mm.
		71.49 cm.			-591.02 mm.

Con los resultados obtenidos apreciamos que la cantidad de agua existente en la zona de nuestro proyecto de riego no satisface las necesidades de agua para cubrir las dosis de los diferentes tipos de cultivos y en especial nuestro cultivo patrón, en la figura 5.7 podemos comparar la cantidad de agua que ingresa mediante la precipitación y el agua que se necesita para cubrir la demanda o usos consuntivo de nuestro cultivo patrón (Alfalfa) y el agua que se pierde por la evaporación.

⁴ Se adoptaron los valores de la precipitación mensual de la Estación Meteorológica de Cotopaxi (CLIRSEN) por ser la más cercana a la zona de estudio de nuestro proyecto. En la Evaporación hemos adoptado el valor mínimo (5mm.)

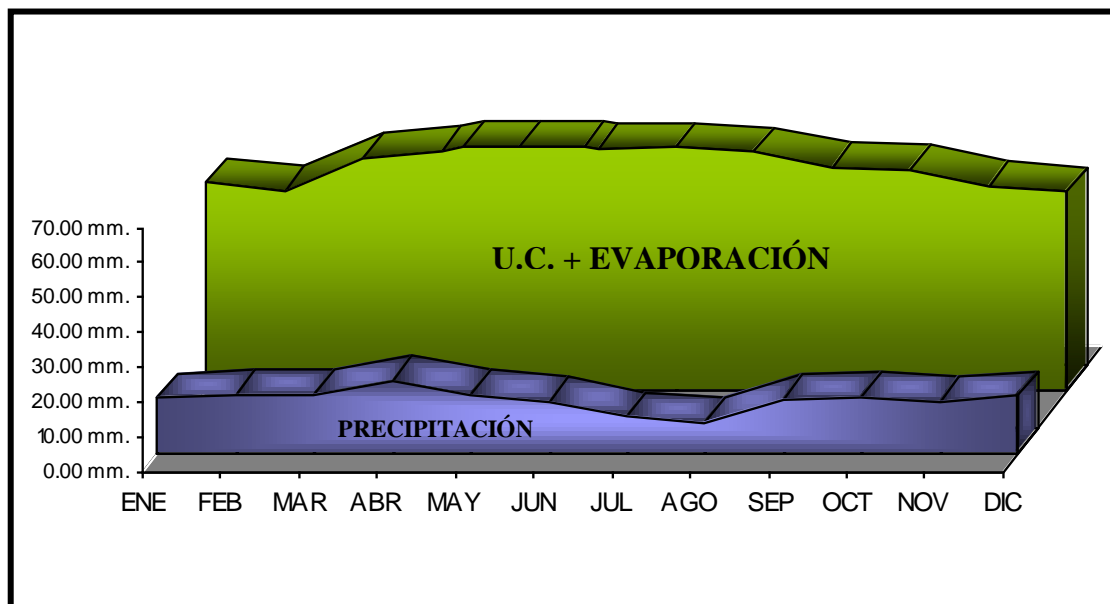


Figura 5.7 Balance Hídrico en la Zona del Proyecto.

El balance hídrico facilita la determinación de las posibilidades de explotación agraria de una zona, la confección del programa de cultivo de acuerdo con las exigencias climáticas y de mercado; y sienta sólidas bases para el plan de obras hidráulicas a realizarse.

Con todo lo mencionado anteriormente podemos demostrar que la ejecución de nuestro proyecto de riego por aspersión para esta zona, es justificado por el déficit mensual de agua para cubrir las diferentes dosis de los cultivos.

CAPÍTULO VI

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

RESUMEN:

Son parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, alcance, partes, etc. deben formar parte del estudio técnico antes mencionado.

El primer elemento esencial que ha de calcular el ingeniero encargado de establecer un proyecto de puesta en riego, es el caudal de derivación, o caudal a obtener del manantial natural (río, manantial, lago, etc.) para satisfacer las necesidades de la zona a regar.

Si se quiere determinar lógicamente el caudal necesario para regar un conjunto agrícola determinado, es preciso primero conocer con precisión las superficies que van a ser cultivadas, la naturaleza de los suelos y de los cultivos que van a practicarse a fin de disponer de las curvas de consumo de las plantas que hay que cultivar.

Para la alfalfa, que es nuestro cultivo patrón, su raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos.

Con el tiempo que calcularemos más adelante justificaremos la entrega de agua en todo el sistema de riego durante las 12,5 horas de luz que existen en un día (0600 – 1830H), de lunes a sábado, dejando el domingo para mantenimiento del sistema de riego.

6.1 DISEÑO DE LOS ASPERSORES

Son parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, alcance, partes (ver figura 6.1), etc. deben formar parte del estudio técnico antes mencionado.

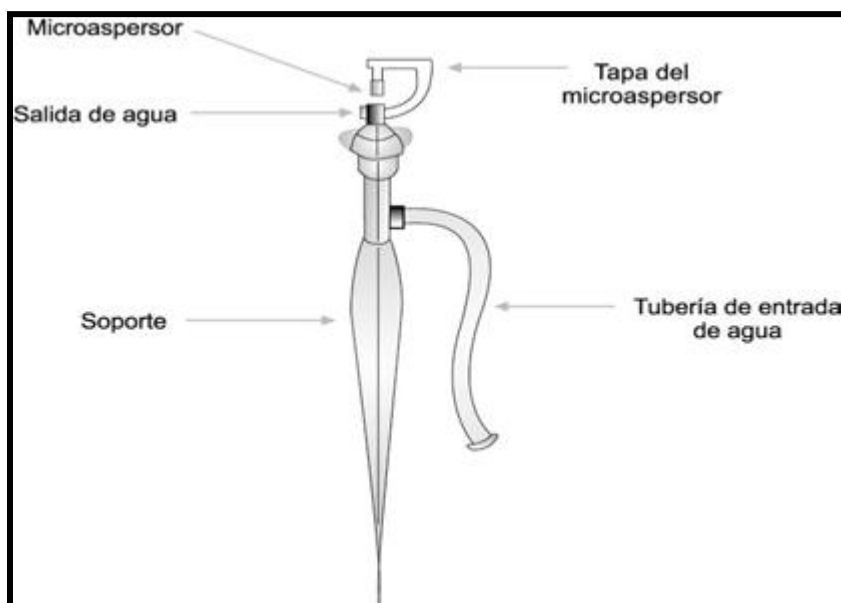


Figura 6.1 Diagrama de un Microaspersor

Los más utilizados en la agricultura son los giratorios porque giran alrededor de su eje y permiten regar superficies de 40°, 90°, 180°, 270° y 360°, al utilizar un deflector, lo que resulta de utilidad en algunos diseños en jardines, por ejemplo, para evitar mojar troncos de árboles, senderos o luces.

Impulsados por la presión de trabajo del agua que determina el diámetro de mojado del microaspersor o microjet, de esta manera a mayor presión, mayor radio de alcance, entregando además mayor caudal.

El modelo de Aspersor que hemos adoptado por recomendación de los técnicos de ISRARIEGO para nuestro diseño es de Volumen reducido y Espaciamiento Extra -1/2" 501-U cuyos datos técnicos y aplicaciones anotamos a continuación:

6.1.1 DATOS TÉCNICOS

Un modelo de microaspersor puede tener varios rotores, identificados por su color, los que determinan la salida de un cierto caudal a una cierta presión de operación. Trabajar sobre o bajo la presión adecuada de trabajo (especificada por el proveedor), determina un riego desuniforme.

Tabla 6.1: Datos Técnicos del aspersor de Volumen reducido y Espaciamiento Extra -1/2"

501-U

BOQUILLA	PRESIÓN	DENSIDAD DE RIEGO	DIÁMETRO
16 mm Roja	1.5 baras	100 lit/h	11.5 m.
	2.0 baras	117 lit/h	13.0 m.
	2.5 baras	131 lit/h	13.5 m.
	3.0 baras	144 lit/h	13.5 m.
	3.5 baras	155 lit/h	14.0 m.
18 mm Verde	1.5 baras	138 lit/h	12.0 m.
	2.0 baras	160 lit/h	13.0 m.
	2.5 baras	178 lit/h	14.0 m.
	3.0 baras	196 lit/h	14.0 m.
	3.5 baras	212 lit/h	14.0 m.
20 mm Azul	1.5 baras	170 lit/h	13.5 m.
	2.0 baras	195 lit/h	14.0 m.
	2.5 baras	217 lit/h	15.0 m.
	3.0 baras	236 lit/h	15.5 m.
	3.5 baras	253 lit/h	15.5 m.
22 mm Amarillo	1.5 baras	187 lit/h	13.5 m.
	2.0 baras	219 lit/h	14.0 m.
	2.5 baras	244 lit/h	15.5 m.
	3.0 baras	267 lit/h	16.0 m.
	3.5 baras	288 lit/h	16.0 m.
Conector a Tubería: hembra de 1/2"			
Peso: 39 gr. (sin los soportes para el terreno.)			
Espaciamiento Max. : 10 m.			
Densidad: 15 mm/h			
Presión: 1.5 a 3.5 baras			

Los datos técnicos que se encuentran marcados, son los datos¹ que usaremos para realizar los cálculos respectivos; que veremos más adelante.

¹ Para nuestro cálculo que veremos más adelante vamos a adoptar el espaciamiento máximo entre los aspersores de 10 m. puesto que en la zona donde se encuentra el sistema de riego existen vientos fuertes.

6.1.2 APLICACIONES PRINCIPALES

- Irrigación en altura y germinación de hortalizas, patatas, flores, viveros e invernaderos.
- Desarrollados especialmente con los soportes modelos 50 para aspersor 501-U que es una varilla galvanizada de 8 mm. tubo y conectores rápidos de polietileno de 8 mm de diámetro (ver figura 6.2).

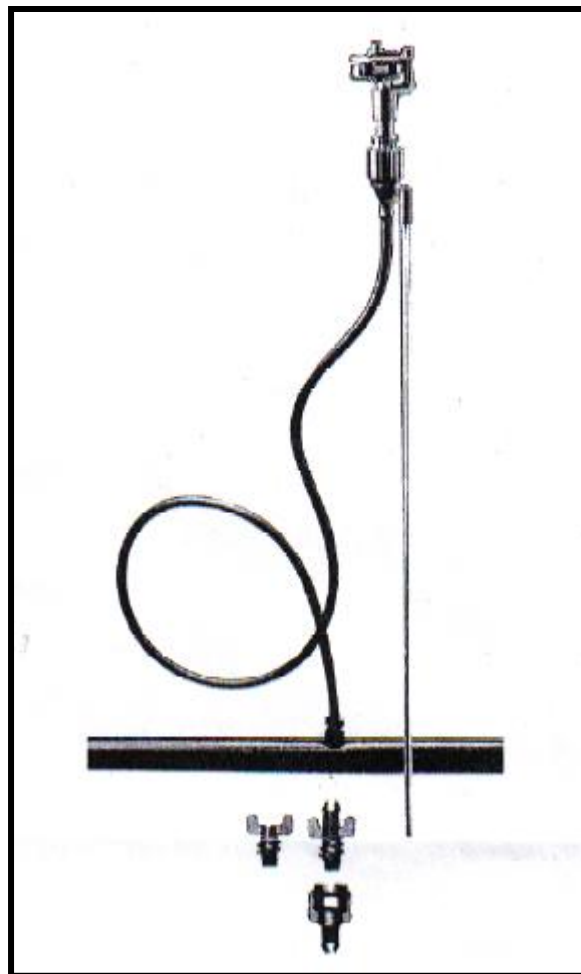


Figura 6.2 Aspersor de Volumen reducido y Espaciamiento Extra -1/2" 501-U

- Excelente uniformidad de distribución del agua.
- Gotas muy pequeñas de agua que impiden la formación de costras y drenaje, proporcionando condiciones perfectas de germinación.

- Acoples rápidos codificados a color para una fácil identificación.
- Sus bajos volúmenes de flujo y sus amplias capacidades de espaciamento crean una baja precipitación y permiten la irrigación de terrenos muy amplios al mismo tiempo.
- Su construcción simple facilita las tareas de mantenimiento.
- Eje y resorte de acero inoxidable.
- Materiales plásticos de alto impacto, que proporcionan resistencia a la corrosión y a los agentes químicos.

6.2 DETERMINACIÓN DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

6.2.1 CAUDAL DE DERIVACIÓN

El primer elemento esencial que ha de calcular el ingeniero encargado de establecer un proyecto de puesta en riego, es el caudal de derivación, o caudal a obtener del manantial natural (río, manantial, lago, etc.) para satisfacer las necesidades de la zona a regar.

Este caudal es un elemento fundamental en el cálculo de las dimensiones de las obras de fábrica que hay que prever y en particular del canal muerto que está encargado de llevarlo a los lugares de utilización. (Ver figura 6.3)

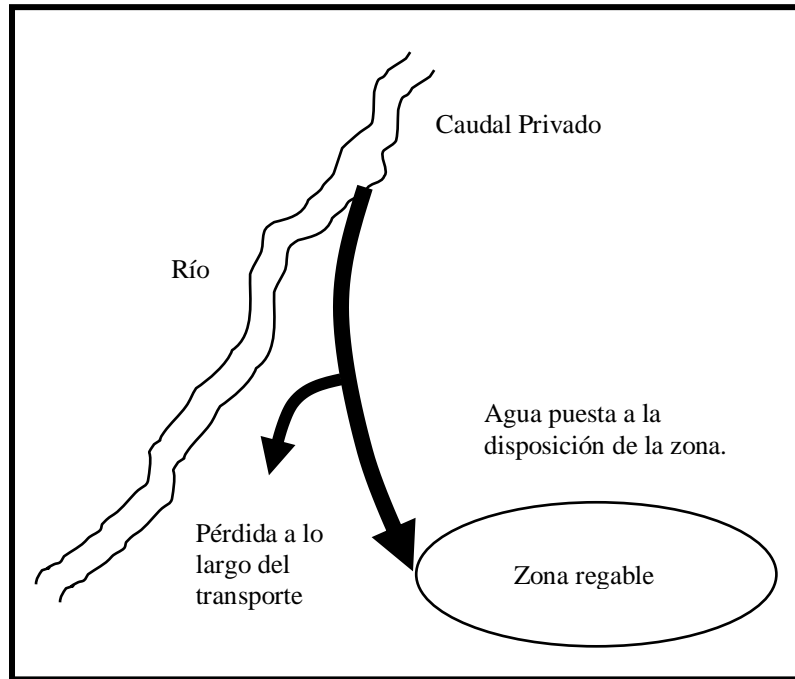


Figura 6.3 Caudal de Derivación

Pero este caudal es variable según las necesidades mensuales de las plantas y las obras deben ser calculadas para llevar un caudal máximo, es indispensable cuando el agua escasea y resulta costosa, conocer con precisión la variación de los caudales necesarios en el transcurso del mes, con el fin de proporcionar tan exactamente como sea posible, el agua distribuida a las necesidades de las plantas.

6.2.1.1 DETERMINACIÓN RACIONAL DEL CAUDAL DE DERIVACIÓN

Si se quiere determinar lógicamente el caudal necesario para regar un conjunto agrícola determinado, es preciso primero conocer con precisión las superficies que van a ser cultivadas, la naturaleza de los suelos y de los cultivos que van a practicarse a fin de disponer de las curvas de consumo de las plantas que hay que cultivar.

La determinación de estos datos en la región interesada, será naturalmente facilitada por el ingeniero, si existen estaciones agronómicas; sino, se deberá proceder a las

experiencias, ensayos y estudios indispensables, lo que puede requerir plazos bastante largos.

El problema se plantea de manera sencilla en regiones de monocultivo; no cambia de naturaleza, pero se vuelve más delicado y más complejo en las regiones de policultivo donde es preciso tener en cuenta las rotaciones de los cultivos.

En la zona de la Comuna de San Ramón, los campesinos usan la tierra para policultivos, como se explico en el Capítulo V.

6.2.1.2 ZONA DE POLICULTIVO

En las regiones donde se lleva acabo el policultivo, es preciso completar los datos base con la determinación de la rotación de cultivos que se seguirá y de las superficies dedicadas a cada cultivo. Se estudia a continuación para cada cultivo las necesidades mensuales y el reparto de los riegos. En fin, se fijan las dosis que hay que emplear teniendo en cuenta la naturaleza del suelo por una parte y la de los cultivos por otra. Se calcula separadamente para cultivo el caudal mensual necesario, como si se tratara de un monocultivo, es decir este caudal será proporcional a la superficie anual cultivada y al consumo de la planta en agua en las distintas épocas del año; se aumenta el porcentaje (20-30) necesario para tener en cuenta las pérdidas en los canales o tuberías.

Se agrupan después los distintos caudales mensuales para obtener el caudal total necesario. El cálculo debe hacerse ampliamente y no hay que olvidar los 20 o 30 % de agua perdida en los canales y en tuberías el 5%; hay que tener en cuenta igualmente las extensiones, los cambios de las labores, etc.

6.2.1.3 LA DOSIS DE RIEGO

6.2.1.3.1 EL SUELO DEPÓSITO NATURAL

Conocemos por simple observación de las condiciones naturales, el papel del suelo como regulador de la humedad. Sabemos que las plantas consumen agua de una manera continua, mientras que las lluvias no caen sino de una manera intermitente, ya sea en las regiones áridas donde son extremadamente escasas, ya en las regiones donde estas precipitaciones bastan para asegurar el completo desarrollo de la plantas.

Si a pesar de esta aportación irregular de agua, las plantas pueden alimentarse de manera regular y proseguir sin interrupción su crecimiento normal, se lo deben al suelo. En efecto, representa el papel de un depósito donde las plantas toman lo que necesitan. Pero este depósito, llenado por las precipitaciones atmosféricas, puede, en caso de sequía persistentes, vaciarse más allá de un límite tal que las plantas no pueden ya arrancar al suelo la poca humedad que queda en él.

6.2.1.3.2 EL AGUA DISPONIBLE PARA LAS PLANTAS

Las plantas disponen como máximo, de la humedad correspondiente a la diferencia entre el punto de retención y el punto de marchitamiento.

En efecto, una humedad superior al punto de retención desaparece rápidamente, o si subsiste durante algún tiempo, se opone por asfixia, a un desarrollo normal de las raíces. Por otra parte, una humedad inferior al punto de marchitamiento, queda retenido demasiado enérgicamente por el suelo y las plantas no pueden absorberla.

Estos dos factores físicos se encuentran detallados en la Tabla 6.2 donde se han intentado resumir los valores medios de las diversas propiedades físicas que caracterizan a los suelos regados. No hay duda que en algunos casos estos valores se

verían sobrepasados por condiciones particulares de los terrenos; no obstante, la tabla encuentra aplicación en la mayoría de las zonas. Resulta de gran utilidad el estudio de las propiedades físicas del suelo para de esta manera llegar a formar una idea clara de las variaciones que produzcan en los terrenos de regadío.

Tabla 6.2: Propiedades Físicas de los Suelos¹.

TEXTURA DEL SUELO	FILTRACIÓN Y PERMEABILIDAD	TOTAL ESPACIO POROSO	PESO ESPECÍFICO APARENTE	CAPACIDAD DEL CAMPO	MARCHITEZ PERMANENTE	HUMEDAD TOTAL UTILIZABLE		
						PESO SECO	VOLUMEN	cm/m
	II	W	As	FC	PW	P=FC-PW	PV=PW.As	d=(PW.As.D)/100
Arenoso	5 (2.5 - 7.5)	38 (32 - 42)	1.65 (1.55 - 1.80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)	8 (6 - 10)	8 (7 - 10)
Franco - Arenoso	2.5 (1.3 - 7.6)	43 (40 - 47)	1.5 (1.40 - 1.60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	12 (9 - 15)
Franco	1.3 (1.3 - 7.6)	47 (43 - 49)	1.4 (1.35 - 1.50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	17 (14 - 19)
Franco - Arcilloso	0.8 (0.25 - 1.5)	49 (47 - 51)	1.35 (1.30 - 1.40)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	14 (12 - 16)	19 (15 - 22)	19 (17 - 22)
Arcillo - Arenoso	0.25 (0.03 - 0.5)	51 (49 - 53)	1.3 (1.25 - 1.35)	31 (27 - 35)	15 (12 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	23 (18 - 23)
Arcilloso	0.05 (0.01 - 0.1)	53 (51 - 55)	1.25 (1.20 - 1.30)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	23 (20 - 25)

Como ya expusimos en el Capítulo II en nuestra zona del proyecto de riego por el clima frío y húmedo, y la baja presión atmosférica que favorecen la acumulación de la materia orgánica en el suelo., tenemos suelos que son generalmente clasificados como Andosoles en la “World Reference Base for Soil Resources” (FAO/ISRIC/ISSS, 1998), o Andisoles en la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003). En áreas más saturadas por agua o en zonas con menor influencia volcánica, se desarrollan Histosoles. (Buytaert, 2004). En zonas más empinadas o donde hay afloramientos de roca, son más los Regosoles (Dercon et al., 1998). Esto se puede entender mejor cuando se comparan las curvas de retención de humedad de los Andosoles con las correspondientes a los suelos

¹ Los intervalos normales son consignados entre paréntesis. La humedad fácilmente utilizable representa un 75% de la totalmente utilizable.

“comunes”, éstos son todos aquellos suelos que están concentrados en el rango comprendido entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos.

Con esta aclaración el terreno de la zona ha regar, presenta las características siguientes:

- Punto de retención: $H_{VT} = 0.32$
- Punto de marchitamiento: $H_{Vf} = 0.17$
- El agua disponible por m³ de suelo será: $1\text{m}^3 * (0.32-0.17) = 0.15\text{ m}^3 \approx 150\text{ lit.}$

Esta noción de agua disponible es muy importante; constituye el fundamento de los riegos.

6.2.1.3.3 DOSIS MÁXIMA DE RIEGO

El suelo constituye pues, un depósito natural cuya capacidad por m³ ya conocemos ahora. Pero las plantas no se aprovechan de la humedad del suelo sino hasta cierta profundidad, más allá de la cual, las raíces no pueden absorberla; la absorción del agua por otra parte variable según la profundidad y la densidad del sistema radicular.

Para la alfalfa, que es nuestro cultivo patrón, su raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias. Posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes que dan lugar a los tallos. Se ha medido su actividad radicular, y por ciento de la actividad total, por capas sucesivas de 0.30 cm. de profundidad (ver figura 6.4).

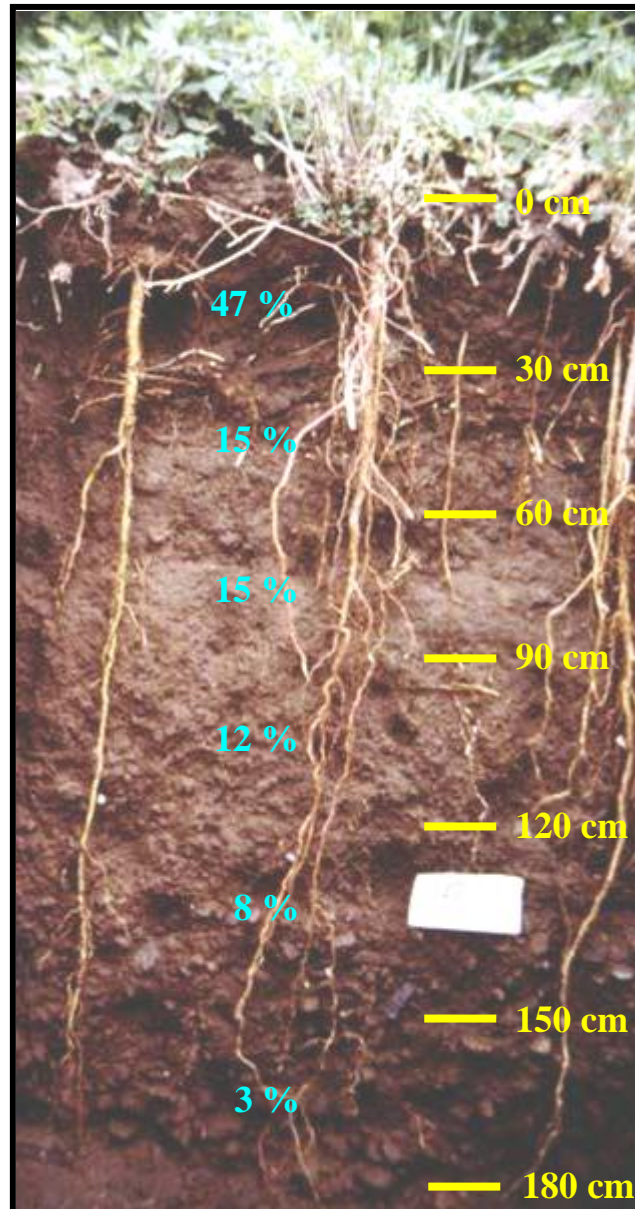


Figura 6.4 Actividad Radicular, y por ciento de la actividad total, por capas sucesivas de 30 cm. de profundidad de la alfalfa.

Entonces para nuestro cultivo patrón tiene una profundidad útil¹ de riego de 1.80 m. la

dosis máxima a dar por hectárea será:

$$D_m = 10000m^2 * h * (H_{vT} - H_{vF})$$

$$D_m = 10000m^2 * 1.80m * (0.32 - 0.17)$$

$$D_m = 2700m^3 / ha$$

¹ h= profundidad útil del suelo explorado por las raíces (en metros).

Si se trata del primer riego anual en un país árido y sabemos el punto de higroscopicidad que es $H_{vh} = 0.07$, entonces la dosis máxima sería:

$$D_m = 10000m^2 * h * (H_{VT} - H_{vh})$$

$$D_m = 10000m^2 * 1.80m * (0.32 - 0.07)$$

$$D_m = 4500m^3 / ha$$

Pero como esto no es el caso para el Ecuador tomamos la primera dosis máxima calculada. Como podemos darnos cuenta la determinación de la dosis máxima requiere, pues, conocer los coeficientes hidráulicos del suelo y la profundidad útil de las raíces; partiendo de estos datos, la dosis se calcula fácilmente.

Esta forma de poder calcular la cantidad de agua que hay que dar en cada riego supone un gran progreso sobre el *empirismo de antaño fundado en la falsa idea de que cuanta agua se daba a la tierra, más abundante era la cosecha.*

6.2.1.3.4 DOSIS PRÁCTICA

En la práctica, la dosis que hay que dar durante los meses de mayores necesidades no deberá sobrepasar, en razón de las consideraciones acabamos de exponer, los dos tercios de la dosis máxima.

$$D_p = \frac{2}{3} D_m = \frac{2}{3} * 10000m^2 * h * (H_{VT} - H_{vf})$$

$$D_p = \frac{2}{3} * 2700m^3 / ha = 1800m^3 / ha$$

Se determina entonces, el número mensual de riegos.

Para hacerlo, se considera que: 1 riego = 1800 m³/ha = 0.18 m = 180 mm.

La dosis máxima, práctica y la equivalencia de 1 riego deben ser calculadas al igual como lo hemos hecho con el cultivo de alfalfa; para todos los tipos de cultivos que se dan y serán regados por medio del sistema de riego por aspersión (Ver Tabla 6.3).

Tabla 6.3: Cálculo de las dosis máxima y práctica de los cultivos de nuestra zona de riego.

CULTIVOS	PROFUNDIDAD UTIL DE LA ZONA RADICULAR h	H_{Vf}	H_{VT}	$(H_{Vf} - H_{VT})$	DOSIS MÁXIMA	DOSIS PRÁCTICA	1 RIEGO
ALFALFA	1.80 m.	0.32	0.17	0.15	2700 m ³ /ha	1800 m ³ /ha	180 mm.
FRÉJOL	0.80 m.				1200 m ³ /ha	800 m ³ /ha	80 mm.
BRÓCOLI	1.20 m.				1800 m ³ /ha	1200 m ³ /ha	120 mm.
COL	1.00 m.				1500 m ³ /ha	1000 m ³ /ha	100 mm.
ZANAHORIA	0.90 m.				1350 m ³ /ha	900 m ³ /ha	90 mm.
COLIFLOR	0.90 m.				1350 m ³ /ha	900 m ³ /ha	90 mm.
MAÍZ DULCE	1.00 m.				1500 m ³ /ha	1000 m ³ /ha	100 mm.
MAÍZ	1.20 m.				1800 m ³ /ha	1200 m ³ /ha	120 mm.
LECHUGA	0.45 m.				675 m ³ /ha	450 m ³ /ha	45 mm.
CEBOLLA	0.45 m.				675 m ³ /ha	450 m ³ /ha	45 mm.
PAPAS	1.00 m.				1500 m ³ /ha	1000 m ³ /ha	100 mm.
RÁBANOS	0.30 m.				450 m ³ /ha	300 m ³ /ha	30 mm.
ESPINACA	0.60 m.				900 m ³ /ha	600 m ³ /ha	60 mm.
NABO	0.90 m.				1350 m ³ /ha	900 m ³ /ha	90 mm.

Con la consideración del equivalente de 1 riego (ver Tabla 6.3) se determina, entonces el número mensual de riegos (ver Tabla 6.5); y apoyándonos en las necesidades de los diferentes cultivos practicados en la zona de nuestro proyecto de riego (ver Tabla 6.4.)

Tabla 6.4: Necesidades de los diferentes cultivos que se tienen en la zona de nuestro proyecto.

CULTIVOS	MES DE SIEMBRA	CICLO CULTIVO
ALFALFA	OCT - ENE	70 - 80 días
FRÉJOL	OCT - ENE	240 días
BRÓCOLI	OCT - ENE	70 - 80 días
COL	OCT - ENE	110 - 130 días
ZANAHORIA	OCT - ENE	90 - 120 días
COLIFLOR	OCT - ENE	90 - 110 días
MAÍZ DULCE	OCT - ENE	240 días
MAÍZ DURO	OCT - ENE	120 días
LECHUGA	OCT - ENE	70 - 80 días
CEBOLLA	OCT - ENE	70 - 80 días
PAPAS	OCT - ENE	70 - 80 días
RÁBANOS	OCT - ENE	70 - 80 días
ESPINACA	OCT - ENE	70 - 80 días

Con esta información se puede adoptar el número de riegos por mes que necesita cada cultivo y considerando los meses que son secos; para nuestra zona estos son: Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Tabla 6.5: Número de Riego mensual para cada cultivo.

CULTIVOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ALFALFA	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1
FRÉJOL	1	1				1	1	1	1	1		
BRÓCOLI	1	1	1			1	1	2	1		1	1
COL	1		1			1	1	1				
ZANAHORIA	1	1	1		1	1	1	2		1	1	1
COLIFLOR	1		1			1	1	1				
MAÍZ DULCE	1	1	1		1					1	1	1
MAÍZ	1	1				1	1	1	1	1		1
LECHUGA	1	1	1			1	1	1			1	1
CEBOLLA	1	1	1				1	1	1			1
PAPAS	1	1	1	1	1	2	2	2				1
RÁBANOS	1	1	1						2	1	1	1
ESPINACA	1	1	1			1	1	1	1			1
NABO	1	1	1				1	1	1			1

Para poder llegar a determinar el número de riegos por mes que se debe proporcionar a los diferentes cultivos, me he dirigido al IASA a obtener los datos de la Tabla 6.4 y como recomendaciones especiales, para nuestro país se tiene que los meses de siembra ideales son desde el mes de octubre hasta el mes de enero; y dentro del período que dura el ciclo de cultivo se le debe administrar la cantidad de agua que requiere cada tipo de cultivo. Esto nos permite calcular el caudal mensual a derivar en la Tabla 6.6 y la Tabla 6.7 donde se detalla el Cuadro del Cálculo del Caudal de Derivación para cada mes del ciclo vegetativo de los cultivos existentes en la zona de riego; estas tablas se desarrollan de la siguiente manera: en la primera columna colocamos los cultivos practicados en la zona, en la segunda columna se considera la superficie que aproximadamente se usa en cada cultivo de las 137.92 ha. que tiene nuestro proyecto de riego, en la tercera columna colocamos la dosis de cada cultivo calculada en la tabla 6.3, en la siguiente columna obtenemos el volumen de cada riego m^3/ha y este multiplicado por el número de riegos que debe tener cada cultivo en el respectivo mes no da como resultado el volumen mensual; y el total de este volumen debe ser dividido por el número de segundos al mes ($3600 \times 24 \times 30$) y sumado su 5% por pérdidas dándonos el caudal a derivar en $m^3/seg.$ de cada mes.

Tabla 6.6: CUADRO DEL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DERIVACIÓN DE ENERO A JUNIO.

CULTIVOS	Superficie (ha)	Dosis m³/ha	Volumen de cada riego en m³	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN	
				Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual
ALFALFA	66	1800 m³/ha	118800.00	1	118800.00	1	118800.00	1	118800.00	1	118800.00	1	118800.00	2	237600.00
FRÉJOL	12	800 m³/ha	9600.00	1	9600.00	1	9600.00							1	9600.00
BRÓCOLI	9	1200 m³/ha	10800.00	1	10800.00	1	10800.00	1	10800.00					1	10800.00
COL	9	1000 m³/ha	9000.00	1	9000.00			1	9000.00					1	9000.00
ZANAHORIA	4	900 m³/ha	3600.00	1	3600.00	1	3600.00	1	3600.00			1	3600.00	1	3600.00
COLIFLOR	4	900 m³/ha	3600.00	1	3600.00			1	3600.00					1	3600.00
MAÍZ DULCE	2	1000 m³/ha	2000.00	1	2000.00	1	2000.00	1	2000.00			1	2000.00		
MAÍZ	6	1200 m³/ha	7200.00	1	7200.00	1	7200.00							1	7200.00
LECHUGA	3	450 m³/ha	1350.00	1	1350.00	1	1350.00	1	1350.00					1	1350.00
CEBOLLA	4	450 m³/ha	1800.00	1	1800.00	1	1800.00	1	1800.00						
PAPAS	8	1000 m³/ha	8000.00	1	8000.00	1	8000.00	1	8000.00	1	8000.00	1	8000.00	2	16000.00
RÁBANOS	2	300 m³/ha	600.00	1	600.00	1	600.00	1	600.00						
ESPINACA	4	600 m³/ha	2400.00	1	2400.00	1	2400.00	1	2400.00					1	2400.00
NABO	5	900 m³/ha	4500.00	1	4500.00	1	4500.00	1	4500.00						
Volumen Total en m³					183250.00		170650.00		166450.00		126800.00		132400.00		301150.00
Caudal Mínimo equivalente (m³/seg)					0.0707		0.0658		0.0642		0.0489		0.0511		0.1162
Pérdidas externas alrededor del 5% (1)					<u>0.0035</u>		<u>0.0033</u>		<u>0.0032</u>		<u>0.0024</u>		<u>0.0026</u>		<u>0.0058</u>
CAUDAL A DERIVAR en m³/seg.					0.0742		0.0691		0.0674		0.0514		0.0536		0.1220
CAUDAL A DERIVAR en lit/seg.					74.23		69.13		67.43		51.37		53.63		121.99

(1) Se supone un transporte de agua por canal, donde las pérdidas son bastante altas. En caso de transporte en tubería a presión, las pérdidas son pequeñas 5%.

Tabla 6.7: CUADRO DEL CÁLCULO DEL CAUDAL DE DERIVACIÓN DE JULIO A DICIEMBRE.

CULTIVOS	Superficie (ha)	Dosis m³/ha	Volumen de cada riego en m³	JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
				Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual	Num. Riegos	Vol. Mensual
ALFALFA	66	1800 m³/ha	118800.00	2	237600.00	2	237600.00	2	237600.00	1	118800.00	1	118800.00	1	118800.00
FRÉJOL	12	800 m³/ha	9600.00	1	9600.00	1	9600.00	1	9600.00	1	9600.00				
BRÓCOLI	9	1200 m³/ha	10800.00	1	10800.00	2	21600.00	1	10800.00			1	10800.00	1	10800.00
COL	9	1000 m³/ha	9000.00	1	9000.00	1	9000.00								
ZANAHORIA	4	900 m³/ha	3600.00	1	3600.00	2	7200.00			1	3600.00	1	3600.00	1	3600.00
COLIFLOR	4	900 m³/ha	3600.00	1	3600.00	1	3600.00								
MAÍZ DULCE	2	1000 m³/ha	2000.00							1	2000.00	1	2000.00	1	2000.00
MAÍZ	6	1200 m³/ha	7200.00	1	7200.00	1	7200.00	1	7200.00	1	7200.00			1	7200.00
LECHUGA	3	450 m³/ha	1350.00	1	1350.00	1	1350.00					1	1350.00	1	1350.00
CEBOLLA	4	450 m³/ha	1800.00	1	1800.00	1	1800.00	1	1800.00					1	1800.00
PAPAS	8	1000 m³/ha	8000.00	2	16000.00	2	16000.00							1	8000.00
RÁBANOS	2	300 m³/ha	600.00					2	1200.00	1	600.00	1	600.00	1	600.00
ESPINACA	4	600 m³/ha	2400.00	1	2400.00	1	2400.00	1	2400.00					1	2400.00
NABO	5	900 m³/ha	4500.00	1	4500.00	1	4500.00	1	4500.00					1	4500.00
Volumen Total en m³					307450.00		321850.00		275100.00		141800.00		137150.00		161050.00
Caudal Mínimo equivalente (m³/seg)					0.1186		0.1242		0.1061		0.0547		0.0529		0.0621
Pérdidas externas alrededor del 5% (1)					0.0059		0.0062		0.0053		0.0027		0.0026		0.0031
CAUDAL A DERIVAR en m³/seg.					0.12455		0.13038		0.11144		0.05744		0.05556		0.06524
CAUDAL A DERIVAR en lit/seg.					124.55		130.38		111.44		57.44		55.56		65.24

(1) Se supone un transporte de agua por canal, donde las pérdidas son bastante altas. En caso de transporte en tubería a presión, las pérdidas son pequeñas 5%.

Podemos apreciar que el caudal ha derivar varía desde 74.23 lit/seg en enero a 130.38 lit/seg en agosto, para bajar de nuevo a 65.24 lit./seg en diciembre.

Las dimensiones de las obras de transporte de agua se determinan en función del caudal máximo que para nuestro proyecto corresponde al mes de agosto con un valor de 130.38 lit./seg.

6.2.2 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA CONDUCCIÓN

En general la red de tuberías que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores.

Todo esto supone un estudio técnico adecuado ya que de él dependerá el éxito de la instalación.

Un tubo puede ser considerado como un conducto cerrado en donde circula un fluido bajo presión, son generalmente de sección circular, lo cual ofrece la ventaja de una mejor resistencia mecánica y menos superficie de contacto con el fluido, lo que se traduce en menores pérdidas de fricción.

Cuando los tubos circulan llenos obedecen a la presión y son los tubos propiamente dichos, cuando no circulan llenos son sistemas de canales y su circulación obedece a la pendiente. *Como en las pérdidas de energía o carga no intervienen la presión las leyes para tubos y canales son las mismas.*

Existen tres casos de flujo en tuberías que son básicos para la resolución de problemas complejos, que son:

	<u>DATOS</u>	<u>INCOGNITAS</u>
1° CASO:	Q, L, D, v, E	hf
2° CASO:	hf, L, D, v, E	Q
3° CASO:	hf, Q, L, v, E	D

Donde:

Q = Caudal m³/seg.

L = Longitud de la Tubería en m.

D = Diámetro de la Tubería en mm.

ν = Viscosidad Cinemática para el agua, en función de la temperatura en m²/seg.

E = Medida del tamaño de las proyecciones rugosas en m (ver Tabla 6.10).

hf = Pérdida de Energía a lo largo del tubo y locales expresada en kg.m/kg.

Para nuestro diseño nos corresponde adoptar el 3^{er} Caso con D (diámetro) desconocido, además tenemos tres cantidades desconocidas en la ecuación de DARCY –

WEISBACH¹ $hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$; que son: f, V, D.

Dos más en la ecuación de continuidad² $Q = A_1 * V_1 = A_2 * V_2$; que son: V, D; y

Tres en la ecuación del Número de Reynolds³ $R = \frac{V * D}{\nu}$; V, D y R.

La rugosidad relativa $\frac{E}{D}$ también es desconocida.

Para simplificar este problema partimos de la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi * D^2}{4}}, (1)$$

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}, (2)$$

reemplazando (1) en (2)

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{Q^2}{\left(\frac{\pi * D^2}{4}\right)^2 * 2g} = f * \frac{8LQ^2}{\pi^2 g D^5}$$

$$\Rightarrow D^5 = \frac{8LQ^2}{\pi^2 g hf} * f = C_1 * f$$

$$\therefore C_1 = \frac{8LQ^2}{\pi^2 g hf}$$

¹ Ecuación que permite calcular las pérdidas de carga por fricción.

² Es una expresión analítica del principio general de conservación de la masa.

³ Es un parámetro adimensional, el mismo que destaca que la turbulencia de un fluido depende de la velocidad, del diámetro de la tubería y de las características del líquido de viscosidad, debe existir una combinación entre estos 3 factores para que exista turbulencia y a esto se le llama NÚMERO CRÍTICO DE REYNOLDS.

Por otro lado tenemos que:

$$R = \frac{V \cdot D}{\nu}, (3)$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow VD^2 = \frac{4Q}{\pi} (4)$$

reemplazando (4) en (3)

$$R = \frac{4Q}{\pi \nu} * \frac{1}{D} = \frac{C_2}{D}$$

$$\therefore C_2 = \frac{4Q}{\pi \nu}$$

C_1 y C_2 son cantidades conocidas.

La solución de este tipo de problemas se encuentra en base al siguiente procedimiento:

- 1.- Se atribuye un cierto valor de f (entre 0.020 y 0.040).
- 2.- Se calcula D en base a la ecuación anterior ($D^5 = \dots$)
- 3.- Se calcula R en la ecuación ($R = \dots$)
- 4.- Se encuentra la rugosidad relativa E/D .
- 5.- Con R y E/D se calcula en el Diagrama de MOODY un nuevo valor de f .
- 6.- Utilizando el nuevo f se repite el proceso anterior.
- 7.- Cuando el valor de f no cambia todas las ecuaciones se satisfacen y el problema está resuelto.

Normalmente uno o dos ensayos son necesarios. Cuando se usan tuberías de diámetro normalizado se toma la de diámetro superior al resultado obtenido, para mayor seguridad.

Para nuestro diseño de las tuberías tenemos un caudal máximo diario de 130.38 lit/seg para cubrir en las 137.92 ha.

En la Tabla 6.8 detallamos el caudal que se debe entregar a cada ramal.

Tabla 6.8: Caudales que deben ser entregados a cada ramal de acuerdo a su área a ser regada.

RAMAL	ÁREA REGADA	Q _{MAX}	Q / RAMAL
RAMAL 1	6.12	130.38 lit/seg	5.78 lit/seg
RAMAL 1.2	6.67		6.30 lit/seg
RAMAL 1.1	34.44		32.56 lit/seg
RAMAL 1.2.1	8.68		8.21 lit/seg
RAMAL 1.2.2	30.62		28.95 lit/seg
RAMAL 1.2.2.1	17.41		16.46 lit/seg
RAMAL 1.2.2.2	15.18		14.35 lit/seg
RAMAL 1.2.2.1.1	3.68		3.48 lit/seg
RAMAL 1.2.2.1.2	12.71		12.02 lit/seg
RAMAL 2	2.40		2.27 lit/seg
TOTAL	137.92		

Entonces los caudales con los que se deben calcular cada ramal se aprecian en la figura 6.5. La Viscosidad Cinemática para el agua, en función de la temperatura esta dada por:

$$\nu = \frac{0.01771}{1 + 0.0337 * T + 0.000221 * T^2};$$

$$T = \text{Temperatura_en_}^\circ \text{C}$$

En base a esta ecuación se ha preparado la Tabla 6.9

Tabla 6.9: Viscosidad Cinemática para el agua, en función de la temperatura °C.

T °C	cm ² / seg.	T °C	cm ² / seg.
0	0.0178	20	0.0101
2	0.0166	22	0.0096
4	0.0156	24	0.0092
5	0.0152	26	0.0087
6	0.0147	28	0.0084
8	0.0138	30	0.0081
10	0.0131	32	0.0077
12	0.0124	34	0.0074
14	0.0117	36	0.0071
15	0.0114	38	0.0068
16	0.0111	40	0.0066
18	0.0106		

La temperatura en la que oscila el agua durante el día en la zona de nuestro proyecto es de 10° C.

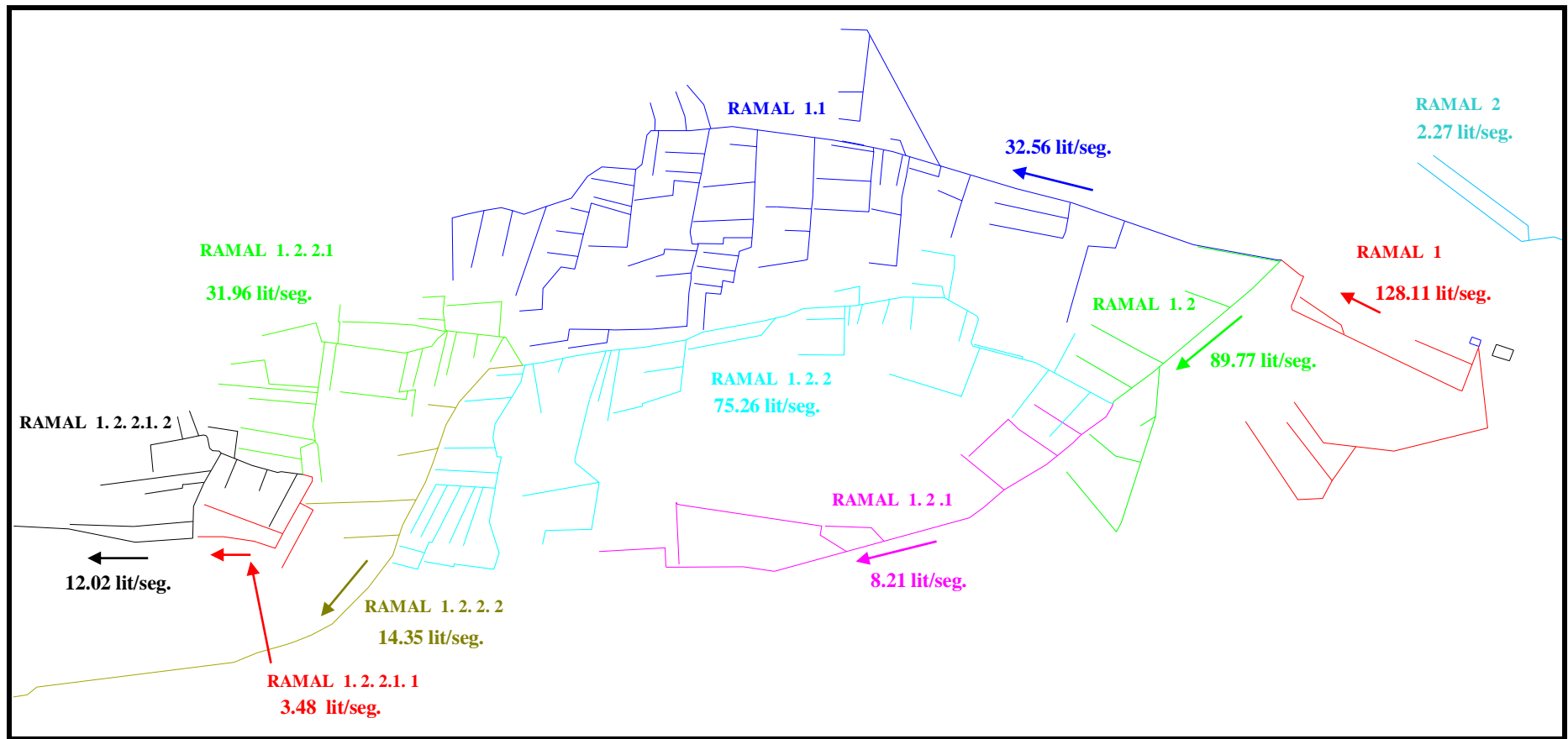


Figura 6.5 Distribución del Caudal de Agua diario en la Zona de Riego.

La medida del tamaño de las proyecciones rugosas (E) en m, se encuentra detallado en la Tabla 6.10 de acuerdo al tipo de material de la tubería.

Tabla 6.10: Tamaño de las proyecciones rugosas (E) en m. de acuerdo al tipo de material de la tubería.

TUBERÍA	E (m)
ACERO REMACHADO	0.0009 a 0.009
HORMIGON	0.0003 a 0.003
DUELAS DE MADERA	0.00013 a 0.0009
FUNDICIÓN	0.00026
HIERRO GALVANIZADO	0.00015
FUNDICIÓN ASFALTADA	0.00012
ACERO COMERCIAL O HIERRO DULCE O FORJADO	0.000048
COBRE Y POLIETILENO (PE)	0 a 0.0000015
POLICLORURO DE VINILO (PVC)	0 a 0.000010
TUBO ESTIRADO	0.0000015

Además nuestro proyecto tiene las siguientes dimensiones que se detallan a continuación en la Tabla 6.11, para los cálculos respectivos.

Tabla 6.11: Longitudes de Tuberías de conducción y distribución con sus respectivo número de acoples rápidos y aspersores.

RAMAL	DIÁMETRO ADOPTADO	RAMAL DE CONDUCCIÓN m.	RAMAL DE DISTRIBUCIÓN m.	TOTAL L. TUB. RAMAL m.	L. TUBERÍA ASPERSOR m.	ACOPLES RÁPIDOS u.	ASPERSORES u.
RAMAL 1	10"	748.00	1682.75	2430.75	215.00	85	24
RAMAL 1.2	10"	552.60	1511.40	2064.00	355.00	99	39
RAMAL 1.1	6"	1918.90	9309.08	11227.98	1970.00	552	226
RAMAL 1.2.1	4"	1236.50	1567.20	2803.70	470.00	132	52
RAMAL 1.2.2	10"	1623.90	6200.60	7824.50	1725.00	448	194
RAMAL 1.2.2.1	6"	910.30	3134.90	4045.20	1060.00	258	111
RAMAL 1.2.2.2	4"	1602.45	1025.45	2627.90	555.00	90	59
RAMAL 1.2.2.1.1	2"	184.90	649.90	834.80	220.00	46	24
RAMAL 1.2.2.1.2	4"	441.80	2021.55	2463.35	680.00	176	75
RAMAL 2	2"	1106.50	655.80	1762.30	70.00	65	8
TOTAL		10325.85	27758.63	38084.48	7320.00	1951.00	812.00

Por la teoría del Flujo Laminar (Pérdida de carga por fricción) que fue desarrollada independientemente por HAGEN y POISEUILLE para el cálculo de las ecuaciones, consideraron una sección de tubo horizontal. Llegando así a obtener la ecuación de la

$$\text{velocidad media: } V_{MED} = \frac{(P_1 - P_2) * d^2}{32 * \mu * L}; P = \gamma * h \Rightarrow \frac{(h_1 - h_2) * \gamma * d^2}{32 * \mu * L} \therefore hf = h_1 - h_2; \text{ que}$$

representa la pérdida de energía más crítica, esto aplicaremos en la siguiente Tabla 6.12 para el cálculo de los diámetros predimensionados de la tubería.

Tabla 6.12: Cálculo del hf crítico de los diferentes ramales del sistema de riego.

RAMAL	Q lit/seg.	Q m³/seg.	COTA ALTA	COTA BAJA	hf crítico
RAMAL 1	128.11	0.1281	3188 m.	3141 m.	47 m.
RAMAL 1.2	89.77	0.0898	3141 m.	3114 m.	27 m.
RAMAL 1.1	32.56	0.0326	3141 m.	3074 m.	67 m.
RAMAL 1.2.1	8.21	0.0082	3114 m.	3074 m.	40 m.
RAMAL 1.2.2	75.26	0.0753	3114 m.	3067 m.	47 m.
RAMAL 1.2.2.1	31.96	0.0320	3067 m.	3051 m.	16 m.
RAMAL 1.2.2.2	14.35	0.0144	3067 m.	3030 m.	37 m.
RAMAL 1.2.2.1.1	3.48	0.0035	3051 m.	3041 m.	10 m.
RAMAL 1.2.2.1.2	12.02	0.0120	3051 m.	3045 m.	6 m.
RAMAL 2	2.27	0.0023	3311 m.	3181 m.	130 m.

El coeficiente de fricción f , es un factor que depende de 7 magnitudes:

$$f = f(V, D, \rho, \mu, E, E', m)$$

V = Velocidad del fluido

D = Diámetro de la tubería

ρ = Densidad del fluido

μ = Viscosidad Dinámica

E = Medida del tamaño de las proyecciones rugosas

E' = Medida de la localización de las proyecciones rugosas

m = Factor de forma que depende de la forma de los elementos individuales de rugosidad y es adimensional.

Como f es un factor sin dimensiones debe depender de varios parámetros agrupados convenientemente. Para tuberías lisas $E = E' = m = 0$, con lo cual f depende únicamente de 4 factores los mismos que pueden agruparse en un solo parámetro adimensional: VDP/μ que es el número de Reynolds.

Con los datos medidos y obtenidos anteriormente comenzamos con el cálculo de las tuberías de Conducción:

6.2.2.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 748 * (0.1281)^2}{47 * 9.81 * \pi^2} = 0.02157$$

$$\therefore D^5 = 0.02157f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.1281}{\pi * \frac{0.0131}{100^2}} = 124505.33$$

$$\therefore R = \frac{124505.33}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.02157 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.02157 * 0.02} = 0.212$$

$$R = \frac{124505.33}{0.212} \Rightarrow R = 5.86377 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.212 * 100} = 0.000047$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.6.

1.- Intento $f = 0.0129$

$$D^5 = 0.02157 * 0.0129 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.02157 * 0.0129} = 0.194$$

$$R = \frac{124505.33}{0.194} \Rightarrow R = 6.40125 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.194 * 100} = 0.000051$$

2.- Intento $f = 0.0134$

$$D^5 = 0.02157 * 0.0134 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.02157 * 0.0134} = 0.1959$$

$$R = \frac{124505.33}{0.1959} \Rightarrow R = 6.35275 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1959 * 100} = 0.000051$$

3.- Intento $f = 0.0134$

$$D^5 = 0.02157 * 0.0134 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.02157 * 0.0134} = 0.1959$$

$$R = \frac{124505.33}{0.1959} \Rightarrow R = 6.35275 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1959 * 100} = 0.000051; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.195 \text{ m.}$$

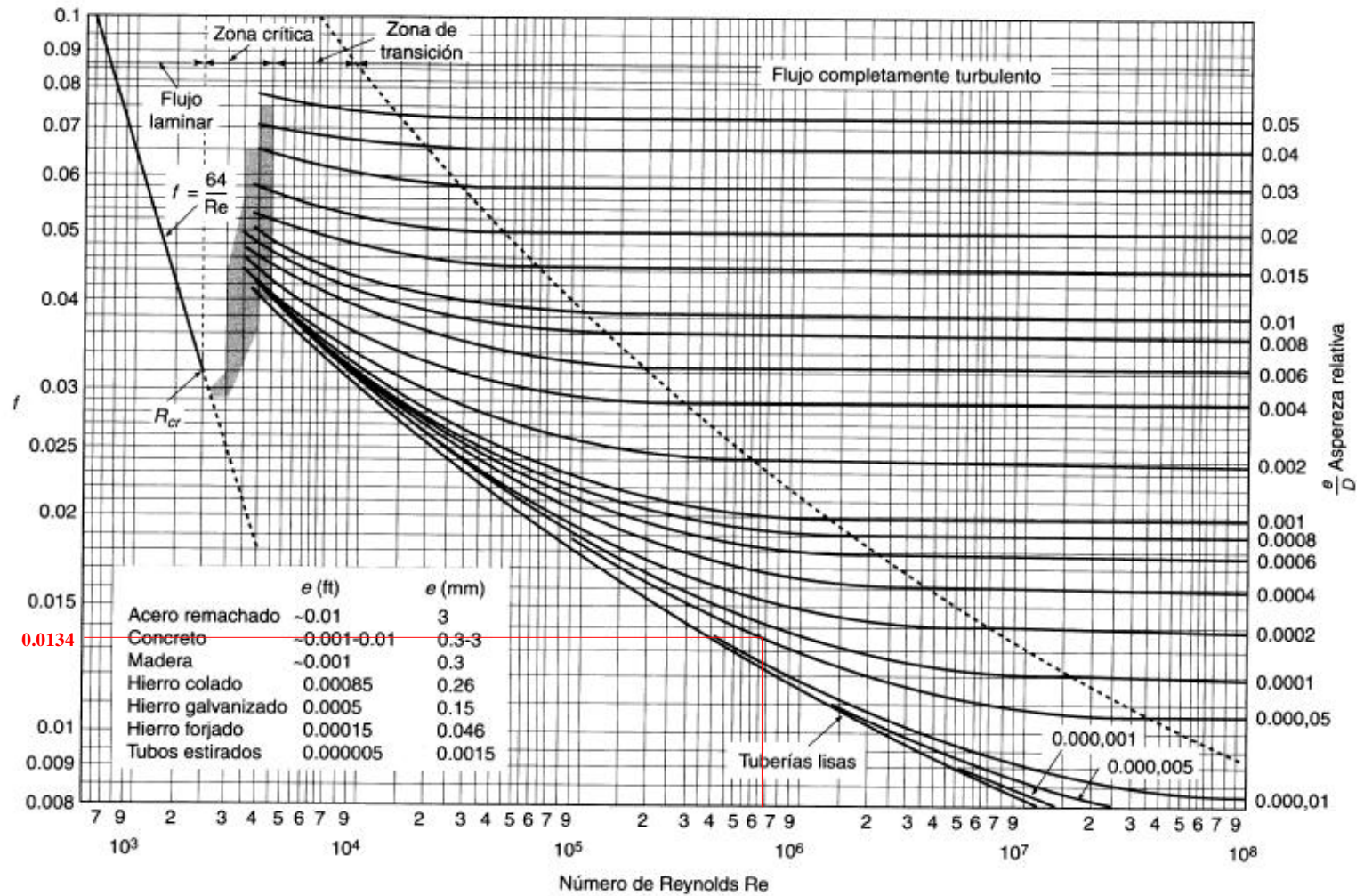


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

Figura 6.6 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.

6.2.2.2 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.2

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 552 * (0.0898)^2}{27 * 9.81 * \pi^2} = 0.0136$$

$$\therefore D^5 = 0.0136f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0898}{\pi * \frac{0.0131}{100^2}} = 87280.08$$

$$\therefore R = \frac{87280.08}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.0136 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0136 * 0.02} = 0.193$$

$$R = \frac{87280.08}{0.193} \Rightarrow R = 4.50670 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.193 * 100} = 0.0000516$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.7.

1.- Intento $f = 0.0142$

$$D^5 = 0.0136 * 0.0142 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0136 * 0.0142} = 0.1808$$

$$R = \frac{87280.08}{0.1808} \Rightarrow R = 4.83305 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1808 * 100} = 0.0000516$$

2.- Intento $f = 0.0141$

$$D^5 = 0.0136 * 0.0141 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0136 * 0.0141} = 0.1805$$

$$R = \frac{87280.08}{0.1805} \Rightarrow R = 4.83305 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1808 * 100} = 0.000055$$

3.- Intento $f = 0.0141$

$$D^5 = 0.0136 * 0.0141 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0136 * 0.0141} = 0.1805$$

$$R = \frac{87280.08}{0.1805} \Rightarrow R = 4.83305 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1808 * 100} = 0.000055; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.18 \text{ m.}$$

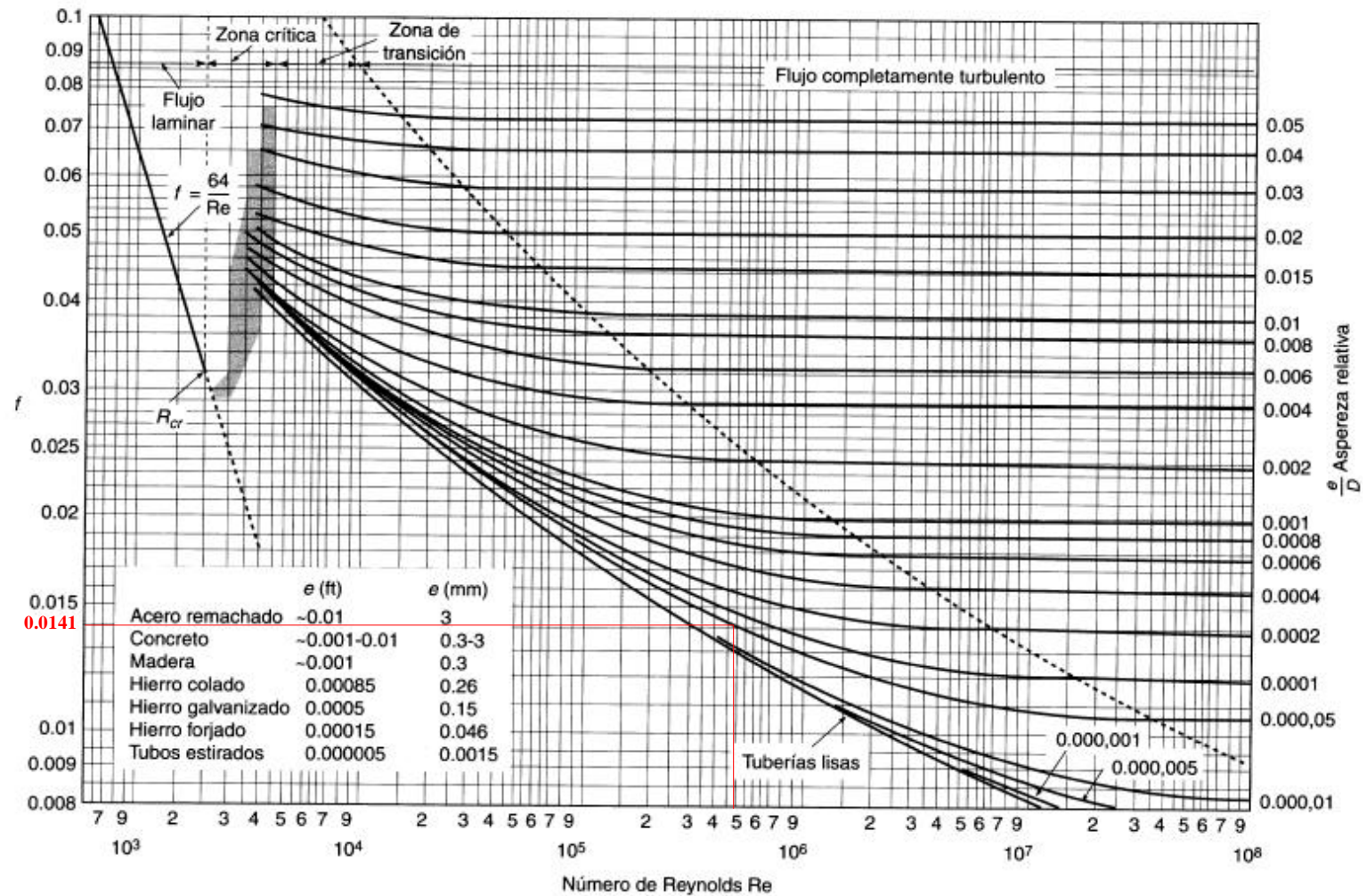


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

Figura 6.7 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.2

6.2.2.3 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.1

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 1918.9 * (0.0326)^2}{67 * 9.81 * \pi^2} = 0.00251$$

$$\therefore D^5 = 0.00251f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0326}{\pi * \frac{0.0131}{100}} = 31685.19$$

$$\therefore R = \frac{31685.19}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.00251 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00251 * 0.02} = 0.138$$

$$R = \frac{31685.19}{0.138} \Rightarrow R = 2.29373 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.138 * 100} = 0.000072$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.8.

1.- Intento $f = 0.016$

$$D^5 = 0.00251 * 0.016 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00251 * 0.016} = 0.132$$

$$R = \frac{31685.19}{0.0132} \Rightarrow R = 2.39842 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0132 * 100} = 0.000075$$

2.- Intento $f = 0.0161$

$$D^5 = 0.00251 * 0.0161 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00251 * 0.0161} = 0.132$$

$$R = \frac{31685.19}{0.0132} \Rightarrow R = 2.39543 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0132 * 100} = 0.000075$$

3.- Intento $f = 0.0161$

$$D^5 = 0.00251 * 0.0161 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00251 * 0.0161} = 0.132$$

$$R = \frac{31685.19}{0.0132} \Rightarrow R = 2.39543 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0132 * 100} = 0.000075; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.132 \text{ m.}$$

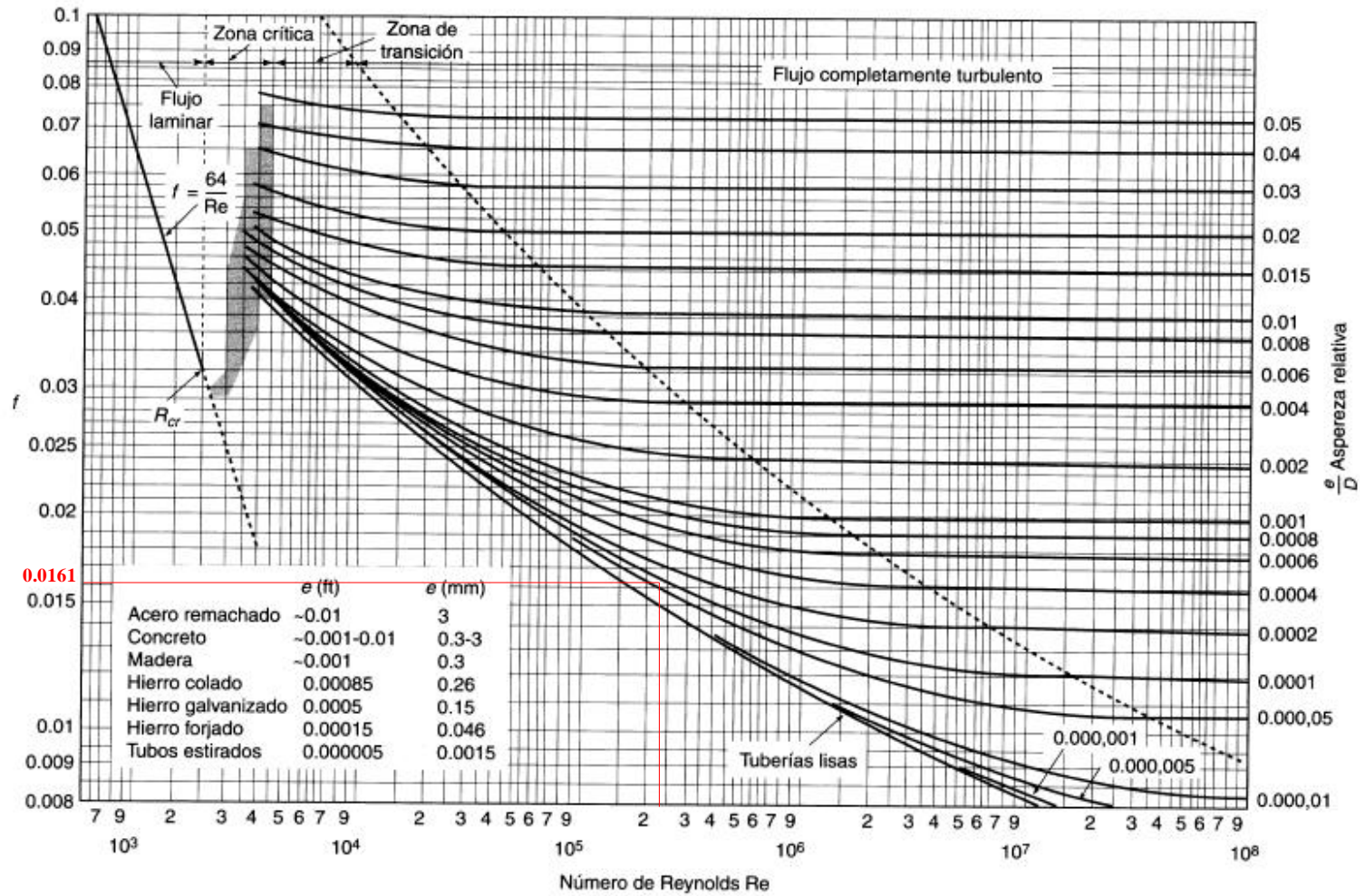


Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

Figura 6.8 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.1

6.2.2.4 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.2.1

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 1236.5 * (0.0082)^2}{40 * 9.81 * \pi^2} = 0.00017$$

$$\therefore D^5 = 2.29 \times 10^{-7} f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0082}{\pi * \frac{0.0131}{100}} = 7969.89$$

$$\therefore R = \frac{7969.89}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.00017 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00017 * 0.02} = 0.080$$

$$R = \frac{7969.89}{0.080} \Rightarrow R = 9.8689 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.080 * 100} = 0.00012$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.9.

1.- Intento $f = 0.0188$

$$D^5 = 0.00017 * 0.0188 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00017 * 0.0188} = 0.0797$$

$$R = \frac{7969.89}{0.0797} \Rightarrow R = 9.9918 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0797 * 100} = 0.00012$$

2.- Intento $f = 0.0188$

$$D^5 = 0.00017 * 0.0188 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00017 * 0.0188} = 0.0797$$

$$R = \frac{7969.89}{0.0797} \Rightarrow R = 9.9918 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0797 * 100} = 0.00012$$

3.- Intento $f = 0.0188$

$$D^5 = 0.00017 * 0.0188 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00017 * 0.0188} = 0.0797$$

$$R = \frac{7969.89}{0.0797} \Rightarrow R = 9.9918 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0797 * 100} = 0.00012; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.080 \text{ m.}$$

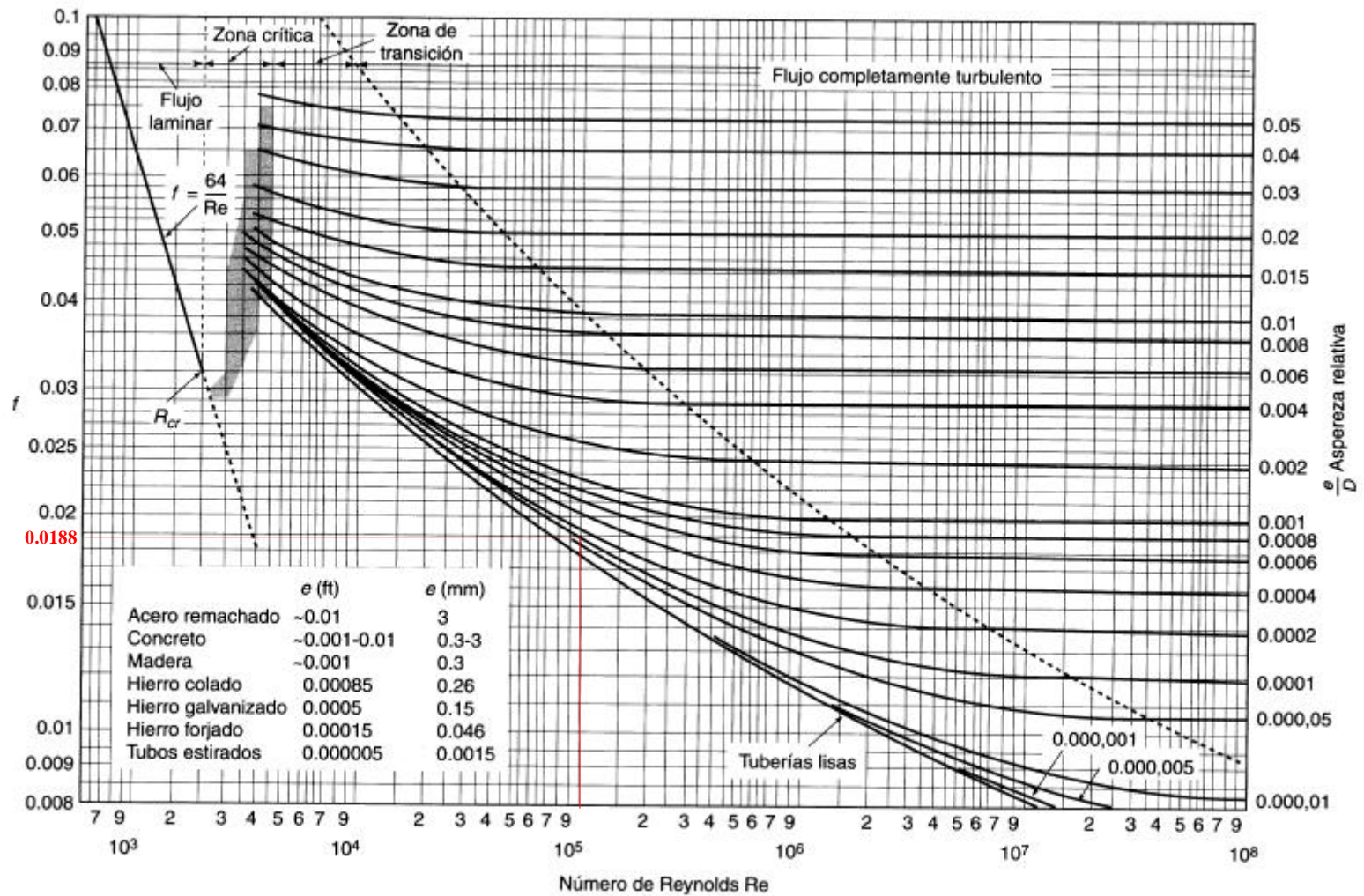


Figura 6.9 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.2.1

6.2.2.5 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.2.2

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 1623.90 * (0.0753)^2}{47 * 9.81 * \pi^2} = 0.01618$$

$$\therefore D^5 = 0.01618f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0753}{\pi * \frac{0.0131}{100^2}} = 73186.97$$

$$\therefore R = \frac{73186.97}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.01618 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.01618 * 0.02} = 0.200$$

$$R = \frac{73186.97}{0.200} \Rightarrow R = 3.65084 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.200 * 100} = 0.000049$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.10.

1.- Intento $f = 0.0146$

$$D^5 = 0.01618 * 0.0146 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.01618 * 0.0146} = 0.188$$

$$R = \frac{73186.97}{0.188} \Rightarrow R = 3.88802 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.188 * 100} = 0.000053$$

2.- Intento $f = 0.0145$

$$D^5 = 0.01618 * 0.0145 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.01618 * 0.0145} = 0.1879$$

$$R = \frac{73186.97}{0.1879} \Rightarrow R = 3.89336 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1879 * 100} = 0.000053$$

3.- Intento $f = 0.0145$

$$D^5 = 0.01618 * 0.0145 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.01618 * 0.0145} = 0.1879$$

$$R = \frac{73186.97}{0.1879} \Rightarrow R = 3.89336 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1879 * 100} = 0.000053; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.188 \text{ m.}$$

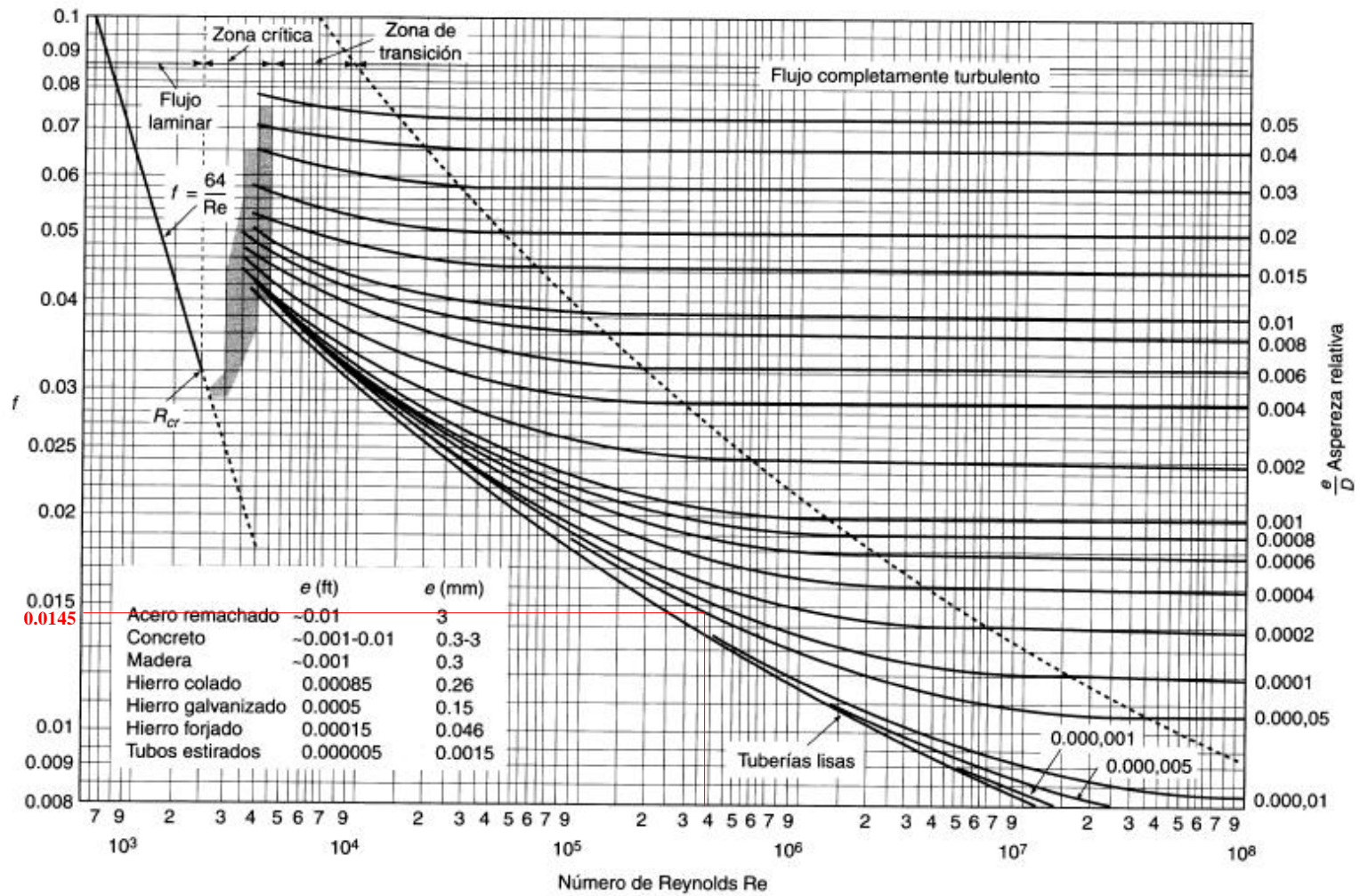


Figura 6.10 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.2.2

6.2.2.6 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.2.2.1

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 910.30 * (0.0320)^2}{16 * 9.81 * \pi^2} = 0.0048$$

$$\therefore D^5 = 0.0048f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0320}{\pi * \frac{0.0131}{100^2}} = 31102.03$$

$$\therefore R = \frac{31102.03}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.0048 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0048 * 0.02} = 0.157$$

$$R = \frac{31102.03}{0.157} \Rightarrow R = 1.97735 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.157 * 100} = 0.000063$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.11.

1.- Intento $f = 0.0164$

$$D^5 = 0.0048 * 0.0164 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0048 * 0.0164} = 0.151$$

$$R = \frac{31102.03}{0.151} \Rightarrow R = 2.05741 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.151 * 100} = 0.000066$$

2.- Intento $f = 0.0163$

$$D^5 = 0.0048 * 0.0163 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0048 * 0.0163} = 0.1509$$

$$R = \frac{31102.03}{0.1509} \Rightarrow R = 2.05993 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1509 * 100} = 0.000066$$

3.- Intento $f = 0.0163$

$$D^5 = 0.0048 * 0.0163 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.0048 * 0.0163} = 0.1509$$

$$R = \frac{31102.03}{0.1509} \Rightarrow R = 2.05993 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1509 * 100} = 0.000066; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.15 \text{ m.}$$

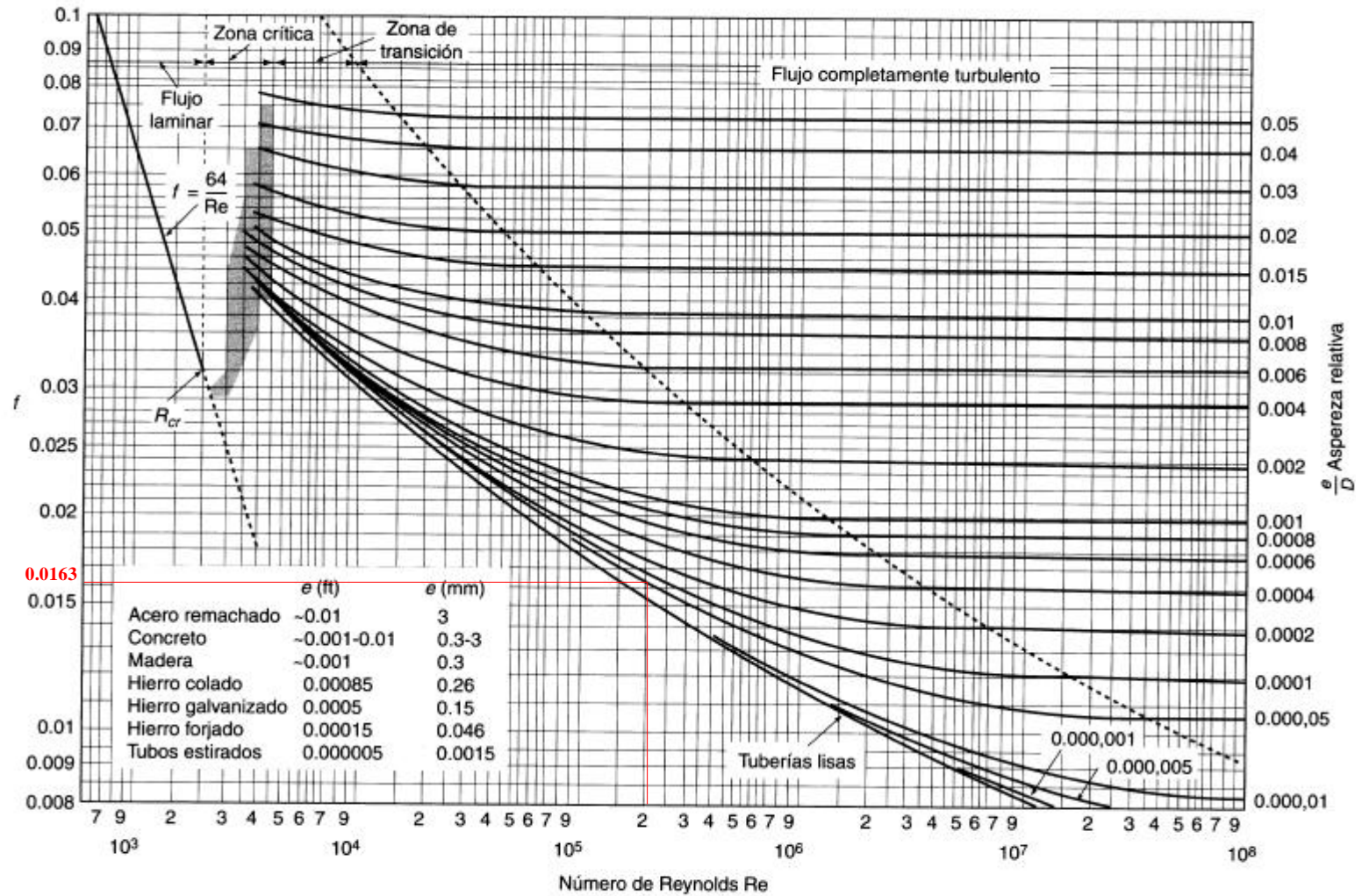


Figura 6.11 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.2.2.1

6.2.2.7 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.2.2.2

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 1602.45 * (0.0144)^2}{37 * 9.81 * \pi^2} = 0.00074$$

$$\therefore D^5 = 0.00074f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0144}{\pi * \frac{0.0131}{100}} = 13995.91$$

$$\therefore R = \frac{13995.91}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.00074 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00074 * 0.02} = 0.108$$

$$R = \frac{13995.91}{0.108} \Rightarrow R = 1.29333 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.108 * 100} = 0.000092$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.12.

1.- Intento $f = 0.0172$

$$D^5 = 0.00074 * 0.0172 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00074 * 0.0172} = 0.105$$

$$R = \frac{13995.91}{0.105} \Rightarrow R = 1.33293 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.105 * 100} = 0.000095$$

2.- Intento $f = 0.01715$

$$D^5 = 0.00074 * 0.01715 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00074 * 0.01715} = 0.1049$$

$$R = \frac{13995.91}{0.1049} \Rightarrow R = 1.33371 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1049 * 100} = 0.000095$$

3.- Intento $f = 0.01715$

$$D^5 = 0.00074 * 0.01715 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00074 * 0.01715} = 0.1049$$

$$R = \frac{13995.91}{0.1049} \Rightarrow R = 1.33371 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.1049 * 100} = 0.000095; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.105 \text{ m.}$$

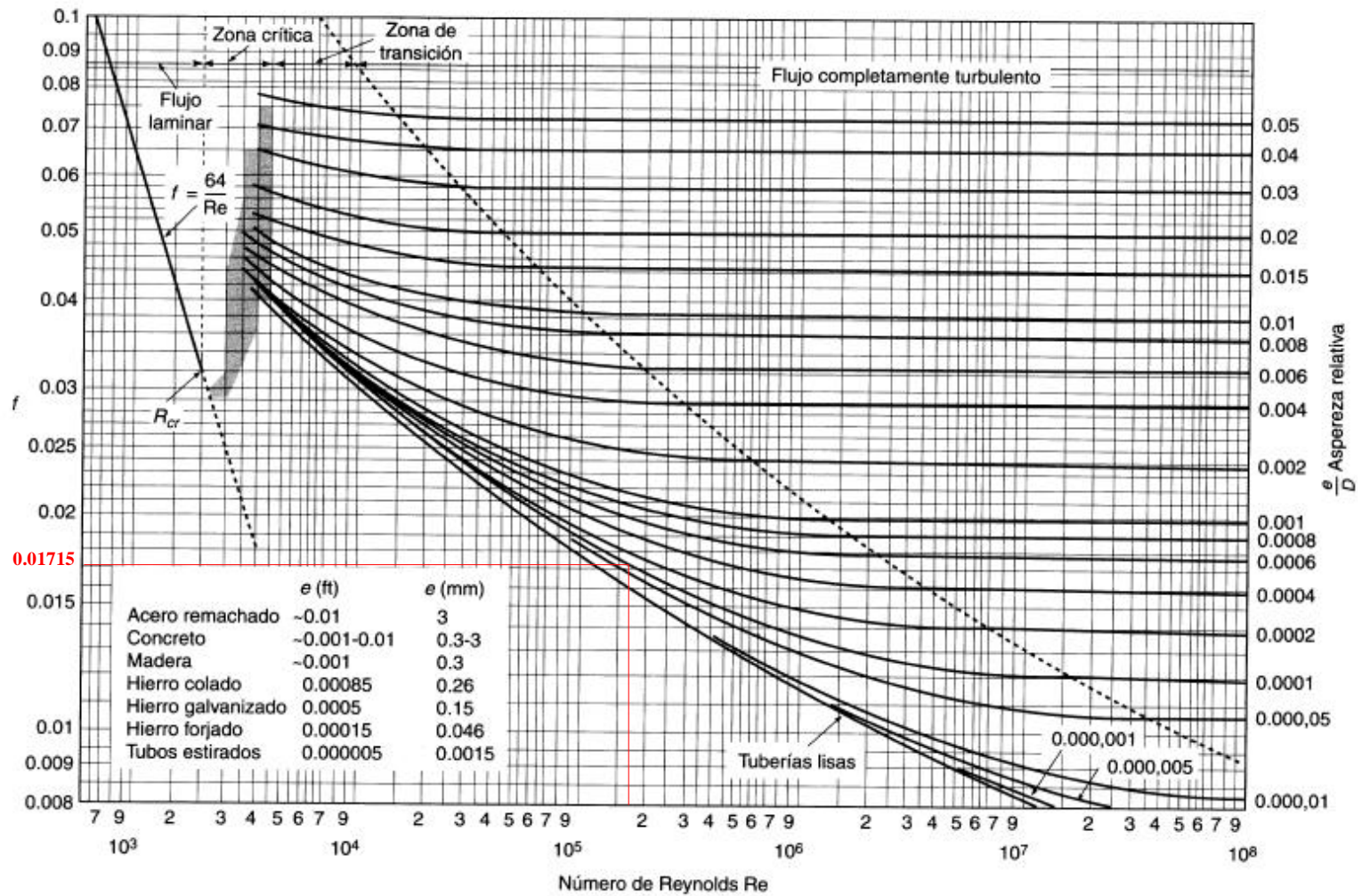


Figura 6.12 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.2.2.2

6.2.2.8 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.2.2.1.1

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 184.90 * (0.0035)^2}{10 * 9.81 * \pi^2} = 0.000018$$

$$\therefore D^5 = 0.000018f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0035}{\pi * \frac{0.0131}{100}} = 3401.78$$

$$\therefore R = \frac{3401.78}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.000018 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.000018 * 0.02} = 0.0518$$

$$R = \frac{3401.78}{0.0518} \Rightarrow R = 6.5623 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0518 * 100} = 0.00019$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.13.

1.- Intento $f = 0.0209$

$$D^5 = 0.000018 * 0.0209 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.000018 * 0.0209} = 0.0522$$

$$R = \frac{3401.78}{0.0522} \Rightarrow R = 6.5048 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0522 * 100} = 0.00019$$

2.- Intento $f = 0.0209$

$$D^5 = 0.000018 * 0.0209 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.000018 * 0.0209} = 0.0522$$

$$R = \frac{3401.78}{0.0522} \Rightarrow R = 6.5048 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0522 * 100} = 0.00019$$

3.- Intento $f = 0.0209$

$$D^5 = 0.000018 * 0.0209 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.000018 * 0.0209} = 0.0522$$

$$R = \frac{3401.78}{0.0522} \Rightarrow R = 6.5048 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.0522 * 100} = 0.00019; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.052 \text{ m.}$$

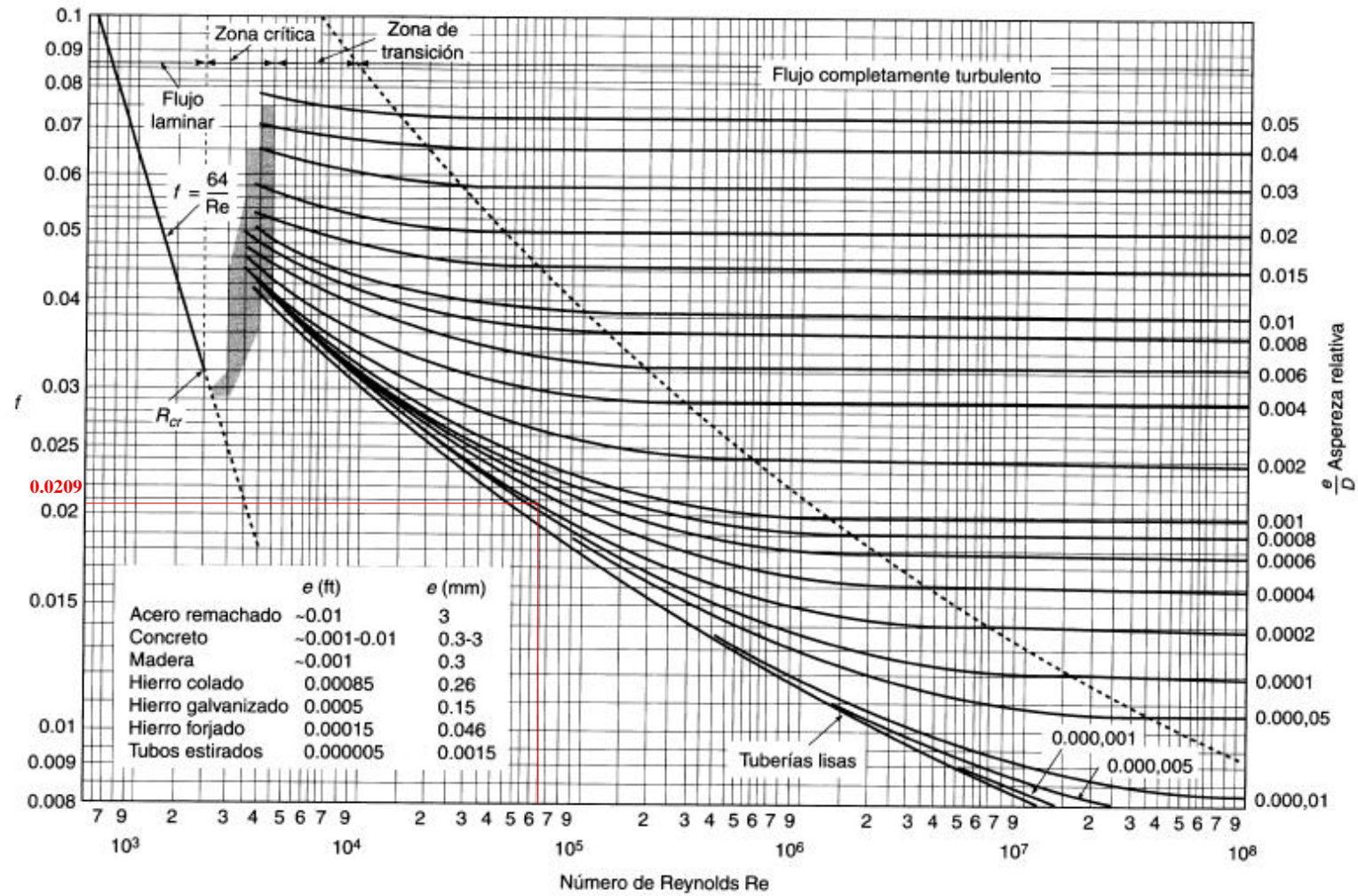


Figura 6.13 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.2.2.1.1

6.2.2.9 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 1.2.2.1.2

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 441.8 * (0.012)^2}{6 * 9.81 * \pi^2} = 0.00087$$

$$\therefore D^5 = 0.00087f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.012}{\pi * \frac{0.0131}{100^2}} = 11663.26$$

$$\therefore R = \frac{11663.26}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 0.00087 * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00087 * 0.02} = 0.111$$

$$R = \frac{11663.26}{0.111} \Rightarrow R = 1.04256 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.111 * 100} = 0.000089$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.14.

1.- Intento $f = 0.0173$

$$D^5 = 0.00087 * 0.0173 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00087 * 0.0173} = 0.108$$

$$R = \frac{11663.26}{0.108} \Rightarrow R = 1.07324 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.108 * 100} = 0.000092$$

2.- Intento $f = 0.0173$

$$D^5 = 0.00087 * 0.0173 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00087 * 0.0173} = 0.108$$

$$R = \frac{11663.26}{0.108} \Rightarrow R = 1.07324 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.108 * 100} = 0.000092$$

3.- Intento $f = 0.0173$

$$D^5 = 0.00087 * 0.0173 \Rightarrow D = \sqrt[5]{0.00087 * 0.0173} = 0.108$$

$$R = \frac{11663.26}{0.108} \Rightarrow R = 1.07324 \times 10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.108 * 100} = 0.000092; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.11 \text{ m.}$$

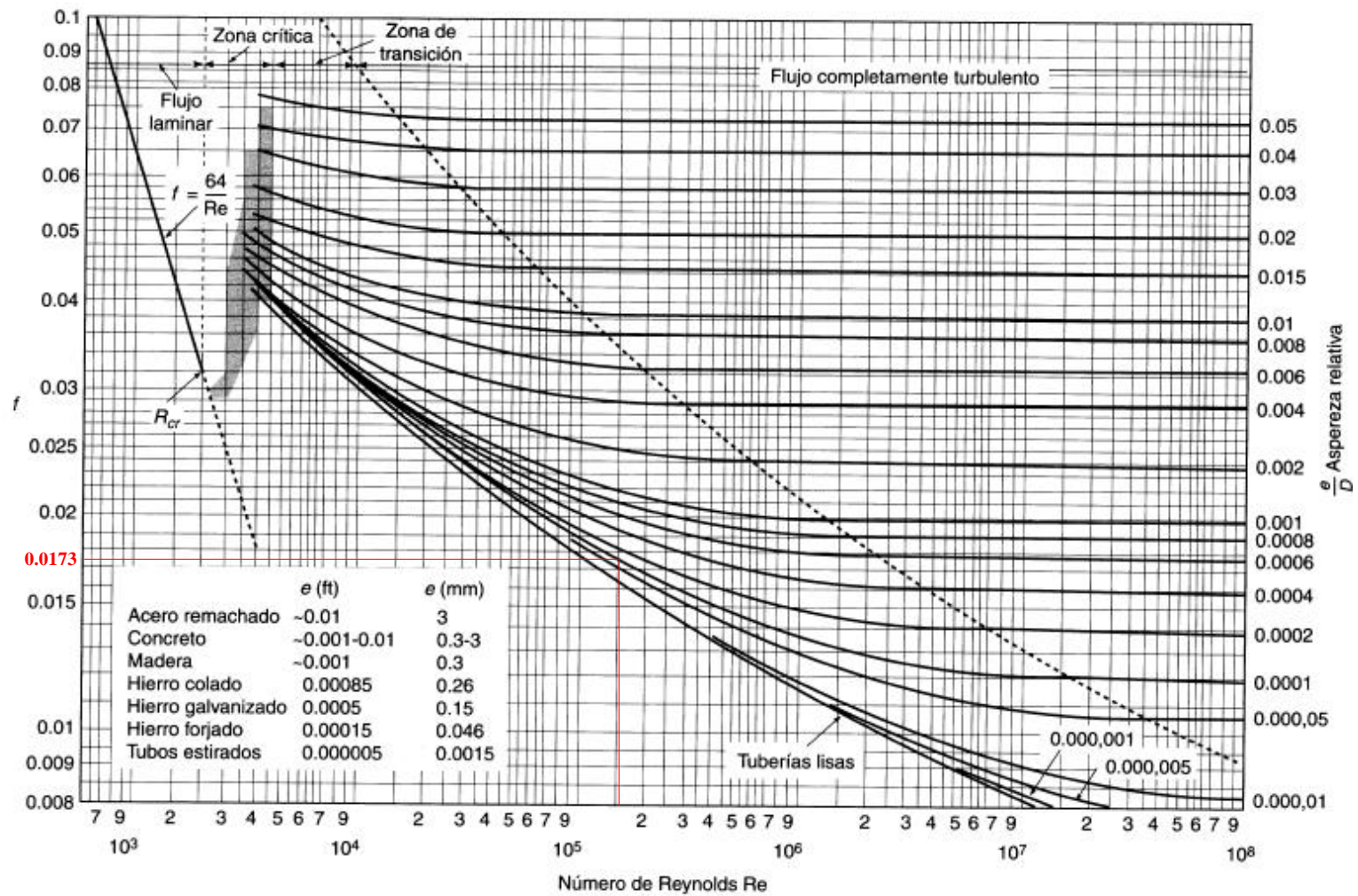


Figura 6.14 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 1.2.2.1.2

6.2.2.10 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE TUBERÍA DEL RAMAL 2

$$D^5 = C_1 * f \Rightarrow C_1 = \frac{8LQ^2}{hf \cdot g \cdot \pi^2} = \frac{8 * 1106.5 * (0.0023)^2}{130 * 9.81 * \pi^2} = 3.72 \times 10^{-6}$$

$$\therefore D^5 = 3.72 \times 10^{-6} f$$

$$R = \frac{C_2}{D} \Rightarrow C_2 = \frac{4Q}{\pi v} = \frac{4 * 0.0023}{\pi * \frac{0.0131}{100^2}} = 2235.458$$

$$\therefore R = \frac{2235.458}{D}$$

$$\text{Asumimo } f = 0.02$$

$$D^5 = 3.72 \times 10^{-6} * 0.02 \Rightarrow D = \sqrt[5]{3.72 \times 10^{-6} * 0.02} = 0.037$$

$$R = \frac{2235.458}{0.037} \Rightarrow R = 5.9572 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.037 * 100} = 0.00026$$

Con estos valores vamos al Diagrama de MOODY se encuentra el valor de f más aproximado. Cuando se ha encontrado un valor de f con dos cifras significativas correctas el valor de D es el correspondiente y a veces con dos intentos basta. Los intentos para este tramo se encuentran representados en la figura 6.15.

1. - Intento $f = 0.0213$

$$D^5 = 3.72 \times 10^{-6} * 0.0213 \Rightarrow D = \sqrt[5]{3.72 \times 10^{-6} * 0.0213} = 0.038$$

$$R = \frac{2235.458}{0.038} \Rightarrow R = 5.8826 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.038 * 100} = 0.00026$$

2. - Intento $f = 0.0213$

$$D^5 = 3.72 \times 10^{-6} * 0.0213 \Rightarrow D = \sqrt[5]{3.72 \times 10^{-6} * 0.0213} = 0.038$$

$$R = \frac{2235.458}{0.038} \Rightarrow R = 5.8826 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.038 * 100} = 0.00026$$

3. - Intento $f = 0.03213$

$$D^5 = 3.72 \times 10^{-6} * 0.03213 \Rightarrow D = \sqrt[5]{3.72 \times 10^{-6} * 0.03213} = 0.038$$

$$R = \frac{2235.458}{0.038} \Rightarrow R = 5.8826 \times 10^4$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.0010 \text{ cm}}{0.038 * 100} = 0.00026; \therefore \text{El diámetro es para el Ramal 1} \Rightarrow D = 0.038 \text{ m.}$$

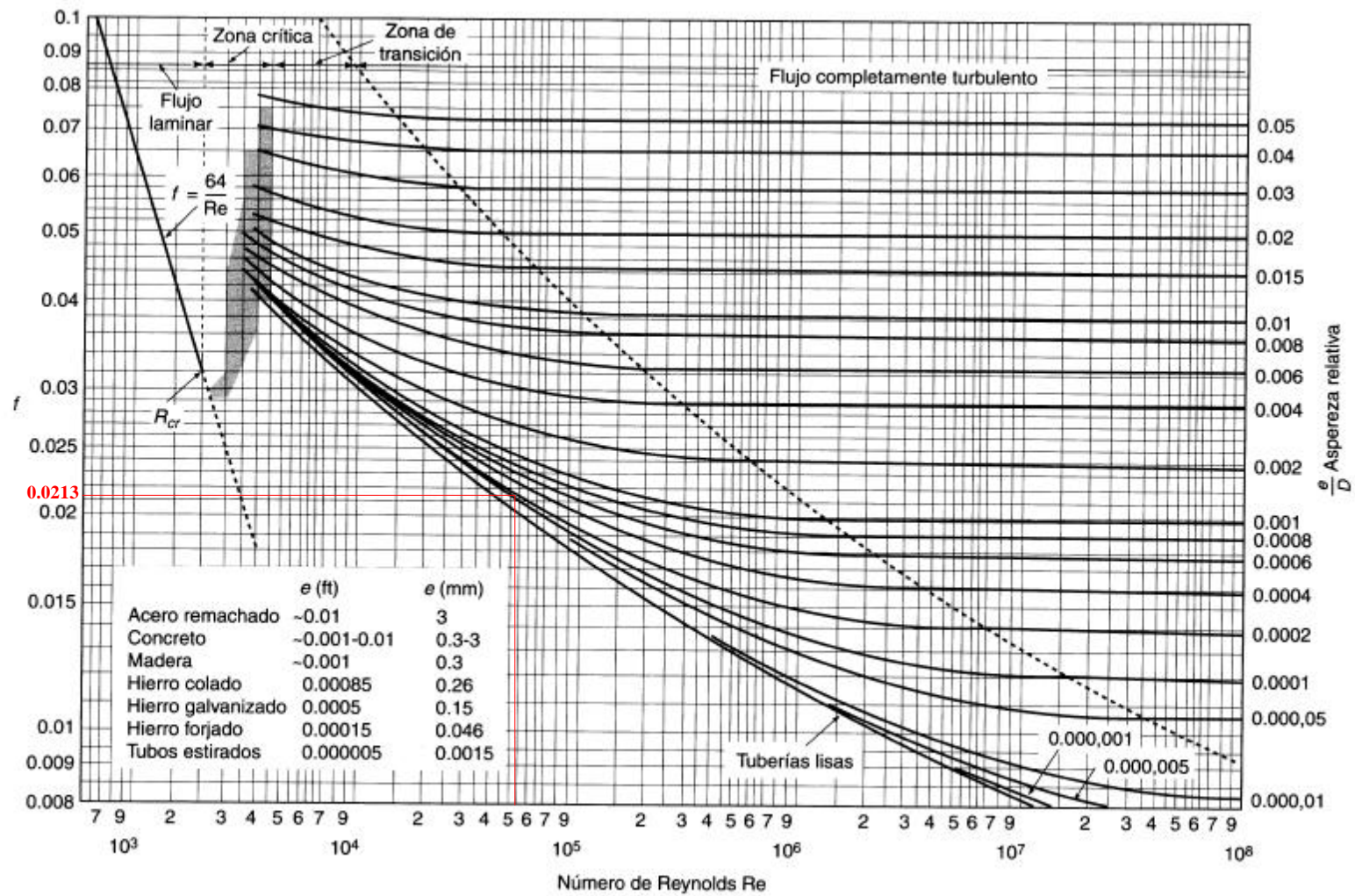


Figura 6.15 Desarrollo del diagrama de Moody, para el Ramal 2

6.2.2.11 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN

A más de los diámetros calculados de los ramales de conducción por medio de h_f crítico, debemos adoptar los diámetros comprobando las pérdidas en las tuberías por fricción, para los sistemas de riego siempre debemos tratar de tener baja presión. Entendiendo en esto un límite superior práctico de $1,5 \text{ kg/cm}^2$ como máximo. Debemos prestarle mucha atención a la velocidad de agua en las tuberías, siendo su valor máximo recomendable el de 2 m/seg . *Bajo ninguna circunstancia la velocidad máxima deberá ser mayor a 5 m/s . La velocidad mínima recomendable es 0.6 m/s . Velocidades inferiores dan oportunidad a la sedimentación.*

Pérdida por fricción se define a la pérdida de energía producto de la resistencia que la cañería opone al paso del agua. La fórmula general tiene la siguiente expresión:

$$h_f = J * L$$

Donde:

J = Pérdidas de carga por cada metro de tubería, expresada en metros.

L = Longitud de la cañería de conducción, en metros.

Puede calcularse utilizando la ecuación de Hazen y Williams, la cual es la más ampliamente utilizada:

$$J = \frac{Q^{1.85}}{(0.28 * C)^{1.85} * d^{4.86}}$$

Donde:

Q = Caudal a transportar (m^3/s).

d = Diámetro interior de la tubería (m)(ver Tabla 6.14).

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams (ver Tabla 6.13).

Tabla 6.13: Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams para diferentes materiales.

MATERIAL	C	MATERIAL	C
PVC	150	HORMIGÓN VIBRADO	130
ACERO	140	PLÁSTICO CORRUGADO	125
ASBESTO CEMENTO	135	POLIETILENO	120

Tabla 6.14: Diámetro Interno Real de las Tuberías de PVC.

½"	12.70 mm.
5/8"	15.90 mm.
¾"	19.10 mm.
1"	25.40 mm.
1¼"	31.80 mm.
1½"	38.10 mm.
2"	50.80 mm.
2½"	63.50 mm.
3"	76.20 mm.
4"	101.60 mm.
5"	127.00 mm.
6"	152.40 mm.
8"	203.20 mm.
10"	154.00 mm.
12"	304.80 mm.

Se debe calcular la velocidad de escurrimiento del agua en la tubería, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4.Q}{\pi.d^2}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s).

d = Diámetro interior de la tubería (m).

V = Velocidad de escurrimiento (m/s).

Además debemos comprobar la presión de trabajo a la que actúa en el sistema de tuberías no sobrepase a la presión de diseño de la tubería, para esto cave recalcar que la tubería que hemos de usar en nuestro sistema de riego será tubería PVC clase 10 como se detalla en la Tabla 6.15.

Tabla 6.15: Presiones de trabajo de las tuberías de PVC.

CLASE	m.c.a.	PSI (lb/pulg²)	Kg/cm²	bares	Atmósferas
4	40	57	4	3.92	3.87
6	60	85	6	5.90	5.81
10	100	142	10	9.80	9.68

A continuación presentamos los cálculos realizados a las tuberías de conducción considerando las pérdidas que existirán en ellas por la pérdida de carga por fricción (ver Tabla 6.16), usando las fórmulas y consideraciones anteriormente detalladas.

Tabla 6.16: Cálculo del diámetro de la tubería de PVC de conducción considerando las pérdidas por fricción. ¹

RAMAL	CAUDAL		DIÁMETRO ADOPTADO		J m.c.a/1m	LONG. TOTAL Lt.	PÉRDIDA TOTAL (Pt)	DH	DV	PEN. DEL TERR. %	DESNIVEL DEL TERRENO Mt = Lt*%	PRESIÓN RESIDUAL Pr = Pt-Mt	VELOC. m/s	PRESIÓN DE TRABAJO C 10 100m.c.a
	lit/seg	m³/seg	Ø COM.	Ø INT.REAL										
RAMAL 1	128.11	0.1281	10"	254 mm.	0.0173	748.00 m.	12.95	493.1 m.	47 m.	9.5	71.30 m.	-58.34 m.	2.53 m/seg	12.95 m.c.a
RAMAL 1.2	89.77	0.0898	10"	254 mm.	0.0090	552.60 m.	0.05	419.1 m.	27 m.	6.4	35.60 m.	-35.55 m.	1.77 m/seg	4.96 m.c.a
RAMAL 1.1	32.56	0.0326	6"	152 mm.	0.0164	#####	0.32	1769.4 m.	67 m.	3.8	72.66 m.	-72.35 m.	1.78 m/seg	31.56 m.c.a
RAMAL 1.2.1	8.21	0.0082	3"	76 mm.	0.0373	#####	0.46	1113.3 m.	40 m.	3.6	44.42 m.	-43.96 m.	1.80 m/seg	46.18 m.c.a
RAMAL 1.2.2	75.26	0.0753	10"	254 mm.	0.0065	#####	0.11	1471.9 m.	47 m.	3.2	51.86 m.	-51.75 m.	1.49 m/seg	10.51 m.c.a
RAMAL 1.2.2.1	31.96	0.0320	6"	152 mm.	0.0159	910.30 m.	0.14	548.2 m.	16 m.	2.9	26.57 m.	-26.42 m.	1.75 m/seg	14.47 m.c.a
RAMAL 1.2.2.2	14.35	0.0144	4"	102 mm.	0.0259	#####	0.42	1234.6 m.	37 m.	3.0	48.03 m.	-47.61 m.	1.77 m/seg	41.54 m.c.a
RAMAL 1.2.2.1.1	3.48	0.0035	2"	51 mm.	0.0548	184.90 m.	0.10	68.1 m.	10 m.	14.7	27.16 m.	-27.06 m.	1.72 m/seg	10.12 m.c.a
RAMAL 1.2.2.1.2	12.02	0.0120	4"	102 mm.	0.0187	441.80 m.	0.08	274.6 m.	6 m.	2.2	9.65 m.	-9.57 m.	1.48 m/seg	8.25 m.c.a
RAMAL 2	2.27	0.0023	2"	51 mm.	0.0248	#####	0.27	833.7 m.	130 m.	15.6	172.54 m.	-172.26 m.	1.12 m/seg	27.48 m.c.a

¹ Para el cálculo del diámetro de la tubería de conducción considerando las pérdidas por fricción en las tuberías de PVC hemos considerado lo siguiente:

- Cuando hablamos de Costo, debemos definir dos partes muy claramente: La Inversión Inicial y El Costo Operativo. La primera estará dada por el tipo de material a utilizar, duración, diámetro, espesor de pared (clase) y longitud. , la segunda estará dada por el costo energético que necesitaré durante toda la vida útil de la instalación, para bombear a través de estos el agua que requiere mi cultivo (que no es el caso para nuestro sistema).
- La pérdida de carga (J), es la pérdida que se produce en un metro de longitud de tubería.
- En la columna 8 se aplica la siguiente fórmula: $Pt = Lt * m.c.a.$, como indicamos pues J es sólo para un metro de longitud de tubería.
- Cave aclarar que este valor debe ser afectado por el valor de la pendiente, que en el recorrido de todo el proyecto de riego está a favor de la tubería y varía de acuerdo al tramo de tubería que se este analizando. En nuestro proyecto la pendiente en todos los terrenos se encuentra a nuestro favor y por ello nos significará una ayuda, por lo tanto el valor resultante deberá ser restado. Como se detalla en la columna 13.
- El desnivel del terreno $Mt = Lt * \% pendiente$, por lo tanto, tenemos
- La Presión Residual $Pr = Pt - Mt$, siendo esta la que deberá ser sumada a la pérdida de energía que se tiene por pérdidas locales (accesorios) y por las pérdidas que se producen a lo largo del conducto por el cual va el líquido.
- Para velocidad y la Presión (Tubería PVC C10) se tomó en cuenta los parámetros anteriormente enunciados.

En la Tabla 6.17 tenemos los diámetros comerciales existentes en PLASTIGAMA S.A. y en la Tabla 6.18 encontramos el resumen de los diámetros obtenidos y los diámetros comerciales adoptados considerando que este es el diámetro considerado entre la pérdida de energía más crítica y por la pérdida de energía por fricción en la tubería.

Tabla 6.17: Diámetros comerciales de tuberías de PVC existentes en PLASTIGAMA S.A.

DIÁMETROS DE TUBERÍAS PVC	25 mm.
	32 mm.
	40 mm.
	50 mm.
	63 mm.
	75 mm.
	110 mm.
	160 mm.
	220 mm.
	250 mm.

En la siguiente Tabla se colocan los diámetros obtenidos adoptando el hf crítico y los diámetros por el hf de fricción en la Tubería.

Después adoptamos un diámetro para cada ramal, considerando como primordial el mayor de los dos anteriores y por el factor costo total del sistema, pues es mucho más barato adquirir tubería del mismo diámetro en gran cantidad, que de diferentes diámetros en menor cantidad. Además hay que tener presente que el aumentar la sección a una tubería nos ayuda a disminuir su velocidad y por ende su vida útil.

Tabla 6.18: Diámetros calculados y diámetros adoptados para las tuberías de conducción.

RAMAL	DIÁMETRO CALCULADO hf crítico			DIÁMETRO POR hf FRICCIÓN	DIÁMETRO ADOPTADO
	m.	mm.	pulg.	pulg.	
RAMAL 1	0.195	195	8 "	10"	10 "
RAMAL 1.2	0.180	180	7 "	10"	10 "
RAMAL 1.1	0.132	132	5 "	6"	6 "
RAMAL 1.2.1	0.080	80	3 "	3"	4 "
RAMAL 1.2.2	0.188	188	7 "	10"	10 "
RAMAL 1.2.2.1	0.150	150	6 "	6"	6 "
RAMAL 1.2.2.2	0.105	105	4 "	4"	4 "
RAMAL 1.2.2.1.1	0.052	52	2 "	2"	2 "
RAMAL 1.2.2.1.2	0.110	110	4 "	4"	4 "
RAMAL 2	0.038	38	1 "	2"	2 "

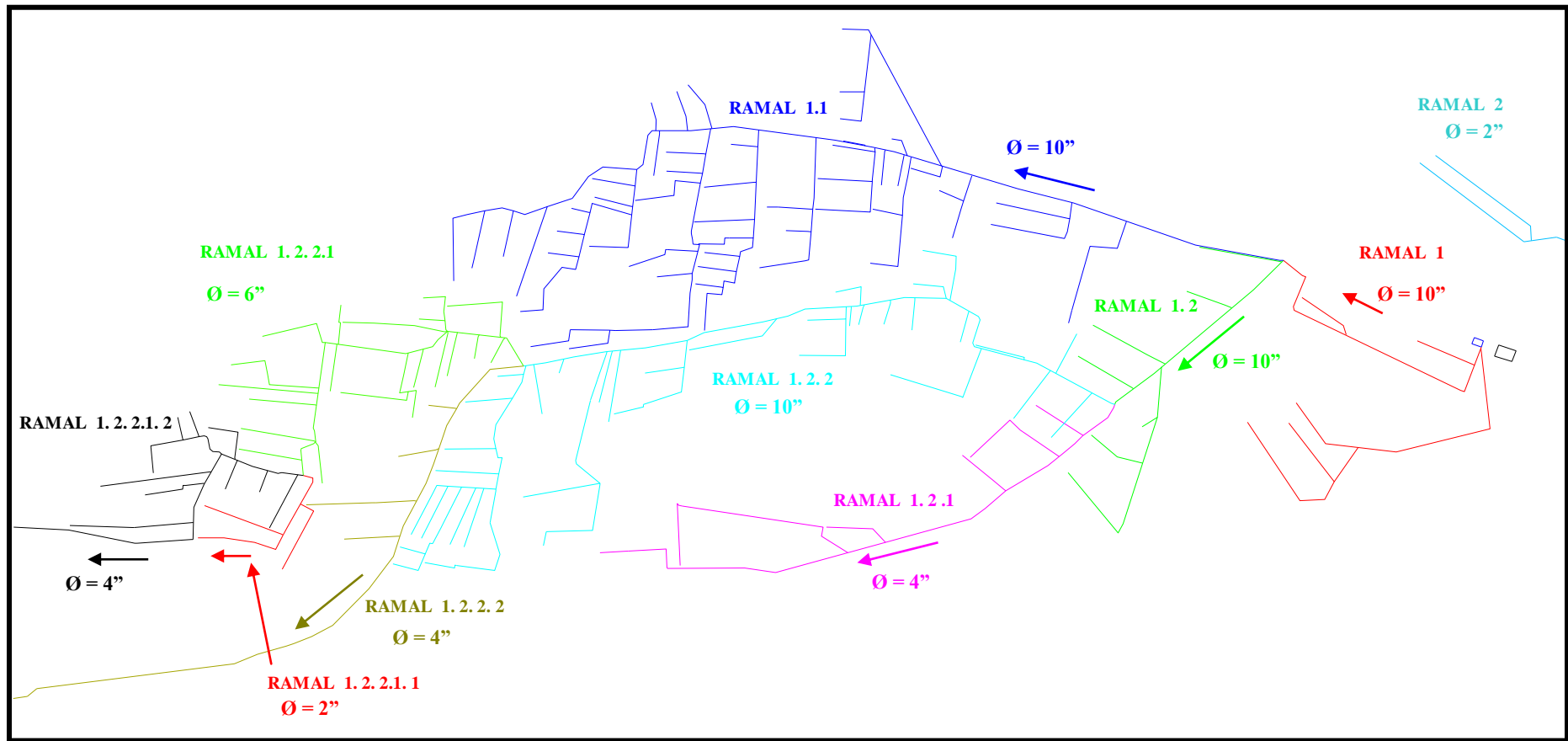


Figura 6.16 Diámetros comerciales adoptados para los diferentes ramales de circulación del sistema de riego.

Tabla 6.19: Resumen de las diferentes medidas obtenidas y adoptadas para nuestro sistema de riego.

RAMAL	DIÁMETRO ADOPTADO	RAMAL DE CONDUCCIÓN m.	RAMAL DE DISTRIBUCIÓN m.	TOTAL L. TUB. RAMAL m.	L. TUBERÍA ASPERSOR m.	ACOPLES RÁPIDOS u.	ASPERSORES u.	ÁREA CUBIERTA POR C/ RAMAL	
								m ²	hact.
RAMAL 1	10"	748.00	1682.75	2430.75	215.00	85	24	61183.25	6.12
RAMAL 1.2	10"	552.60	1511.40	2064.00	355.00	99	39	66660.80	6.67
RAMAL 1.1	6"	1918.90	9309.08	11227.98	1970.00	552	226	344388.25	34.44
RAMAL 1.2.1	4"	1236.50	1567.20	2803.70	470.00	132	52	86821.39	8.68
RAMAL 1.2.2	10"	1623.90	6200.60	7824.50	1725.00	448	194	306242.97	30.62
RAMAL 1.2.2.1	6"	910.30	3134.90	4045.20	1060.00	258	111	174128.55	17.41
RAMAL 1.2.2.2	4"	1602.45	1025.45	2627.90	555.00	90	59	151821.36	15.18
RAMAL 1.2.2.1.1	2"	184.90	649.90	834.80	220.00	46	24	36805.21	3.68
RAMAL 1.2.2.1.2	4"	441.80	2021.55	2463.35	680.00	176	75	127140.61	12.71
RAMAL 2	2"	1106.50	655.80	1762.30	70.00	65	8	24012.31	2.40
TOTAL		10325.85	27758.63	38084.48	7320.00	1951.00	812.00	1379204.69	137.92

RAMAL	NÚM. TUBOS 6m.	VÁLVULAS ½"	VÁLVULAS CONDUCCIÓN	CODOS 90- ½"	CODOS 90 EN CONDUCCIÓN
RAMAL 1	125	5	3	5	4
RAMAL 1.2	92	7	2	60	0
RAMAL 1.1	320	59	8	7	2
RAMAL 1.2.1	206	9	5	10	0
RAMAL 1.2.2	271	42	6	43	2
RAMAL 1.2.2.1	152	20	4	20	1
RAMAL 1.2.2.2	267	8	6	7	2
RAMAL 1.2.2.1.1	31	4	1	4	1
RAMAL 1.2.2.1.2	74	14	2	15	2
RAMAL 2	184	2	4	2	0
TOTAL	1722	170	41	173	14

6.2.3 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS TOTALES DE ENERGÍA EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN

En la figura 6.16 y en la Tabla 6.19 encontramos la representación y el resumen de valores obtenidos y adoptados, respectivamente, que nos servirán para realizar la comprobación de las pérdidas reales de energía.

Cave recalcar que dicha comprobación se realizará sólo en las tuberías de Conducción, por ser en estas donde se necesitaba calcular el diámetro respectivo. En las tuberías de distribución conocemos por pedido del fabricante que para el tipo de aspersores que vamos a usar (como ya lo hemos mencionado en este capítulo) se requiere tubería de ½", y es por ello que dichas tuberías no entraran en la comprobación de pérdida de energía. Para este cálculo nos apoyaremos en a la constante de integración, llamada constante de Bernoulli que varía de una línea de corriente a otra, pero permanece constante a lo largo de una línea de corriente en flujo permanente, incompresible y sin rozamiento. Dicha ecuación de Bernoulli puede ser expresada en forma general de la siguiente manera:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + hf_{1-2}$$

La pérdida de energía h_{f1-2} se representa en las tuberías y pueden ser de dos clases:

- Pérdidas Locales que se producen por los accesorios en la tubería como las debidas a codos, bifurcaciones, juntas de unión, válvulas, etc. (ver Tabla 6.20); y en caso especial para nuestro diseño tenemos: la pérdida a la entrada de un tubo desde un depósito como podemos apreciar en la figura 6.17; y la contracción brusca (ver figura 6.18)

$$h_c = \frac{V_2^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$$

; cuyo coeficiente de contracción

para el agua C_c . determinado por WEISBACH se encuentra detallado en la Tabla 6.21.

Tabla 6.20: Coeficientes de Pérdidas K para diversas transiciones de Tuberías publicado por la CIA. CRANE.

ELEMENTO	K
VÁLVULA ESFÉRICA (Totalmente abierta)	10.00
VÁLVULA DE ÁNGULO (Totalmente abierta)	5.00
VÁLVULA DE SEGURIDAD (Totalmente abierta)	2.50
VÁLVULA DE COMPUERTA (Totalmente abierta)	0.19
CODO DE RETROCESO	2.20
EMPALME EN T NORMAL	1.80
CODO A 90° NORMAL	0.90
CODO A 90° DE RADIO MEDIO	0.75
CODO A 90° DE RADIO GRANDE	0.60

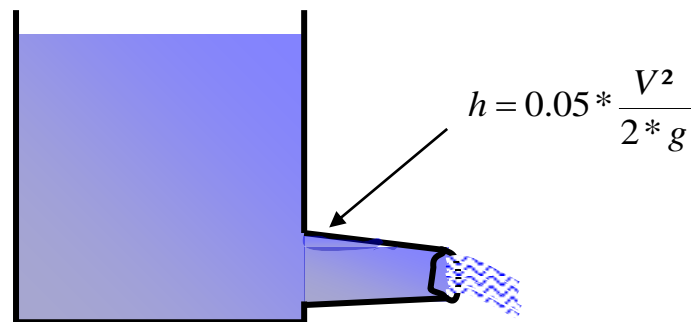


Figura 6.17 Entrada Abocinada

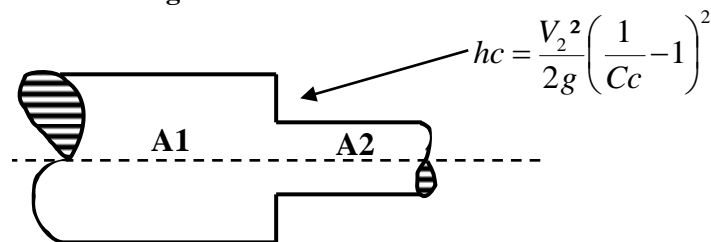


Figura 6.18 Contracción Brusca

Tabla 6.21: Coeficientes de Contracción para el agua (Cc) determinado por WEISBACH.

A2/A1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Cc	0.624	0.632	0.643	0.659	0.681	0.712	0.755	0.813	0.892	1.00

- Pérdidas a lo largo del conducto por el cual va el líquido (rozamiento del líquido por las paredes del tubo).

Se llaman **PÉRDIDAS MENORES**. Este es un nombre mal dado, porque en muchos casos estas pérdidas son más importantes que las debidas al Rozamiento. En casi todos los casos las pérdidas menores se determinan experimentalmente.

6.2.3.1 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1:

ACCESORIOS:

LONGITUD DEL RAMAL =	748.00 m.	$\rightarrow f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$
VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) =	3 und.	$\rightarrow 10 \frac{V^2}{2g}$
DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT =	10 " = 254 mm.	
EMPALME EN T NORMAL =	3 und.	$\rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$
UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m=	125 und.	$\rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$
CODO A 90° NORMAL =	4 und.	$\rightarrow 0.9 \frac{V^2}{2g}$
ENTRADA ABOCINADA =	1 und.	$\rightarrow 0.05 \frac{V^2}{2g}$
CONTRACCIÓN BRUSCA =	1 und.	$\rightarrow \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$
DIÁM. DE TUB. DE MENOR DIÁM =	6 " = 152 mm.	
	D2/D1 = 0.60	$\rightarrow Cc = 0.712$
DIFERENCIA DE ALTURA hf =	47.00 m.	

$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$
P1 = Patm
P2 = h. γ
Z1 = 47.00 m.
V1 = 0.0 m/seg.
V2 = ?

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{P_{atm}}{\gamma} + 47.00 \text{ m.} = \frac{h \cdot \gamma}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots \dots (1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0.05 \frac{V_2^2}{2g} + 30 \frac{V_2^2}{2g} + 5.4 \frac{V_2^2}{2g} + 3.6 \frac{V_2^2}{2g} + 0.05 \frac{V_2^2}{2g} + 0.16 \frac{V_2^2}{2g} + 225.00 \frac{V_2^2}{2g} + 2944.88 \quad f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (264.26 + 2944.88 \quad f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2)$$

$$(2) \text{ _ en _}(1) : 47.0 \text{ m.} = (312.26 + 2944.88 \quad f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (3)$$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 1.5754 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.40015603}{1.31E-06} = 3.0546E+05$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{25.40 \text{ cm}} = 3.937E-05$$

f	V	R	E/D	hf calculado
0.0225	1.5600 m/seg	3.0248E+05	3.94E-05	41.04 m.
0.0224	1.5606 m/seg	3.0260E+05	3.94E-05	
0.0224	1.5606 m/seg	3.0260E+05		

6.2.3.2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.2:

ACCESORIOS:

LONGITUD DEL RAMAL =	552.60 m.	→	$f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$
VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) =	10 und.	→	$10 \frac{V^2}{2g}$
DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT =	2 " = 51 mm.		
EMPALME EN T NORMAL =	5 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m=	92 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
CODO A 90° NORMAL =	0 und.	→	$0.9 \frac{V^2}{2g}$
ENTRADA ABOCINADA =	0 und.	→	$0.5 \frac{V^2}{2g}$
CONTRACCIÓN BRUSCA =	0 und.	→	$\frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$
DIFERENCIA DE ALTURA hf =	27.00 m.		

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

P1 = P2 = Iguales	V1 = 1.56 m/seg.
Z1 = 27.00 m.	V2 = ?

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 27.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots\dots\dots(1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + \frac{100V_2^2}{2g} + 9 \frac{V_2^2}{2g} + 0 \frac{V_2^2}{2g} + 165.6 \frac{V_2^2}{2g} + 10877.95 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (274.60 + 10877.95 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

(2) _ en _ (1): $27.1 \text{ m.} = (275.60 + 10878.0 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(3)$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 1.038 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.05274}{1.31E-06} = 4.0263E+04$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{5.080 \text{ cm}} = 0.00020$$

f	v	R	E/D	hf
0.0225	1.011 m/seg	3.9197E+04	0.00020	27.1 m.
0.0227	1.009 m/seg	3.9115E+04	0.00020	
0.0227	1.009 m/seg	3.9115E+04	0.00020	

6.2.3.3 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.1:

ACCESORIOS:

$$\text{LONGITUD DEL RAMAL} = 1918.90 \text{ m.} \rightarrow f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\text{VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m)} = 8 \text{ und.} \rightarrow 10 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT} = 6 \text{ " } = 152 \text{ mm.}$$

$$\text{EMPALME EN T NORMAL} = 22 \text{ und.} \rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m} = 320 \text{ und.} \rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{CODO A } 90^\circ \text{ NORMAL} = 2 \text{ und.} \rightarrow 0.9 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{ENTRADA ABOCINADA} = 0 \text{ und.} \rightarrow 0.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{CONTRACCIÓN BRUSCA} = 0 \text{ und.} \rightarrow \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$$

$$\text{DIFERENCIA DE ALTURA } hf = 67.00 \text{ m.}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

$$P_1 = P_2 = \text{Iguales}$$

$$Z_1 = 67.00 \text{ m.}$$

$$V_1 = 1.56 \text{ m/seg.}$$

$$V_2 = ?$$

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 67.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots \dots \dots (1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + 80 \frac{V_2^2}{2g} + 39.6 \frac{V_2^2}{2g} + 1.8 \frac{V_2^2}{2g} + 576 \frac{V_2^2}{2g} + 12591.21 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (697.40 + 12591.21 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2)$$

(2) _ en _ (1): $67.1 \text{ m.} = (698.40 + 12591.2 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (3)$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 1.177 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.17932}{1.31E-06} = 1.3689E+05$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{15.24 \text{ cm}} = 0.00007$$

f	v	R	E/D	hf
0.0235	1.150 m/seg	1.3382E+05	0.00007	67.1 m.
0.0236	1.150 m/seg	1.3374E+05	0.00007	
0.0236	1.150 m/seg	1.3374E+05	0.00007	

6.2.3.4 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.2.1:

ACCESORIOS:

LONGITUD DEL RAMAL =	1236.50 m.	→	$f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$
VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) =	5 und.	→	$10 \frac{V^2}{2g}$
DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT =	4 " = 102 mm.		
EMPALME EN T NORMAL =	7 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m=	206 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
CODO A 90° NORMAL =	0 und.	→	$0.9 \frac{V^2}{2g}$
ENTRADA ABOCINADA =	0 und.	→	$0.5 \frac{V^2}{2g}$
CONTRACCIÓN BRUSCA =	0 und.	→	$\frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$
DIFERENCIA DE ALTURA hf =	40.00 m.		

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

P1 = P2 = Iguales	V1 = 1.01 m/seg.
Z1 = 40.00 m.	V2 = ?

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 40.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots\dots\dots(1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + 50 \frac{V_2^2}{2g} + 12.6 \frac{V_2^2}{2g} + 0 \frac{V_2^2}{2g} + 371 \frac{V_2^2}{2g} + 12170.28 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (433.40 + 12170.28 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

(2) _ en _ (1): $40.1 \text{ m.} = (434.40 + 12170.3 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(3)$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 1.076 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.10934}{1.31E-06} = 8.3466E+04$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{10.16 \text{ cm}} = 0.00010$$

f	v	R	E/D	hf
0.0235	1.044 m/seg	8.0961E+04	0.00010	40.0 m.
0.0237	1.042 m/seg	8.0824E+04	0.00010	
0.0237	1.042 m/seg	8.0824E+04	0.00010	

6.2.3.5 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.2.2:

ACCESORIOS:

LONGITUD DEL RAMAL =	1623.90 m.	→	$f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$
VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) =	6 und.	→	$10 \frac{V^2}{2g}$
DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT =	10 " = 254 mm.		
EMPALME EN T NORMAL =	22 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m=	271 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
CODO A 90° NORMAL =	2 und.	→	$0.9 \frac{V^2}{2g}$
ENTRADA ABOCINADA =	0 und.	→	$0.5 \frac{V^2}{2g}$
CONTRACCIÓN BRUSCA =	0 und.	→	$\frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$
DIFERENCIA DE ALTURA hf =	47.00 m.		

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

P1 = P2 = Iguales
Z1 = 47.00 m.

V1 = 1.01 m/seg.
V2 = ?

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 47.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots \dots \dots (1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + 60 \frac{V_2^2}{2g} + 39.6 \frac{V_2^2}{2g} + 1.8 \frac{V_2^2}{2g} + 0 \frac{V_2^2}{2g} + 487.8 \frac{V_2^2}{2g} + 6393.31 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (589.20 + 6393.31 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2)$$

$$(2) \text{ en } (1) : 47.1 \text{ m.} = (590.2 + 6393.3 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (3)$$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 1.133 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.28785}{1.31E-06} = 2.1973E+05$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{25.40 \text{ cm}} = 0.00004$$

f	v	R	E/D	hf
0.0238	1.115 m/seg	2.1611E+05	0.00004	47.0 m.
0.0240	1.114 m/seg	2.1592E+05	0.00004	
0.0240	1.114 m/seg	2.1592E+05	0.00004	

6.2.3.6 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.2.2.1:

ACCESORIOS:

$$\text{LONGITUD DEL RAMAL} = 910.30 \text{ m.} \rightarrow f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\text{VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) = 4 und.} \rightarrow 10 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT} = 6 \text{ " = 152 mm.}$$

$$\text{EMPALME EN T NORMAL} = 19 \text{ und.} \rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m=} 152 \text{ und.} \rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{CODO A 90° NORMAL} = 1 \text{ und.} \rightarrow 0.9 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{ENTRADA ABOCINADA} = 0 \text{ und.} \rightarrow 0.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{CONTRACCIÓN BRUSCA} = 2 \text{ und.} \rightarrow \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$$

$$\text{DIFERENCIA DE ALTURA } hf = 16.00 \text{ m.}$$

$$\text{DIÁMETRO MENOR 1} = 4 \text{ " = 102 mm.}$$

$$\text{DIÁMETRO MENOR 2} = 2 \text{ " = 51 mm.}$$

$$D1/D = 0.67 \rightarrow Cc1 = 0.742$$

$$D2/D = 0.33 \rightarrow Cc2 = 0.649$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

P1 = P2 = Iguales V1 = 1.11 m/seg.
 Z1 = 16.00 m. V2 = ?
 Z2 = 0.00 m.

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 16.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots\dots\dots(1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + 40 \frac{V_2^2}{2g} + 34.2 \frac{V_2^2}{2g} + 0.9 \frac{V_2^2}{2g} + 273.6 \frac{V_2^2}{2g} + 0.41 \frac{V_2^2}{2g} + 5973.10 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (349.11 + 5973.10 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

$$(2) \text{ _en _}(1): 16.1 \text{ m.} = (350.1 + 5973.1 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(3)$$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 0.819 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.12479}{1.31E-06} = 9.5259E+04$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{15.24 \text{ cm}} = 0.00007$$

f	v	R	E/D	hf
0.0250	0.794 m/seg	9.2367E+04	0.00007	16.0 m.
0.0265	0.787 m/seg	9.1549E+04	0.00007	
0.0265	0.787 m/seg	9.1549E+04	0.00007	

6.2.3.7 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.2.2.2:

ACCESORIOS:

LONGITUD DEL RAMAL = 1602.45 m. $\rightarrow f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$

VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) = 6 und. $\rightarrow 10 \frac{V^2}{2g}$

DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT = 4 " = 102 mm.

EMPALME EN T NORMAL = 5 und. $\rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$

UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m= 267 und. $\rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$

CODO A 90° NORMAL = 2 und. $\rightarrow 0.9 \frac{V^2}{2g}$

ENTRADA ABOCINADA = 0 und. $\rightarrow 0.5 \frac{V^2}{2g}$

CONTRACCIÓN BRUSCA = 0 und. $\rightarrow \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$

DIFERENCIA DE ALTURA hf = 37.00 m.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

P1 = P2 = Iguales

Z1 = 37.00 m.

V1 = 1.11 m/seg.

V2 = ?

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 37.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots\dots\dots(1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + 60 \frac{V_2^2}{2g} + 9 \frac{V_2^2}{2g} + 1.8 \frac{V_2^2}{2g} + 480.6 \frac{V_2^2}{2g} + 15772.15 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (551.40 + 15772.15 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

$$(2) \text{ _en _}(1) : 37.1 \text{ m.} = (552.40 + 15772.1 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(3)$$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 0.915 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.09296}{1.31E-06} = 7.0958E+04$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{10.16 \text{ cm}} = 0.00010$$

f	v	R	E/D	hf
0.0240	0.883 m/seg	6.8511E+04	0.00010	37.1 m.
0.0244	0.880 m/seg	6.8281E+04	0.00010	
0.0244	0.880 m/seg	6.8281E+04	0.00010	

6.2.3.8 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.2.2.1.1:

ACCESORIOS:

LONGITUD DEL RAMAL =	184.90 m.	$\rightarrow f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$
VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) =	1 und.	$\rightarrow 10 \frac{V^2}{2g}$
DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT =	2 " = 51 mm.	
EMPALME EN T NORMAL =	3 und.	$\rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$
UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m=	31 und.	$\rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$
CODO A 90° NORMAL =	1 und.	$\rightarrow 0.9 \frac{V^2}{2g}$
ENTRADA ABOCINADA =	0 und.	$\rightarrow 0.5 \frac{V^2}{2g}$
CONTRACCIÓN BRUSCA =	0 und.	$\rightarrow \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$
DIFERENCIA DE ALTURA hf =	10.00 m.	

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

P1 = P2 = Iguales	V1 = 0.79 m/seg.
Z1 = 10.00 m.	V2 = ?

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 10.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots \dots \dots (1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + 10 \frac{V_2^2}{2g} + 5.4 \frac{V_2^2}{2g} + 0.9 \frac{V_2^2}{2g} + 55.8 \frac{V_2^2}{2g} + 3639.76 \quad f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (72.10 + 3639.76 \quad f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2)$$

(2) _ en _ (1) : $10.0 \text{ m.} = (73.1 + 3639.8 \quad f) \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (3)$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 1.161 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.05897}{1.31E-06} = 4.5018E+04$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{5.080 \text{ cm}} = 0.00020$$

f	v	R	E/D	hf
0.0240	1.107 m/seg	4.2927E+04	0.00020	10.0 m.
0.0241	1.106 m/seg	4.2878E+04	0.00020	
0.0241	1.106 m/seg	4.2878E+04	0.00020	

6.2.3.9 CÁLCULO DE LAS PÉDIDAS MENORES DEL RAMAL 1.2.2.1.2:

ACCESORIOS:

$$\text{LONGITUD DEL RAMAL} = 441.80 \text{ m.} \rightarrow f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\text{VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m)} = 2 \text{ und.} \rightarrow 10 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT} = 4 \text{ " } = 102 \text{ mm.}$$

$$\text{EMPALME EN T NORMAL} = 9 \text{ und.} \rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m} = 74 \text{ und.} \rightarrow 1.8 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{CODO A } 90^\circ \text{ NORMAL} = 2 \text{ und.} \rightarrow 0.9 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{ENTRADA ABOCINADA} = 0 \text{ und.} \rightarrow 0.5 \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{CONTRACCIÓN BRUSCA} = 0 \text{ und.} \rightarrow \frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$$

$$\text{DIFERENCIA DE ALTURA hf} = 6.00 \text{ m.}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

$$P_1 = P_2 = \text{Iguales}$$

$$Z_1 = 6.00 \text{ m.}$$

$$V_1 = 0.79 \text{ m/seg.}$$

$$V_2 = ?$$

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 6.00 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots\dots\dots(1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0 \frac{V_2^2}{2g} + 20 \frac{V_2^2}{2g} + 16.2 \frac{V_2^2}{2g} + 1.8 \frac{V_2^2}{2g} + 133.2 \frac{V_2^2}{2g} + 4348.43 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (171.20 + 4348.43 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

(2) _ en _ (1): $6.0 \text{ m.} = (171.20 + 4348.43 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots(3)$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 0.675 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.06862}{1.31E-06} = 5.2381E+04$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{10.16 \text{ cm}} = 0.00010$$

f	v	R	E/D	hf
0.0270	0.639 m/seg	4.9552E+04	0.00010	6.0 m.
0.0274	0.637 m/seg	4.9404E+04	0.00010	
0.0274	0.637 m/seg	4.9404E+04	0.00010	

6.2.3.10 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS MENORES DEL RAMAL 2:

ACCESORIOS:

LONGITUD DEL RAMAL =	1106.50 m.	→	$f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$
VÁLVULA ESFÉRICA (c/250m) =	4 und.	→	$10 \frac{V^2}{2g}$
DIÁMETRO COMERCIAL ADOPT =	2 " = 51 mm.		
EMPALME EN T NORMAL =	2 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
UNIONES EN LA TUBERÍA c/6m=	184 und.	→	$1.8 \frac{V^2}{2g}$
CODO A 90° NORMAL =	0 und.	→	$0.9 \frac{V^2}{2g}$
ENTRADA ABOCINADA =	1 und.	→	$0.5 \frac{V^2}{2g}$
CONTRACCIÓN BRUSCA =	0 und.	→	$\frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$
DIFERENCIA DE ALTURA hf =	130.00 m.		

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2}$$

$P_1 = P_2 = P_{atm}$	$V_1 = 0.00 \text{ m/seg.}$
$Z_1 = 130.0 \text{ m.}$	$V_2 = ?$

$$Z_2 = 0.00 \text{ m.}$$

Por lo tanto se obtiene: $\frac{V_1^2}{2g} + 130.0 \text{ m.} = \frac{V_2^2}{2g} + hf_{1-2} \dots\dots\dots (1)$

$$\therefore hf_{1-2} = 0.5 \frac{V_2^2}{2g} + 40 \frac{V_2^2}{2g} + 3.6 \frac{V_2^2}{2g} + 0 \frac{V_2^2}{2g} + 331.2 \frac{V_2^2}{2g} + 21781.50 f \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\therefore hf_{1-2} = (375.30 + 21781.50 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

$$(2) \text{ _ en _}(1) : 130.0 \text{ m.} = (376.30 + 21781.5 f) \frac{V_2^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

Nos imponemos el valor de $f = 0.02 \Rightarrow V = 1.771 \text{ m/seg}$

$$R = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.08999}{1.31E-06} = 6.8696E+04$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.001 \text{ cm}}{5.080 \text{ cm}} = 0.00020$$

f	v	R	E/D	hf
0.0220	1.726 m/seg	6.6924E+04	0.00020	130.0 m.
0.0224	1.717 m/seg	6.6586E+04	0.00020	
0.0224	1.717 m/seg	6.6586E+04	0.00020	

En la Tabla 6.22 tenemos las pérdidas que adoptamos (h_f crítico) para calcular el diámetro de las tuberías de conducción, las pérdidas calculadas en los accesorios y a lo largo del flujo; y, la pérdidas por fricción en la tubería de PVC; comprobando que las últimas no sean mayores que las críticas, lográndose con esto que los diámetros obtenidos cumplan con el traslado del caudal determinado y con las pérdidas menores que es lo que se desea, para el buen funcionamiento del sistema y para la vida útil de las tuberías y demás accesorios que lo componen.

Tabla 6.22: Pérdidas de Energía calculadas y críticas.

RAMAL	h_f Crítico	h_f Calculado	h_f Fricción	h_f Real $h_{fR} = h_{fCal} + h_{fFric}$	$h_{fR} < h_{fCri}$
1	47.00 m.	41.04 m.	-58.34 m.	-17.31 m.	CUMPLE
1.2	27.00 m.	27.07 m.	-35.55 m.	-8.48 m.	CUMPLE
1.1	67.00 m.	67.06 m.	-72.35 m.	-5.29 m.	CUMPLE
1.2.1	40.00 m.	40.00 m.	-43.96 m.	-3.97 m.	CUMPLE
1.2.2	47.00 m.	46.99 m.	-51.75 m.	-4.76 m.	CUMPLE
1.2.2.1	16.00 m.	16.03 m.	-26.42 m.	-10.39 m.	CUMPLE
1.2.2.2	37.00 m.	37.06 m.	-47.61 m.	-10.55 m.	CUMPLE
1.2.2.1.1	10.00 m.	10.03 m.	-27.06 m.	-17.03 m.	CUMPLE
1.2.2.1.2	6.00 m.	6.03 m.	-9.57 m.	-3.54 m.	CUMPLE
2	130.00 m.	130.00 m.	-172.26 m.	-42.26 m.	CUMPLE

6.2.4 LA DISTRIBUCIÓN

Después de determinado el caudal con su respectivo diámetro de tubería; que debe traerse a la cabeza de la zona a regar, ahora el problema consiste en distribuir el agua sobre las parcelas que van a utilizarla, de forma que cada una de ellas reciba una dosis correcta en el momento oportuno.

Es un problema delicado y complejo como consecuencia de la variedad de suelos, de las dimensiones de las parcelas y de los cultivos en el perímetro regado.

Por la disposición de agua que tenemos para nuestro sistema de riego como lo detallamos en el Capítulo IV específicamente el Tabla 4.5 que es de 27.06 lit./seg., y la

necesidad de agua diaria calculada en este capítulo que es de 130.38 lit./seg.; podemos darnos cuenta que la distribución de agua será por rotación o turnos.

6.2.4.1 LA DISTRIBUCIÓN POR ROTACIÓN O TURNOS

6.2.4.1.1 PRINCIPIO

Este método de distribución es el que más se utiliza tradicionalmente en las zonas de riego donde la propiedad está muy dividida como es en el caso nuestro. Descansa sobre el principio siguiente:

Se hace llegar el agua a cada propietario a intervalos determinados, pero con un caudal igual al módulo o sea generalmente mucho más importante que el caudal continuo necesario. El tiempo durante el cual esta propiedad recibe de esta manera el agua, es reducido en proporción, de manera que reciba finalmente el volumen suscrito y no más.

El caudal que se le da sin interrupción, en la distribución por rotación, es el tiempo durante el cual se suministra un caudal constante, el módulo es el mismo para todos los usuarios, que es función de la superficie que riega. Esto presenta primero la ventaja de suministrar a una medida de caudal, siempre delicada, una medida de tiempo mucho más fácil y después de cada riego se hace con un caudal igual al módulo que, por definición y elección, es un caudal abundante y fácil de manejar.

Para nuestro sistema de riego como lo mencionamos anteriormente disponemos de un caudal de 27.06 lit/seg. Dado por las cinco vertientes (Ver Capítulo IV Tabla 4.5). Y con este caudal no podemos suplir las necesidades de toda el área a ser regada es por ello que la he distribuido en tres sectores o subáreas que serán regadas en tres días, es decir un día por cada subárea.

Se dará agua durante las horas luz del día que son doce y media horas (0600 – 1830H), tiempo que será justificado más adelante. Durante las horas que no brindará agua, esta

se almacenará en un tanque de distribución, contando con un caudal total para cada día de riego de 54 lit/seg. Con esta cantidad de agua las subáreas fueron distribuidas de la siguiente manera, como podemos apreciar en la figura 6.19.

En el ANEXO N.- 1 tenemos el diseño de las Tuberías de Conducción, colocación de válvulas, aspersores, etc.

Cave recalcar que en esta figura se encuentran detallados los caudales con los que se regaran las propiedades de las subáreas, y no es el caudal que circulara por los ramales de conducción.

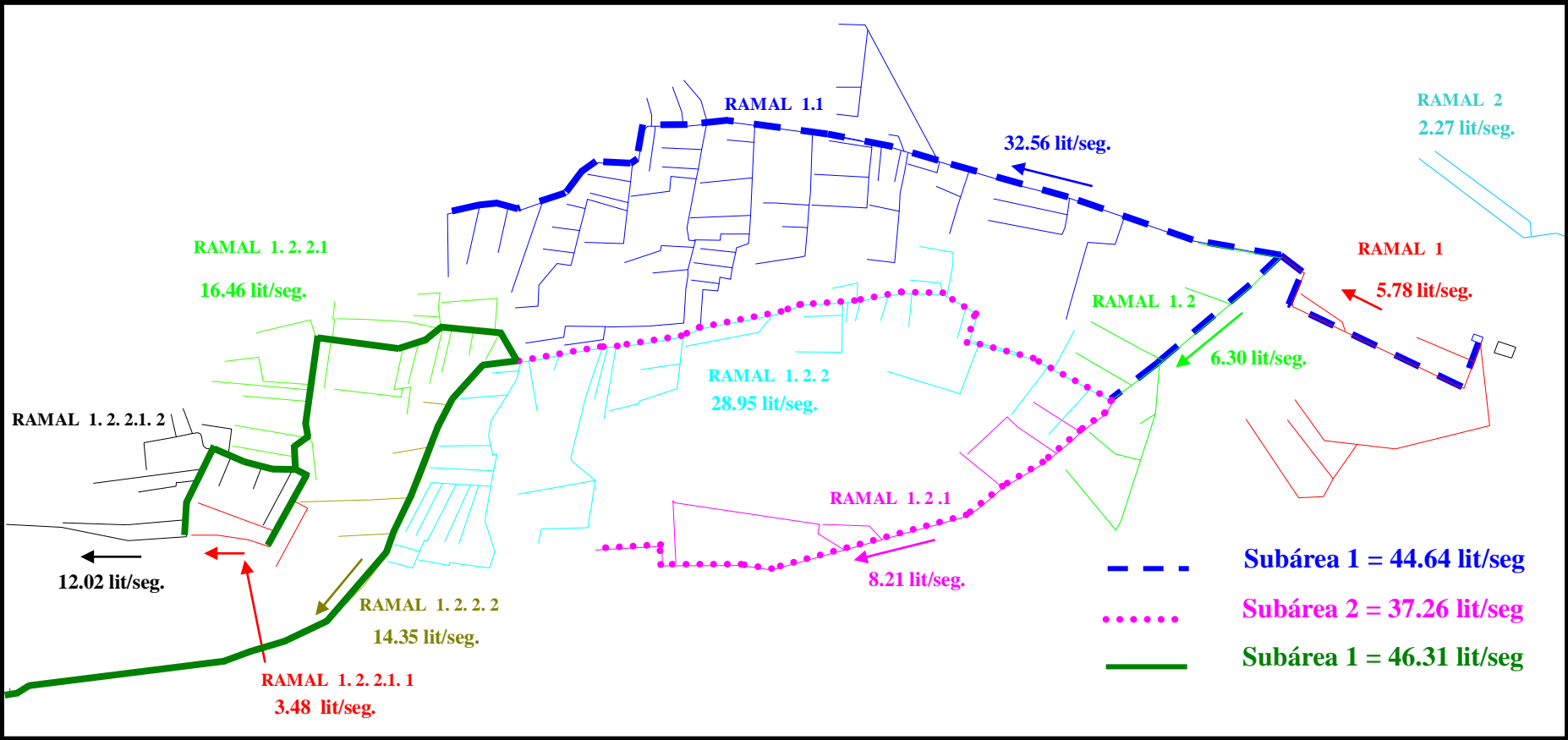


Figura 6.19 Distribución de las subáreas que serán regadas en días independientes con su respectivo caudal total a emplear.

6.3 PLAN DE DISTRIBUCIÓN

La única condición que hay que respetar en principio, es que la *densidad de aspersión* δ *impuesta por el aparato sea inferior o a lo sumo igual a la velocidad de infiltración* K del agua en el suelo.

$$\delta \leq K$$

Para los aparatos de aspersión 501-U y como hemos detallado en la Tabla 6.1; usaremos la densidad de riego es: $\delta = 15 \text{ mm/h}$.

$$\delta = 15 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{seg}} = 4.16 * 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{seg}}.$$

La velocidad de infiltración para nuestro suelo Andosol o Arcillo-arenoso oscila entre 1×10^{-4} y 1×10^{-7} ; para nuestro diseño adoptaremos el valor de $K = 10^{-4}$

$$\Rightarrow 4.16 * 10^{-6} < 1 * 10^{-4}$$

Por lo tanto, salvo para suelos casi impermeables la condición anterior se consigue sin dificultad.

Cuando se ha determinado la dosis práctica de riego D_p de una hectárea de los cultivos dados y para diseño tomamos la D_p de nuestro cultivo de mayor demanda que la alfalfa cuyo $D_p = 1800 \text{ m}^3/\text{ha}$; el número de riegos que habrá que dar durante cada uno de los meses de vegetación activa para satisfacer las necesidades de la planta, se puede determinar el volumen cada mes de agua, será:

$$N * D_r = Q$$
$$\Rightarrow N = \frac{Q}{D_p}$$

El caudal ficticio continuo para su conocimiento por las necesidades globales en agua de una hectárea de cultivo durante el mes considerado, o sea el Q expresado en m^3 por hectárea por mes.

Evidentemente se tiene:

$$Q = 130.38 \frac{\text{lit}}{\text{seg}} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{lit}} * \frac{(3600 * 24 * 30)\text{seg}}{1\text{mes}} * \frac{1\text{ha}}{137.92}$$

$$\Rightarrow Q = 2450.29 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}/\text{mes}}$$

$$\therefore N = \frac{2450.29}{1800} = 1.36$$

Los N riegos del mes se sucederán a intervalos regulares T, tales como:

$$N * T = 1\text{mes}$$

Se tomará N = 2, o sea T= 15 días.

Esto nos dará la dosis real que hay que verter:

$$Dr = \frac{2450.29}{2} = 1225.145 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}}$$

$$\Rightarrow 1225.145 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} * \frac{1\text{ha}}{10000\text{m}^2} \Rightarrow dr = 0.123\text{m}$$

Hay que tener presente que la dosis real no debe sobrepasar a la dosis práctica, quedando no obstante lo más próxima posible de esta dosis.

El módulo de riego es el caudal de agua de que se dispone al regador para verter en el suelo de las parcelas que hay para que estas parcelas reciban la dosis que necesitan.

En el caso de la aspersión, cada vez más extendido, es muy diferente. En este sistema el agua es llevada directamente bajo forma de lluvia al lugar donde debe infiltrarse, merced a aparatos de aspersión convenientemente repartidos en el terreno.

En consecuencia la permeabilidad del suelo tiene poca influencia sobre las condiciones prácticas del riego por aspersión.

El módulo elegido en las redes modernas en las que el riego por aspersión se prevé esencialmente por este método, es relativamente bajo; para nuestro tipo de aspersor 501-U con boquilla de 20 mm. de color azul se tiene un módulo de: 253 lit/h (ver en la Tabla 6.1).

En la aspersión la superficie de la unidad parcelaria de riego “s” esta impuesta entonces por los aparatos de aspersión; es, en efecto, la superficie regada por él aparato o grupos de aparatos que funcionan simultáneamente.

$m = 253 \text{ lit/h} * \frac{1h}{3600 \text{ seg}} = 0.07 \text{ lit/seg}$, esto es para cada aspersor pero para el grupo de aspersores que estarán trabajando a la vez, que son una cantidad de 812 como podemos apreciar en la Tabla 6.19; tenemos.

$$m = 0.07 \text{ lit/seg} * 812 = 57.06 \text{ lit/seg}$$

$$s = \frac{m}{\delta} = \frac{57.06 \text{ lit/seg} * \frac{1m^3}{1000 \text{ lit}}}{4.16 * 10^{-6} \text{ m/seg}} = 13717.68m^2$$

$$\Rightarrow 13700m^2$$

Cada parcela unitaria deberá ser regada durante un tiempo:

$$t = \frac{Dr}{\delta} = \frac{0.123m}{0.015 \text{ m/h}} = 8.2 \text{ horas} = 8 \text{ horas } 12 \text{ min}$$

Puesto que el agua no es llevada y no penetra en el suelo más que una velocidad igual a la densidad de aspersión. Además, es importante, para hacer la aplicación práctica de esta última fórmula tener el mayor cuidado en utilizar las unidades homogéneas.

Con este tiempo calculado justificamos la entrega de agua en todo el sistema de riego durante las 12,5 horas de luz que existen en un día (0600 – 1830H).

Es por ello que nuestra distribución quedará de la manera como se detalla en la Tabla 6.23. Teniendo presente que el riego se lo realizará de lunes a sábado de 0600H a 1830H de cada día.

Los días domingos quedarán para realizar el mantenimiento respectivo al sistema, o si se suscita algún problema durante los días de riego, se deberá recuperar con el número domingos necesarios para cubrir la dosis mensual de agua para los cultivos.

Tabla 6.23: Horario Semanal de distribución de agua para nuestro sistema de riego.

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
SUBÁREA N.-1	SUBÁREA N.-2	SUBÁREA N.-3	SUBÁREA N.-1	SUBÁREA N.-2	SUBÁREA N.-3	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Este horario semanal se deberá cumplir, evitando alteraciones o desmanes por parte de los propietarios de los terrenos a ser regados.

6.3.1 NÚMERO DE MOVIMIENTOS

El número de movimientos que debe hacer el propietario de cada uno de los terrenos que serán regados. Cabe recalcar que la distribución de los aspersores en cada terreno fueron dibujados y detallados en el AUTOCAD, por ende el número de acoples rápidos que se emplean en cada terreno será en número de movimientos que se deberá realizar a todo el juego de aspersores de cada terreno. Además el tiempo que se debe emplear cada juego de aspersores en cada una de las acoples rápidos se obtendrá de la siguiente manera:

$$t_{c/boquilla} = \frac{12.5h}{\text{núm.boquillas}}; \text{ Como se detalla a continuación el Tabla 6.24.}$$

Tabla 6.24: Cálculo de movimientos y tiempos en cada acople rápido por terreno.

N.- LOTE	PROPIETARIO	ÁREA DEL LOTE		RAMAL	ÁREA CUBIERTA POR EL JUEGO DE ASPERSORES DE C/LOTE	NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DÍA DE CADA JUEGO	TIEMPO QUE DEBE PERMANECER EL JUEGO EN CADA BOQUILLA
		m ²	Hectarias				
L - 1	SR. EMILIO CHUQUI	20486.44	2.05	1	471.24 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 2	SRA. HIMELDA GALLO	12440.25	1.24	2	314.16 m ²	32	0.39 h. = 0 h. 23 min.
L - 3	SR. MANUEL ENDARA	10001.99	1.00	1.2	628.32 m ²	21	0.60 h. = 0 h. 36 min.
L - 4	SR. RAFAEL ENDARA	17144.67	1.71	1.2	706.86 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 5	SRA. ENRIQUETA LAMAR	22258.29	2.23	1.1	549.78 m ²	17	0.74 h. = 0 h. 44 min.
L - 6	SR. ALFREDO ALMACHE	18113.62	1.81	1.2	471.24 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 7	SR. RAÚL CHIMARRO	4680.02	0.47	1.2	235.62 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 8	SR. MANUEL ALMACHE	5523.21	0.55	1.2.2	157.08 m ²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 9	SR. VICENTE LAMAR	16784.51	1.68	1	628.32 m ²	24	0.52 h. = 0 h. 31 min.
L - 10	SR. JUAN TAPIA	10414.82	1.04	1	392.70 m ²	19	0.66 h. = 0 h. 39 min.
L - 11	SR. JUAN TAPIA	9827.08	0.98	1	314.16 m ²	13	0.96 h. = 0 h. 58 min.
L - 12	SRA. MERCEDES ENDARA	13171.82	1.32	1.1	314.16 m ²	19	0.66 h. = 0 h. 39 min.
L - 13	SR. MANUEL ENDARA	8059.16	0.81	1.1	235.62 m ²	19	0.66 h. = 0 h. 39 min.
L - 14	SRA. BEATRIZ TOAPANTA	10639.03	1.06	1.1	549.78 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 15	SRA. BEATRIZ TOAPANTA	5281.30	0.53	1.1	471.24 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 16	SR. AURELIO ROMERO	3425.00	0.34	1.1	157.08 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 17	SR. ANDRES ROMERO	3447.58	0.34	1.1	235.62 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 18	SRA. HIMELDA ROMERO	3986.88	0.40	1.1	157.08 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 19	SR. AURELIO ROMERO	1698.53	0.17	1.1	235.62 m ²	3	4.17 h. = 4 h. 10 min.
L - 20	SR. ANDRES ROMERO	2595.59	0.26	1.1	157.08 m ²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 21	SR. ANDRÉS ROMERO	664.78	0.07	1.1	157.08 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 22	SR. ALBERTO TOAPANTA	3940.62	0.39	1.1	314.16 m ²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 23	SRA. ELBIRA CHAZI	18197.80	1.82	1.1	549.78 m ²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 24	SR. ALBERTO TOAPANTA	3522.09	0.35	1.1	78.54 m ²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.

N.- LOTE	PROPIETARIO	ÁREA DEL LOTE		RAMAL	ÁREA CUBIERTA POR EL JUEGO DE ASPERSORES DE C/LOTE	NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DÍA DE CADA JUEGO	TIEMPO QUE DEBE PERMANECER EL JUEGO EN CADA BOQUILLA
		m ²	Hectarias				
L - 25	SR. GUILLERMO LEZCANO	3062.97	0.31	1.1	235.62 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 26	SR. GUILLERMO LEZCANO	7146.01	0.71	1.1	471.24 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 27	SR. ENRIQUE SANGO	6973.38	0.70	1.1	392.70 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 28	SRA. OLIMPIA CALALA	4419.07	0.44	1.1	235.62 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 29	SRA. ROSA TAPIA	1670.99	0.17	1.1	235.62 m ²	3	4.17 h. = 4 h. 10 min.
L - 30	SRA. OLIMPIA CALALA	2912.64	0.29	1.1	235.62 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 31	SRA. HERMELINDA CANDO	12346.96	1.23	1.1	628.32 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 32	SR. JORGE TAPIA	4804.49	0.48	1.2.2	314.16 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 33	SR. ALBERTO NICANOR TOAPANTA	13409.29	1.34	1.1	471.24 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 34	SRA. ROSA TAPIA	1946.86	0.19	1.1	157.08 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 35	SRA. ROSA TAPIA	7732.16	0.77	1.1	392.70 m ²	15	0.83 h. = 0 h. 50 min.
L - 36	SR. ALEJANDRO LLANO	1689.63	0.17	1.1	235.62 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 37	SR. LUIS TAPIA	5479.09	0.55	1.1	157.08 m ²	13	0.96 h. = 0 h. 58 min.
L - 38	SR. GUILLERMO LEZCANO	5794.30	0.58	1.1	314.16 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 39	SR. GUILLERMO TOAPANTA	7546.51	0.75	1.1	471.24 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 40	SR. LUIS TAPIA	3445.75	0.34	1.1	157.08 m ²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 41	SRA. ROSA TENELEMA	4043.47	0.40	1.1	157.08 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 42	SR. GUILLERMO TOAPANTA	4447.14	0.44	1.1	314.16 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 43	SRA. ROSA TENELEMA	2000.67	0.20	1.1	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 44	SR. LUIS TAPIA	5308.27	0.53	1.1	471.24 m ²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 45	SR. ALEJANDRO LLANO	2487.79	0.25	1.1	157.08 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 46	SR. FERNANDO ALMACHE	2338.97	0.23	1.1	78.54 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 47	SR. LUIS ALMACHE	4804.03	0.48	1.1	235.62 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 48	SR. GUILLERMO LEZCANO	2742.21	0.27	1.1	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 49	SR. FERNANDO ALMACHE	3380.61	0.34	1.1	314.16 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 50	SRA. DELIA LLANO	4153.10	0.42	1.1	314.16 m ²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 51	SRA. FLORICELDA CRUZ	7364.95	0.74	1.1	314.16 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 52	SRA. FLORICELDA CRUZ	4937.26	0.49	1.1	235.62 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.

N.- LOTE	PROPIETARIO	ÁREA DEL LOTE		RAMAL	ÁREA CUBIERTA POR EL JUEGO DE ASPERORES DE C/LOTE	NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DÍA DE CADA JUEGO	TIEMPO QUE DEBE PERMANECER EL JUEGO EN CADA BOQUILLA
		m ²	Hectarias				
L - 53	SR. ENRIQUE TONATO	7482.91	0.75	1.1	314.16 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 54	SR. LUIS LEZCANO	6696.67	0.67	1.1	471.24 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 55	SR. JOSÉ QUINATOA	4904.89	0.49	1.1	235.62 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 56	SR. GERMÁNICO TOCTAGUANO	3823.40	0.38	1.1	314.16 m ²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 57	SRA. ROSA TENELEMA	3009.45	0.30	1.1	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 58	SR. CESAR LLANO	7171.59	0.72	1.1	392.70 m ²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 59	SR. GERARDO EUGUES	8452.90	0.85	1.1	392.70 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 60	SRA. FLORICELDA CRUZ	3530.58	0.35	1.1	157.08 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 61	SR. RAFAEL SANTAFÉ	3007.57	0.30	1.1	314.16 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 62	SR. RAFAEL SANTAFÉ	9884.89	0.99	1.2.2	628.32 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 63	SR. OLMEDO TONATO	5673.45	0.57	1.2.2	235.62 m ²	13	0.96 h. = 0 h. 58 min.
L - 64	SR. ELIAS TONATO	12114.96	1.21	1.2.2	314.16 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 65	SR. ELIAS TONATO	5172.40	0.52	1.2.2	235.62 m ²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 66	SR. RAFAEL SANTAFÉ	4676.49	0.47	1.2.2	157.08 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 67	SR. JUAN JOSÉ TOAPANTA	3482.21	0.35	1.2.2	392.70 m ²	15	0.83 h. = 0 h. 50 min.
L - 68	SR. LORENZO TOCTAGUANO	1973.98	0.20	1.2.2	157.08 m ²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 69	SR. LORENZO TOCTAGUANO	3971.16	0.40	1.2.2	235.62 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 70	SR. JOSÉ RIGOBERTO CAJAS	2320.54	0.23	1.2.2	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 71	SR. PATRICIO ENDARA	6802.06	0.68	1.2.2	392.70 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 72	SR. CORNELIO ENDARA	8018.48	0.80	1.2.2	314.16 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 73	SR. CORNELIO ENDARA	4232.33	0.42	1.2.2	157.08 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 74	SRA. SOLEDAD TOCTAGUANO	3788.16	0.38	1.2.2	157.08 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 75	SRA. SUSANA ALMACHE	7211.55	0.72	1.2.2	392.70 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 76	SR. AUGUSTO ALMACHE	20155.64	2.02	1.2.2	942.48 m ²	20	0.63 h. = 0 h. 38 min.
L - 77	SR. VICTOR TAIPE	1866.22	0.19	1.2.2	392.70 m ²	4	3.13 h. = 3 h. 8 min.
L - 78	SR. RAMÓN TOAPANTA	20801.35	2.08	1.2.2	628.32 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 79	SR. JORGE MORENO	3272.29	0.33	1.2.2	706.86 m ²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 80	SR. JORGE TAPIA	5841.98	0.58	1.2.2	706.86 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.

N.- LOTE	PROPIETARIO	ÁREA DEL LOTE		RAMAL	ÁREA CUBIERTA POR EL JUEGO DE ASPERSORES DE C/LOTE	NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DÍA DE CADA JUEGO	TIEMPO QUE DEBE PERMANECER EL JUEGO EN CADA BOQUILLA
		m²	Hectarias				
L - 81	SRA. LETICIA TOAPANTA	4692.71	0.47	1.2.2	157.08 m²	13	0.96 h. = 0 h. 58 min.
L - 82	SRA. ELBIRA TOAPANTA	2772.10	0.28	1.2.2	78.54 m²	18	0.69 h. = 0 h. 42 min.
L - 83	SR. RAFAEL SANTAFÉ	2936.25	0.29	1.1	157.08 m²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 84	SR. JOSÉ QUINATOA	2003.32	0.20	1.2.2	157.08 m²	4	3.13 h. = 3 h. 8 min.
L - 85	SR. GUSTAVO TOAPANTA	3088.24	0.31	1.2.2	235.62 m²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 86	SR. EMILIO CHUQUI	3670.40	0.37	1	78.54 m²	13	0.96 h. = 0 h. 58 min.
L - 87	SRA. DELIA LLANO	5720.72	0.57	1.2.2	549.78 m²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 88	SR. JOSÉ LLANO	7834.91	0.78	1.2.2	706.86 m²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 89	SR. CESAR LLANO	11944.53	1.19	1.2.2	549.78 m²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 90	SR. CESAR LLANO	6765.30	0.68	1.1	314.16 m²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 91	SR. CESAR LLANO	11183.04	1.12	1.2.2	235.62 m²	19	0.66 h. = 0 h. 39 min.
L - 92	SRA. MARÍA ALEGRÍA CASTRO	34924.47	3.49	1.2.1	1492.26 m²	35	0.36 h. = 0 h. 21 min.
L - 93	SR. JOSÉ ALEJANDRO LLANO	4543.23	0.45	1.2.1	157.08 m²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 94	SR. LUIS ESPINOZA	12664.21	1.27	1.2.1	863.94 m²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 95	SR. ENRIQUE ALMACHE	6815.62	0.68	1.2.1	235.62 m²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 96	SR. ENRIQUE ALMACHE	2935.29	0.29	1.2.1	235.62 m²	11	1.14 h. = 1 h. 8 min.
L - 97	SR. MANUEL ALMACHE	16644.07	1.66	1.2.2	942.48 m²	21	0.60 h. = 0 h. 36 min.
L - 98	SR. GUSTAVO TOAPANTA	6602.63	0.66	1.2.1	235.62 m²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 99	SR. ENRIQUE ALMACHE	2654.57	0.27	1.2	157.08 m²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 100	SRA. MARÍA DEL CARMEN ALMACHE	3651.11	0.37	1.2	628.32 m²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 101	SR. ENRIQUE SANGO	4705.61	0.47	1.2.2	392.70 m²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 102	SR. LUIS SANGO	4249.52	0.42	1.2.2	235.62 m²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 103	SR. JOSÉ LLANO	2631.25	0.26	1.2.2	157.08 m²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 104	SR. JOSÉ LLANO	4435.61	0.44	1.2.2	235.62 m²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 105	SR. GUILLERMO LEZCANO	1055.28	0.11	1.2.2	78.54 m²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 106	SR. RIGOBERTO CAJAS	1556.43	0.16	1.2.2	157.08 m²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 107	SR. GUILLERMO LEZCANO	4898.40	0.49	1.2.2	235.62 m²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 108	SR. JOSÉ LLANO	6094.20	0.61	1.2.2	314.16 m²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.

N.- LOTE	PROPIETARIO	ÁREA DEL LOTE		RAMAL	ÁREA CUBIERTA POR EL JUEGO DE ASPERORES DE C/LOTE	NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DÍA DE CADA JUEGO	TIEMPO QUE DEBE PERMANECER EL JUEGO EN CADA BOQUILLA
		m ²	Hectarias				
L - 109	SR. LUIS ALTAMIRANO	45155.19	4.52	1.2.2	942.48 m ²	19	0.66 h. = 0 h. 39 min.
L - 110	SRA. SOLEDAD CENTENO	15758.56	1.58	1.2.2	549.78 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 111	SR. JOSÉ VILLALBA	8078.77	0.81	1.2.1	314.16 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 112	SRA. CONCEPCIÓN QUINATOA	6013.16	0.60	1.2.1	314.16 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 113	SRA. ESTHER TAIPE	4244.01	0.42	1.2.1	235.62 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 114	SR. ALFREDO IZA	2342.15	0.23	1.2.2	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 115	SRA. ROSARIO TOAPANTA ARIAS	2300.76	0.23	1.2.2.2	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 116	SR. SEGUNDO BENITEZ	1988.93	0.20	1.2.2.1	314.16 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 117	SRA. ROSARIO TOAPANTA ARIAS	2484.00	0.25	1.2.2.1	157.08 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 118	SR. FRANCISCO BENITEZ VARGAS	3977.40	0.40	1.2.2.1	157.08 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 119	SR. SEGUNDO VILLAMARIN	2440.43	0.24	1.2.2.1	157.08 m ²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 120	SR. FRANCISCO BENITEZ VARGAS	6667.55	0.67	1.2.2.1	314.16 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 121	SR. SEGUNDO GUTIERREZ	28585.50	2.86	1.2.2.1	706.86 m ²	17	0.74 h. = 0 h. 44 min.
L - 122	SR. JORGE MORENO	9235.45	0.92	1.2.2.1	706.86 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.
L - 123	SR. VICTOR VILLALVA	19499.95	1.95	1.2.2.1	942.48 m ²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 124	SR. RAÚL MORENO	9141.02	0.91	1.2.2.1	392.70 m ²	25	0.50 h. = 0 h. 30 min.
L - 125	SR. SEGUNDO GUTIERREZ	2676.16	0.27	1.2.2.1	157.08 m ²	17	0.74 h. = 0 h. 44 min.
L - 126	SR. JOAQUIN MORENO	5494.50	0.55	1.2.2.1	471.24 m ²	9	1.39 h. = 1 h. 23 min.
L - 127	SR. ENRIQUE MONTEROS	9885.89	0.99	1.2.2.1.2	471.24 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 128	SR. ENRIQUE MONTEROS	2779.66	0.28	1.2.2.1.2	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 129	SR. GALO MORENO	7631.32	0.76	1.2.2.1.2	392.70 m ²	8	1.56 h. = 1 h. 34 min.
L - 130	SR. GALO MORENO	24432.94	2.44	1.2.2.1.2	628.32 m ²	28	0.45 h. = 0 h. 27 min.
L - 131	SR. BOLIVAR MORENO	4303.71	0.43	1.2.2.1.2	471.24 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 132	SR. IGNACIO COBA	2110.98	0.21	1.2.2.1.2	157.08 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 133	SR. IGNACIO COBA	3505.01	0.35	1.2.2.1.2	471.24 m ²	5	2.50 h. = 2 h. 30 min.
L - 134	SRA. ESTHER RAMIREZ	7253.94	0.73	1.2.2.1.2	314.16 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 135	SR. JOSÉ MODESTO	8131.07	0.81	1.2.2.1.2	314.16 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 136	SR. BOLIVAR MORENO	12930.13	1.29	1.2.2.1.2	392.70 m ²	15	0.83 h. = 0 h. 50 min.

N.- LOTE	PROPIETARIO	ÁREA DEL LOTE		RAMAL	ÁREA CUBIERTA POR EL JUEGO DE ASPERORES DE C/LOTE	NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DÍA DE CADA JUEGO	TIEMPO QUE DEBE PERMANECER EL JUEGO EN CADA BOQUILLA
		m ²	Hectarias				
L - 137	SR. JOSÉ MODESTO	18460.52	1.85	1.2.2.1.2	549.78 m ²	31	0.40 h. = 0 h. 24 min.
L - 138	SR. BOLIVAR MORENO	8392.58	0.84	1.2.2.1.2	471.24 m ²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 139	SR. IGNACIO COBA	15069.96	1.51	1.2.2.1.1	706.86 m ²	15	0.83 h. = 0 h. 50 min.
L - 140	SRA. LAURA MORENO	8167.87	0.82	1.2.2.1.1	549.78 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 141	SR. CRISTOBAL EUGUES	4330.38	0.43	1.2.2.1.1	314.16 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 142	SR. MANUEL CHAZI	13000.51	1.30	1.2.2.1.2	785.40 m ²	15	0.83 h. = 0 h. 50 min.
L - 143	SR. ENRIQUE ARROYO	9237.00	0.92	1.2.2.1.1	314.16 m ²	17	0.74 h. = 0 h. 44 min.
L - 144	SRA. MARUJA BUSTAMANTE	7629.25	0.76	1.2.2.2	235.62 m ²	14	0.89 h. = 0 h. 54 min.
L - 145	SRA. SOLEDAD BUSTAMANTE	17302.93	1.73	1.2.2.2	628.32 m ²	17	0.74 h. = 0 h. 44 min.
L - 146	SRA. JOSEFINA COBA	4261.32	0.43	1.2.2.1	157.08 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 147	SRA. JOSEFINA COBA	9709.49	0.97	1.2.2.1	314.16 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 148	SRA. JOSEFINA COBA	4322.37	0.43	1.2.2.1.2	314.16 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 149	SR. IGNACIO COBA	9353.57	0.94	1.2.2.1	235.62 m ²	19	0.66 h. = 0 h. 39 min.
L - 150	SR. CRISTOBAL EUGUES	11701.62	1.17	1.2.2.2	471.24 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 151	SRA. ROSARIO TOAPANTA	11773.63	1.18	1.2.2.2	549.78 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 152	SR. ENRIQUE ARROYO	4617.58	0.46	1.2.2.1	471.24 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
L - 153	SR. MARIO TELLO	44734.47	4.47	1.2.2.2	1256.64 m ²	15	0.83 h. = 0 h. 50 min.
L - 154	SR. JOAQUIN MORENO	29050.56	2.91	1.2.2.1	863.94 m ²	26	0.48 h. = 0 h. 29 min.
L - 155	SR. SEGUNDO VILLAMARIN	2254.97	0.23	1.2.2.1	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 156	SRA. TRÁNSITO EREDIA	4925.41	0.49	1.2.2.1	314.16 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 157	SR. MARCOS YUGCHA	14890.15	1.49	1.2.2.1	1570.80 m ²	17	0.74 h. = 0 h. 44 min.
L - 158	SR. SEGUNDO BENITEZ	15583.84	1.56	1.1	549.78 m ²	16	0.78 h. = 0 h. 47 min.
L - 159	SRA. ROSA TENELEMA	9121.21	0.91	1.1	785.40 m ²	15	0.83 h. = 0 h. 50 min.
L - 160	SRA. ROSA TENELEMA	13103.29	1.31	1.1	471.24 m ²	24	0.52 h. = 0 h. 31 min.
L - 161	SRA. ISOLINA LLANO	6880.60	0.69	1.1	235.62 m ²	12	1.04 h. = 1 h. 3 min.

N.- LOTE	PROPIETARIO	ÁREA DEL LOTE		RAMAL	ÁREA CUBIERTA POR EL JUEGO DE ASPERORES DE C/LOTE	NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DÍA DE CADA JUEGO	TIEMPO QUE DEBE PERMANECER EL JUEGO EN CADA BOQUILLA
		m ²	Hectarias				
L - 162	ESCUELA CUENCA	2874.64	0.29	1.2.2.1	157.08 m ²	7	1.79 h. = 1 h. 47 min.
L - 163	SR. MARIO CEVALLOS	11572.06	1.16	2	314.16 m ²	33	0.38 h. = 0 h. 23 min.
L - 164	SRA. ENRIQUETA LAMAR	4485.24	0.45	1.1	471.24 m ²	3	4.17 h. = 4 h. 10 min.
L - 165	SR. JUAN TAPIA	10414.82	1.04	1.2	235.62 m ²	20	0.63 h. = 0 h. 38 min.
L - 166	SRA. LAURA MORENO	5889.31	0.59	1.2.2	392.70 m ²	6	2.08 h. = 2 h. 5 min.
L - 167	SR. FABIAN CAICEDO	56378.69	5.64	1.2.2.2	1335.18 m ²	17	0.74 h. = 0 h. 44 min.
L - 168	SR. JUAN EUGUES	2960.00	0.30	1.1	157.08 m ²	10	1.25 h. = 1 h. 15 min.
TOTAL =		1379204.69	137.92				

Se debe tener presente que el sistema de riego estará proveerá de agua durante las 12.5 horas de luz del día es decir de 0600H – 1830H de Lunes a Sábado, dejando el día domingo para mantenimiento del sistema.

6.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

Es un elemento destinado a contener líquidos como puede ser para nuestro proyecto agua dulce. En cuanto a la forma este depende exclusivamente de la necesidad o gusto del proyectista, en todo caso debe haber una perfecta coordinación entre la capacidad del depósito, su posición, altura, destino y materiales que vayan a utilizarse.

Los depósitos más conocidos son los de planta rectangular, se emplean en obras de pequeña y gran importancia pudiendo clasificarse desde el punto de vista de sustentación en depósitos enterrados, semienterrados, superficiales y elevados.

Para nuestro proyecto tendremos:

El caudal que llegará al depósito es de 27 lit/seg.(Ver Capítulo IV - Tabla 4.5); y el tiempo de llenado será en las horas que no se distribuye el agua para el riego que es desde las 1830H hasta las 0600H del siguientes día teniendo un tiempo de 11.5 horas; con estos datos calculamos el volumen dándonos como resultado:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$V = Q * t = 27 \frac{\text{lit}}{\text{seg}} * (11.5h * 3600\text{seg}) = 1117800\text{lit}$$

$$\therefore V = 1117.8\text{m}^3$$

Este es el volumen de agua dulce que se almacenará durante la noche, y como ya lo expusimos los depósitos más conocidos son los de planta rectangular y por la forma y disposición del terreno he tomado la decisión de adoptar las siguientes dimensiones y características del depósito que se encuentran detalladas en la Tabla 6.25.

Tabla 6.25: Dimensiones y características del depósito de almacenamiento.

FORMA	Rectangular - Unicelular ¹ (ver figura 6.20)
DIMENSIONES	20 x 30 x 2 m (ver figura 6.21)
MATERIALES	- Cemento impermeable cuyo $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ - Varillas Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

¹ Un Depósito Unicelular es el que no tiene paredes intermedia, constituyéndose en un solo elemento.

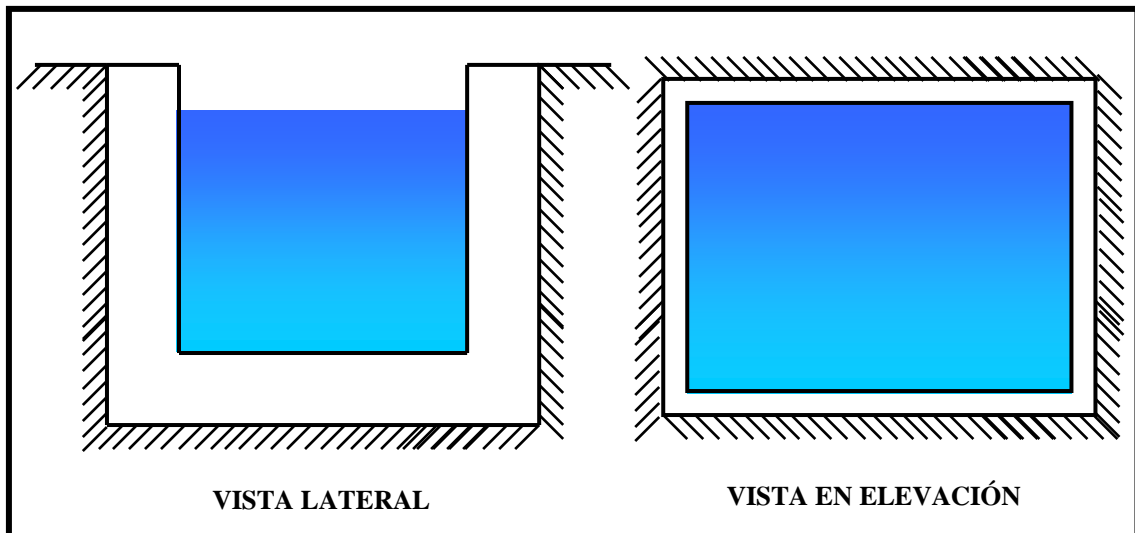


Figura 6.20 Descripción del depósito unicelular.

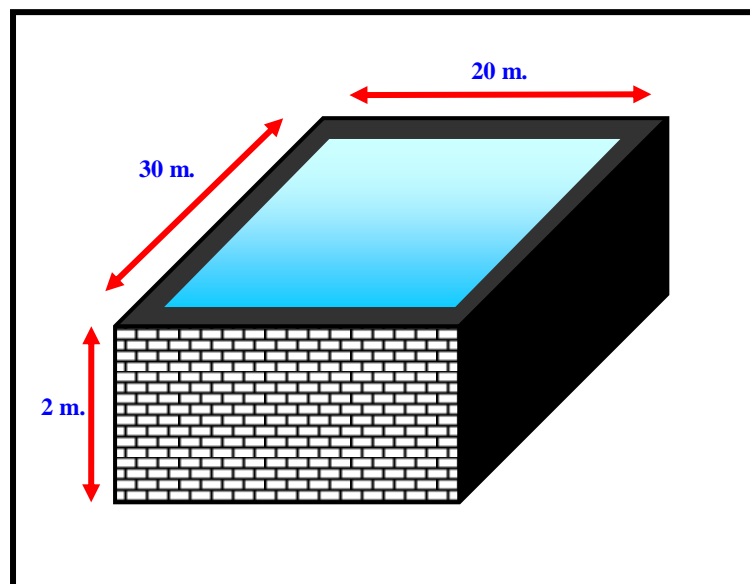


Figura 6.21 Dimensiones del depósito unicelular.

6.4.1 DISEÑO DEL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

Para el diseño de depósitos es necesario tomar en cuenta algunos factores que pueden inducir directamente en el comportamiento final, por lo tanto es necesario establecer el tipo de líquido, materiales a utilizar, tamaño del depósito y otros relacionados con los factores de exposición.

- Como ya lo habíamos detallado anteriormente nosotros almacenaremos agua dulce, que será empleada en nuestro sistema de riego.
- La mejor garantía de durabilidad radica en la confección de hormigón muy compacto, cuya dosificación tenga una baja relación de agua - cemento.
- El terreno de cimentación debe tener características uniformes con el objeto de evitar posibles asentamientos diferenciales. Para eso el concepto fundamental es de que el suelo sea sumamente compacto en condiciones óptimas.
- Para grandes depósitos como es el nuestro la losa de fondo se independiza de las paredes mediante una junta perimetral debiendo además disponerse de otras juntas que limiten las longitudes de los distintos elementos que conforman el depósito, para lo cual deberá hacerse un análisis de la estabilidad de los mismos. Ver Tabla 6.26

Tabla 6.26: Separación entre juntas según el C.E.C 2000.

TIPO DE DEPÓSITO	SEPARACIÓN ENTRE JUNTAS	
	DILATACIÓN	CONTRACCIÓN
ENTERRADOS – PISCINAS	25 – 30 m	Cada 7.5 m.
APOYADOS – POCO EXPUESTOS	15 – 25 m	Cada 7.5 m.
APOYADOS – MUY EXPUESTOS	10 – 15 m	5 – 7 m.

- Una característica fundamental que debe tener un depósito es la ESTANQUIDAD, para la cual en el caso de los hormigones estos deben ser impermeables y con un diseño adecuado que permiten controlar la figuración.
- Cuando el tanque es enterrado como es en nuestro caso no existe el problema los efectos sísmicos y por los producidos por el oleaje, pues todo absorbe el terreno.

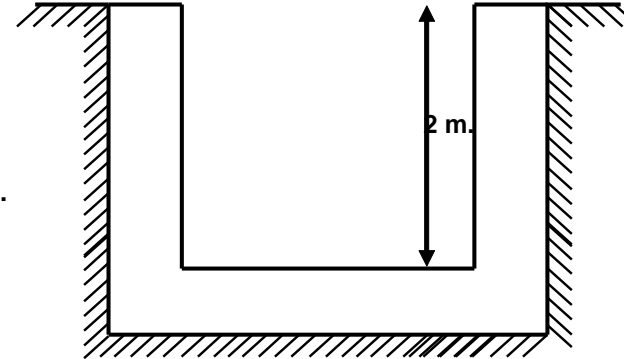
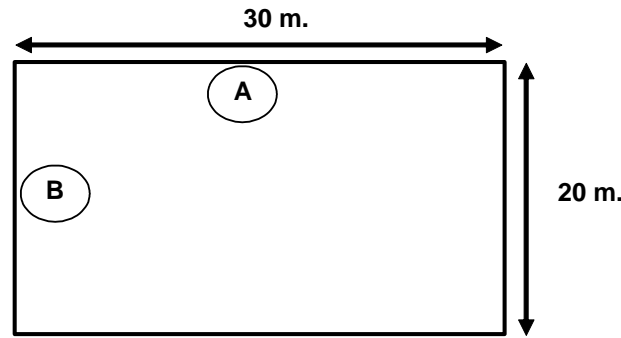
- Las paredes del depósito se dimensionan de manera tal que se evite armadura transversal para controlar fisuramiento, su espesor debe ser constante cuyo valor mínimo dado por el C.E.C 2000 es $e \geq 0.1 * h$ o $e \geq 20 \text{cm}$.
- En lo que corresponde a losa de fondo las acciones son de muy difícil evaluación, ya que la distribución de las tensiones no siempre es uniforme por lo que el problema debería abordarse considerándola como una placa apoyada sobre medio elástico; además su espesor mínimo que se encuentra dado por el C.E.C 2000 es de $e' \geq e$.
- La losa de fondo puede estar en condiciones desfavorables cuando el depósito este vacío es por ello que se deben efectuar dos hipótesis, cuando el depósito esta lleno y la otra cuando es vacío.
- Cuando el empuje es de carga triangular, el esfuerzo es igual al cortante.
- El C.E.C.2000 indica que en los elementos macizos la separación de la armadura puede ser máxima el doble de espesor de la estructura y no más de 50 cm.
- Cuando no se tiene el estudio de suelos se adopta los valores: $\gamma = 1400 - 1800 \text{ kg/m}^2$ y $\phi = 28^\circ - 30^\circ$.
- Para la armadura inferior de la losa de fondo se la calcula con depósito vacío porque la reacción es mayor y la más crítica.
- Para la armadura inferior de la losa de fondo los momentos corresponden a los empotramientos la armadura que resulte de ellos, pueden prolongarse a lo largo de toda la losa, si esto no resulta con una cuantía excesiva, caso contrario en el vacío o parte central debe disponerse la mínima armadura a flexión.

- Los diferentes recubrimientos adoptados en el diseño, fueron obtenidos del C.E.C.2000, que es el regulador de la estructuras en nuestro país.
- En los tanques enterrados la armadura de distribución o temperatura debe ser colocada su mitad a ambos lados de las paredes.

El Plano Estructural se lo puede encontrar en el ANEXO N.- 2

DATOS:

- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- $\rho_{\text{terreno}} = 1500 \text{ kg/m}^3$
- $\phi = 30^\circ$
- $k_a = 1$
- Recubrimiento = 4 cm.
- $\gamma_{HA} = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Volumen = 1 117.8 m³.



PREDIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LAS PAREDES:

En un principio se puede adoptar una losa maciza para las paredes y losa de fondo un espesor $e' = 20 \text{ cm}$. o $e = 0.1 \cdot h$ y para la losa de fondo puede ser $e' = e$, para este caso considero $e' = e$

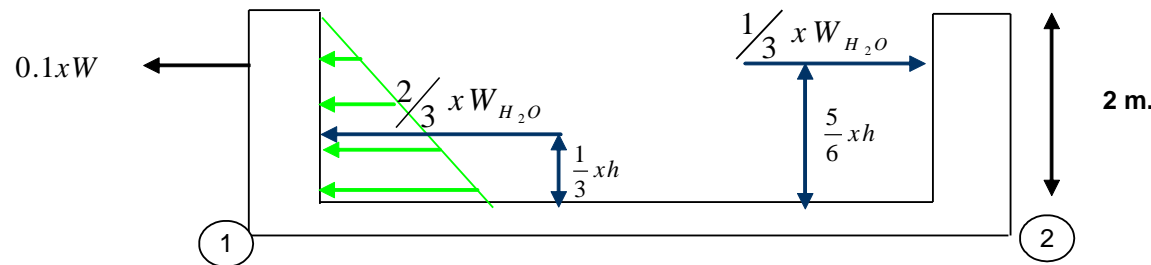
$$h_{MIN} = 0.1 \cdot h$$

LOSA	h (cm)	hMIN (cm)	hMIN asumido
Pared A	200	20	20
Pared B	200	20	20
Fondo	$e = e'$	20	20

h min asum.= 20 cm

Adopto como ancho de las paredes o losas que forman el tanque el valor mencionado para poder realizar el predimensionamiento de los elementos de esta estructura.

Empuje del Agua:



$$E = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} = 2000 \text{ kg.}$$

Cuando el empuje es de carga triangular el esfuerzo es igual al cortante.

$$V = 2000 \text{ kg.}$$

Cortante:

$$v_p = 0.53 * \sqrt{f'c} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = \frac{Vu}{\phi * b * d} = 2.21 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c < v_p \quad \text{CUMPLE}$$

$$Vu = 1.5 * V = 3000 \text{ kg.}$$

Como con el valor de = 20 cm

Cumple el efecto del corte se lo podría disminuir, pero por ser la provincia del Cotopaxi una zona altamente sísmica lo mantengo.

$$M_A = E * \frac{h}{3} = 1 \ 333.33 \text{ kg.m}$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 16 \text{ cm.}$$

$$\rho_{\text{MIN}} = 0.0015$$

$$Mu = 2 \ 000.00 \text{ kg.m}$$

$$\rho \text{ Temperatura} = 0.0025$$

$$\rho = 0.85 * \frac{f'c}{fy} * \left(1 - \left(1 - \frac{2 * Mu}{0.85 * \phi * f'c * b * d^2} \right)^{1/2} \right) = 0.002119657$$

$$As = 3.39 \text{ cm}^2.$$

$$As/5 = 0.68 \text{ cm}^2.$$

$$As_{\text{MIN}} = 2.40 \text{ cm}^2.$$

$$As_{\text{MIN}}/5 = 0.48 \text{ cm}^2.$$

$$A_{sd} = As_{\text{Temp}} * b * t = 5.00 \text{ cm}^2.$$

$$Asd \text{ a c/lado} = 2.50 \text{ cm}^2.$$

$$Asd/5 = 0.50 \text{ cm}^2.$$

Adoptamos:

$$As/5 = 0.68 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tipo Varilla} = 10.00 \text{ mm} \Rightarrow 0.79 \text{ cm}^2$$

$$? \text{ As} = \mathbf{10 \text{ mm} @ 20 \text{ cm}}$$

$$\text{Tipo Varilla} = 8.00 \text{ mm} \Rightarrow 0.50 \text{ cm}^2$$

$$? \text{ As MIN} = \mathbf{8 \text{ mm} @ 20 \text{ cm}}$$

Empuje del Suelo:

Cuando no se tiene el estudio de suelos se adopta los siguientes valores:

$$\gamma_{\text{terreno}} = 1500 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$ka = 1$$

$$E_{\text{SUELO}} = \frac{1}{2} * h^2 * \gamma_{\text{SUELO}} * ka = 3000.0 \text{ kg.}$$

$$\gamma_{\text{terreno}} = 1400 - 1800 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi = 28^\circ - 33^\circ$$

Cuando el empuje es de carga triangular el esfuerzo es igual al cortante.

$$V = 3000 \text{ kg.}$$

$$Vu = 1.5 * V = 4500 \text{ kg.}$$

Cortante: $v_p = 0.53 * \sqrt{f'c} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$

$$V_c = \frac{Vu}{\phi * b * d} = 3.31 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c < v_p \quad \text{CUMPLE}$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 16 \text{ cm.}$$

Flexión:

$$M = E * \frac{h}{3} = 2\,000.00 \text{ kg.m}$$

$$\rho_{\text{MIN}} = 0.0015$$

$$M_u = 3\,000.00 \text{ kg.m}$$

$$\rho = 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left(1 - \left(1 - \frac{2 \times M_u}{0.85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2} \right)^{1/2} \right) = 0.003222$$

$$A_s = 5.16 \text{ cm}^2.$$

$$A_s/5 = 1.03 \text{ cm}^2.$$

$$A_{s \text{ MIN}} = 2.40 \text{ cm}^2.$$

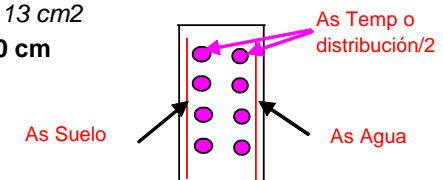
$$A_{s \text{ MIN}}/5 = 0.48 \text{ cm}^2.$$

Adoptamos:

$$A_s/5 = 1.03 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tipo Varilla} = 12.00 \text{ mm} \Rightarrow 1.13 \text{ cm}^2$$

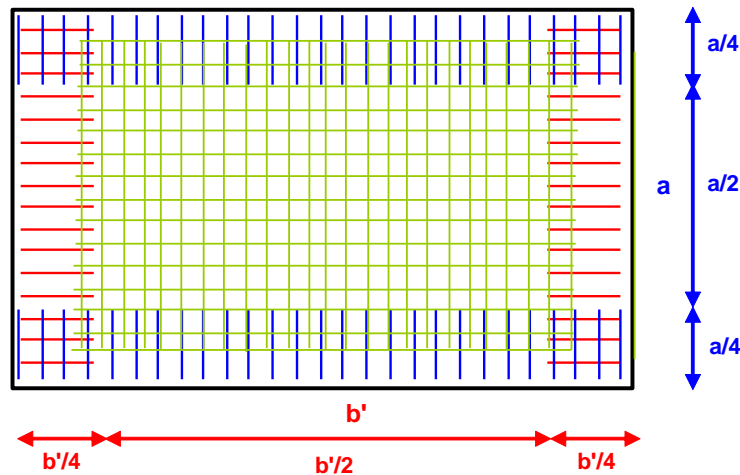
$$? A_s = \mathbf{12 \text{ mm @ 20 cm}}$$



PREDIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA LOSA DE FONDO:

Armadura Inferior con Depósito Vacío:

Porque la reacción del suelo es mayor y lo más crítico.



Que proporcionan respectivamente las armaduras paralelas a los lados a y b y donde: P es el peso de la pared por unidad de longitud.

$$M_a = 0.10 * p * (a + b)$$

$$M_b = 0.10 * p * (a + b) * \frac{a}{b}$$

Estos momentos pertenecen a los empotramientos, pero pueden prolongarse a lo largo de toda la losa sino resulta una cuantía muy excesiva; caso contrario en el vano (parte central) debe disponerse la misma a flexión.

$$\rho_{\text{MIN}} = \frac{14.5}{f_y}$$

$$e' = 20 \text{ cm}$$

Peso Unitario de las paredes: 0.96 Tn/m

Recubrimiento = 7 cm.

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 13 \text{ cm.}$$

$$a = 20 \text{ m.}$$

$$b' = 30 \text{ m.}$$

$$M_a = 0.10 * p * (a + b) = 4.80 \text{ Tn.m/m}$$

$$M_{u_a} = 7200.00 \text{ kg.m}$$

$$M_b = 0.10 * p * (a + b) * \frac{a}{b} = 3.20 \text{ Tn.m/m}$$

$$M_{u_b} = 4800.00 \text{ kg.m}$$

$$\rho_{MIN} = \frac{14.5}{f_y} = 0.0034524$$

$$As_{MIN} = 4.49 \text{ cm}^2.$$

$$As_{MIN}/5 = 0.90 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tipo Varilla} = 12.00 \text{ mm} \Rightarrow 1.13 \text{ cm}^2$$

$$? \text{ As} = \mathbf{12 \text{ mm} @ 20 \text{ cm}}$$

Para el Mu_a tenemos:

$$\rho = 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left(1 - \left(1 - \frac{2 \times Mu}{0.85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2} \right)^{1/2} \right) = 0.013376$$

Es mayor que la cuantía mínima

$$\text{Entonces } As = 17.39 \text{ cm}^2.$$

$$As / 5 = 3.48 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tipo Varilla} = 22.00 \text{ mm} \Rightarrow 3.80 \text{ cm}^2$$

$$? \text{ As} = \mathbf{22 \text{ mm} @ 20 \text{ cm}}$$

Para el Mu_b tenemos:

$$\rho = 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left(1 - \left(1 - \frac{2 \times Mu}{0.85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2} \right)^{1/2} \right) = 0.008330$$

Es mayor que la cuantía mínima

$$\text{Entonces } As = 10.83 \text{ cm}^2.$$

$$As / 5 = 2.17 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tipo Varilla} = 18.00 \text{ mm} \Rightarrow 2.54 \text{ cm}^2$$

$$? \text{ As} = \mathbf{18 \text{ mm} @ 20 \text{ cm}}$$

Armadura Superior con Depósito Lleno:

Para este caso se determinan a partir de los momentos adyacentes con depósito lleno, ya que ambos esfuerzos deben equilibrarse.

$$Mu = 2000.00 \text{ kg.m}$$

Se usa el momento del Empuje del Agua.

$$\text{Recubrimiento} = 4 \text{ cm.}$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 16 \text{ cm.}$$

$$\rho = 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left(1 - \left(1 - \frac{2 \times Mu}{0.85 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2} \right)^{1/2} \right) = 0.00212$$

Es menor que la cuantía mínima

$$\rho_{MIN} = \frac{14.5}{f_y} = 0.00345$$

$$\text{Entonces } As = 5.52 \text{ cm}^2.$$

$$As / 5 = 1.10 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Tipo Varilla} = 12.00 \text{ mm} \Rightarrow 1.13 \text{ cm}^2$$

$$? \text{ As} = \mathbf{12 \text{ mm} @ 20 \text{ cm}}$$

En el ANEXO N.- 2 se encuentra el Plano del Diseño de de agua.

CAPÍTULO VII

PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE RIEGO

RESUMEN:

El Presupuesto General del Sistema de Riego por aspersión, incluye el Presupuesto individual de las Líneas de Conducción, las Líneas de Distribución, Líneas de los Regantes y Aspersores, y del Tanque o Depósito de Almacenamiento.

Para los rubros propios del Sistema de Riego es decir de todas las Líneas, se los cotizó con los valores de la empresa ISRARIEGO indicados en la proforma N.- 4089567, de fecha 05 de Febrero del 2007.

Se aumento un 5% en todas la diferentes Tuberías por concepto de transporte y almacenamiento; y un 20% a los demás accesorios para repuestos.

El presupuesto del tanque de almacenamiento fue cotizado con los precios de la Cámara de la Construcción de Quito para el mes de Enero del 2007 y además se le aumento un 12% por desperdicios en el acero.

En el Presupuesto General del Sistema de Riego por aspersión, además se consideró el 10% del total para solventar los imprevistos que se puedan presentar durante la ejecución del proyecto. No se ha considerado los costos por instalación ya que la Comuna San Ramón ejecuta estos trabajos mediante mingas conformadas por los miembros de dicha comuna.

7.1 PRESUPUESTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN ¹³

Tabla 7.1: Presupuesto de la Línea de Conducción.

ORD.	CODIGO	RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNIT.	TOTAL
1	1090	TUBO PVC E/C 250MM x 1 MPA x 6 MTS.	512	Und.	203.75	104320.00
2	1084	TUBO PVC E/C 200MM x 1 MPA x 6 MTS.	495	Und.	131.25	64968.75
3	1070	TUBO PVC E/C 110MM x 1 MPA x 6 MTS.	574	Und.	39.8125	22852.38
4	1054	TUBO PVC E/C 63MM x 1 MPA x 6 MTS.	226	Und.	13.25	2994.50
5	7110	VÁLVULA MARIPOSA 10"C-PALANCA B7G-M RAPHAEL WAFFER RILSEN	13	Und.	712.5	9262.50
6	7106	VÁLVULA MARIPOSA 6"C-PALANCA B7G-M RAPHAEL WAFFER RILSEN	14	Und.	367.5	5145.00
7	7104	VÁLVULA MARIPOSA 4"C-PALANCA B7G-M RAPHAEL WAFFER RILSEN	13	Und.	243.75	3168.75
8	7105	VÁLVULA MARIPOSA 2"C-PALANCA B7G-M RAPHAEL WAFFER RILSEN	6	Und.	122.657	735.94
9	5515	CODO 250x90 Gr.PVC PEGADO	7	Und.	98.876	692.13
10	5516	CODO 200x90 Gr.PVC PEGADO	4	Und.	78.7625	315.05
11	5512	CODO 110x90 Gr.PVC PEGADO	2	Und.	14.6	29.20
12	5506	CODO 63x90 Gr.PVC PEGADO	1	Und.	3.2786	3.28
TOTAL =						214487.48

7.2 PRESUPUESTO DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

Tabla 7.2: Presupuesto de la Línea de Distribución

ORD.	CODIGO	RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNIT.	TOTAL
1	1102	TUBO PVC ROSACBLE ½" x 6 MTS. SCH-80	4858	Und.	5.94	28856.52
2	7107	VÁLVULA MARIPOSA ½"C-PALANCA B7G-M RAPHAEL WAFFER RILSEN	204	Und.	10.89	2221.56
3	5301	CODO ½"x90 GRH-H PLÁSTICO BSP PLASSON	208	Und.	1.5583	324.13
TOTAL =						31402.21

¹³ Este presupuesto está realizado en base a la cotización o proforma N.- 4089567, de fecha 05 de Febrero del 2007 de ISRARIEGO que se encuentra en el ANEXO N.- 3 Se aumento un 5% en todas la diferentes Tuberías por concepto de transporte y almacenamiento; y un 20% a los demás accesorios para repuestos.

7.3 PRESUPUESTO DE LAS LÍNEAS REGANTES Y ASPERSORES¹⁴

Tabla 7.3: Presupuesto de las Línea de Regantes y Aspersores

ORD.	CODIGO	RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNIT.	TOTAL
1	1024	MANGUERA PE CIEGA 20-2.5m	2928	m.	0.4	1171.20
2	5446	MONTURA 20x1½"ITALIANA (2 TORNILLOS)	812	Und.	0.9235	749.88
3	7114	VÁLVULA PVC BOLA ½" ROSCA HEMBRA BSP 1 UNIVERSAL	812	Und.	7.1125	5775.35
4	5001	ACOPLE RÁPIDO ¾"PLASSON	1951	Und.	13.375	26094.63
5	5205	FINAL DE LÍNEA 20 MM	168	Und.	0.198	33.26
6	5419	NEPLO PVC ½"x60 CM NPT	812	Und.	0.8848	718.46
TOTAL =						34542.78

7.4 PRESUPUESTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN¹⁵

Tabla 7.4: Presupuesto del Depósito de Agua de almacenamiento y distribución

RUBRO	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
ACERO (1qq = 45.36 kg.)	25327.1 kg	1.04	26340.15
HORMIGON (1m³ = 2qq.)	164.4 m³ 328.7 qq. de cemento	6.75	2218.73
TOTAL =			28558.88

¹⁴ Este presupuesto está realizado en base a la cotización o proforma N.- 4089567, de fecha 05 de Febrero del 2007 de ISRARIEGO que se encuentra en el ANEXO N.- 3 Se aumento un 5% en todas la diferentes Tuberías por concepto de transporte y almacenamiento; y un 20% a los demás accesorios para repuestos.

¹⁵ El presupuesto del tanque de almacenamiento fue cotizado con los precios de la Cámara de la Construcción de Quito para el mes de Enero del 2007 y además se le aumento un 12% por desperdicios en el acero.

7.5 PRESUPUESTO GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Tabla 7.5: Presupuesto General del Sistema de Riego por Aspersión.

PRESUPUESTOS	COSTO
LÍNEA DE CONDUCCIÓN	214487.48
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	31402.21
LÍNEA DE REGANTES Y ASPERSORES	34542.78
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	28558.88
IMPREVISTOS 10%	28043.25
PRESUPUESTO GENERAL =	337034.59

CAPÍTULO VIII

ESTABLECIMIENTO DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES:

- Con frecuencia el agua, más que el suelo, es el elemento natural que restringe la producción agrícola, por lo que resulta imperativo hacer una planificación eficaz de su aprovechamiento.
- El riego por aspersión y localizado se ha desarrollado especialmente y en la sierra en la producción de pastos, flores, así como en frutales y espárragos, y cultivos de ciclo corto donde la alta rentabilidad de estos cultivos ha inducido a los agricultores a realizar inversiones en las instalaciones.
- Las áreas agrícolas del Ecuador generalmente no disponen de información sobre escorrentía; la información climatológica se reduce a algunos registros de precipitación, evaporación y temperatura.
- De igual forma los requerimientos hídricos de los cultivos no han sido determinados experimentalmente, por lo cual es necesario estimarlos a través del concepto de evapotranspiración potencial o de un cultivo de referencia.
- Se define el páramo como el área del país sobre los 3000 m.s.n.m. de altitud. Los páramos se encuentran concentrados en una zona continua que comienza en Pichincha y corre hasta Azuay.
- El clima frío y húmedo, y la baja presión atmosférica favorecen la acumulación de la materia orgánica en el suelo. Los suelos son generalmente clasificados como Andosoles en la “World Reference Base for Soil Resources”

(FAO/ISRIC/ISSS, 1998), o Andisoles en la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003).

- Los meses de mayor riesgo de las heladas son los de junio - septiembre y enero, que corresponden a meses de sequías (Knapp 1991).
- La temperatura y heladas definen los cultivos posibles e influyen mucho en la distribución espacial de los cultivos. Las temperaturas promedio más bajas implican que el cultivo demora más en madurar.
- En las estaciones estudiadas para la Subcuenca de Río Cutuchi se observa que la temperatura mínima, a nivel medio mensual, es de 7,4° C, y la máxima, de 14,8° C, con un valor medio de 11,9° C.
- Un factor modificador del clima constituye el nivel al que se encuentran ciertas subcuencas altas del proyecto, ya que al encontrarse en cotas superiores a los 3.000 msnm se registra un clima típico de páramo, con precipitaciones medias anuales del orden de 1200 mm y temperaturas extremas que oscilan entre -3 y 12° C.
- La zona de estudio de la Subcuenca del Río Cutuchi tiene una evaporación media de 1.150 mm anuales. Los máximos valores se presentan en los meses de julio – agosto y de noviembre a enero. La evaporación tiende a disminuir con la altura: variando de 1493 mm en la Estación Rumí pamba en Salcedo a 894 mm en Pisa yambo, que se encuentra a 3.580 msnm.
- En la Subcuenca del Río Cutuchi de estudio, durante la mayor parte del año, la dirección predominante de los vientos es S y SE, con una velocidad media mensual del orden de los 3.8 km/h.
- Durante el día la temperatura de las plantas es de 1 a 2°C más alta que el aire que las rodea y por la noche de 1 a 2 °C más baja. Esto significa que algunos

cultivos tales como las papas, el tomate y los pepinos pueden helarse a temperaturas positivas de 1 a 2 °C en noches claras.

- El caudal es el parámetro más importante para determinar las posibilidades de aprovechamiento de un río o arroyo, por tal motivo es importante la determinación de sus variaciones a lo largo del tiempo.
- De los resultados obtenidos de las aforaciones que se realizaron a las cinco vertientes hemos obtenido un caudal de agua promedio de 27 lit/seg.; con el cual podemos contar para nuestro proyecto de riego por aspersión.
- Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar al las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores.
- Para mi proyecto he tomado como Cultivo Patrón a la Alfalfa, por poseer mayor profundidad de la Zona Radicular, entre los tipos de cultivos que se siembran en la Provincia de Cotopaxi; debido a esto la alfalfa requiere un gran aporte de agua para su desarrollo y crecimiento, pero debemos ser razonables y evitar aportes excesivos que provoquen el despilfarro del agua y aportes escasos que hagan disminuir la producción.
- Además la alfalfa es un cultivo que por sus características, sería deseable que esté presente en todas las cadenas forrajeras de los sistemas dedicados a la producción de carne y leche.
- Para poder determinar la evapotranspiración, es necesario contar con un equipo adecuado y hacer observaciones durante el período que comprende el ciclo vegetativo del cultivo; desgraciadamente no siempre se dispone del equipo ni el tiempo necesario para efectuar la determinación, entonces es una gran ayuda contar con fórmulas que en función de datos climatológicos de las zonas nos den

una estimación aproximada del valor de la evapotranspiración; para nuestro proyecto tomaremos el Método de Blaney – Criddle.

- Para nuestro proyecto el Cultivo Patrón que hemos asumido es la ALFALFA, cuyo ciclo vegetativo es prácticamente todo año en el Ecuador.
- El valor seleccionado para $K = 0.60$ por tratarse de una región donde la mayor parte del tiempo del año pasa en invierno.
- El uso consuntivo comprende la cantidad de agua por unidad de tiempo usada en transpiración, formación de los tejidos de las plantas, evaporación del suelo adyacente y de la nieve, y precipitación interceptada por la vegetación. Y para nuestro cultivo patrón hemos obtenido un valor de 71.49 cm.
- Considerando que tanto el aporte de la capa freática como el de las condensaciones suponen un incremento despreciable del contenido de humedad en el suelo. A la hora de instalar cualquier sistema de riego para nuestra zona donde se encuentra nuestro proyecto, solo se considerarán como aportes de agua externos las precipitaciones. Dentro de las pérdidas de humedad se considerarán: el agua transpirada a través de las cepas (Uso consuntivo) y la evaporación desde el suelo.
- Con los resultados obtenidos apreciamos que la cantidad de agua existente en la zona de nuestro proyecto de riego no satisface las necesidades de agua para cubrir las dosis de los diferentes tipos de cultivos y en especial nuestro cultivo patrón.
- En la determinación del Balance Hídrico no he considerado la infiltración ya que la permeabilidad del suelo tiene poca influencia sobre las condiciones prácticas del riego por aspersión.

- El primer elemento esencial que ha de calcular el ingeniero encargado de establecer un proyecto de puesta en riego, es el caudal de derivación, o caudal a obtener del manantial natural (río, manantial, lago, etc.) para satisfacer las necesidades de la zona a regar.
- Sabemos que las plantas consumen agua de una manera continua, mientras que las lluvias no caen sino de una manera intermitente, ya en las regiones donde estas precipitaciones bastan para asegurar el completo desarrollo de la plantas.
- Si a pesar de esta aportación irregular de agua, las plantas pueden alimentarse de manera regular y proseguir sin interrupción su crecimiento normal, se lo deben al suelo.
- Las plantas disponen como máximo, de la humedad correspondiente a la diferencia entre el punto de retención y el punto de marchitamiento.
- En efecto, una humedad superior al punto de retención desaparece rápidamente, o si subsiste durante algún tiempo, se opone por asfixia, a un desarrollo normal de las raíces. Por otra parte, una humedad inferior al punto de marchitamiento, queda retenido demasiado enérgicamente por el suelo y las plantas no pueden absorberla.
- Para la alfalfa, que es nuestro cultivo patrón, su raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5 m. de longitud) con numerosas raíces secundarias.
- Para nuestro cultivo patrón que tiene una profundidad útil de riego de 1.80 m. la dosis máxima a dar por hectárea es 2700 m³/ha. Como sabemos la dosis práctica que es los dos tercios de esta dosis lo cual nos da un valor de 1800 m³/ha al mes y con ella obtuvimos una dosis real de 1225.15 m³/ha. o 0.123 m.

- Pudimos apreciar que el caudal ha derivar varía desde 74.23 lit/seg en enero a 130.38 lit/seg en agosto, para bajar de nuevo a 65.24 lit./seg en diciembre.
- Las dimensiones de las obras de transporte de agua se determinan en función del caudal máximo que para nuestro proyecto corresponde al mes de agosto con un valor de 130.38 lit./seg.
- Como en las pérdidas de energía o carga no intervienen la presión las leyes para tubos y canales son las mismas.
- Para el predimensionamiento de los diferentes diámetros de las tuberías de conducción se adoptó las pérdidas de energía críticas, es decir la que se da por la diferencia de altura entre los dos extremos de cada tubería.
- Para la determinación de los diámetros de las tuberías de conducción para el diseño se realizó la verificación de las pérdidas de energía que se producen en ellas por la fricción.
- La tubería que hemos de usar en nuestro sistema de riego será tubería PVC clase 10 que soporta 100 m.c.a o 142 PSI de presión.
- Cuando hablamos de Costo, debemos definir dos partes muy claramente: La Inversión Inicial y El Costo Operativo. La primera estará dada por el tipo de material a utilizar, duración, diámetro, espesor de pared (clase) y longitud. , la segunda estará dada por el costo energético que necesitaré durante toda la vida útil de la instalación, para bombear a través de estos el agua que requiere mi cultivo (que no es el caso para nuestro sistema).
- Cave recalcar que dicha comprobación se realizará sólo en las tuberías de Conducción, por ser en estas donde se necesitaba calcular el diámetro respectivo. En las tuberías de distribución conocemos por pedido del fabricante que para el tipo de aspersores que vamos a usar (como ya lo hemos mencionado

en este capítulo) se requiere tubería de $\frac{1}{2}$ ", y es por ello que dichas tuberías no entraran en la comprobación de pérdida de energía.

- Por la disposición de agua que tenemos para nuestro sistema de riego como lo detallamos en el Capítulo IV específicamente el Tabla 4.5 que es de 27.06 lit./seg., y la necesidad de agua diaria calculada en el Capítulo VI que es de 130.38 lit./seg.; podemos darnos cuenta que la distribución de agua será por rotación o turnos.
- Para nuestro sistema de riego como lo mencionamos anteriormente disponemos de un caudal de 27.06 lit/seg. Dado por las cinco vertientes (Ver Capítulo IV Tabla 4.5). Y con este caudal no podemos suplir las necesidades de toda el área a ser regada es por ello que la he distribuido en tres sectores o subáreas que serán regadas en tres días, es decir un día por cada subárea.
- Se dará agua durante las horas luz del día que son doce y media horas (0600 – 1830H), tiempo que cubre las 8,2 horas que emplean un juego de aspersores.
- Durante las horas que no brindará agua, esta se almacenará en un tanque de distribución, contando con un caudal total para cada día de riego de 54 lit/seg, con el cual e realizado la distribución diaria de agua por subáreas.
- Cave recalcar que la distribución de los aspersores en cada terreno fueron dibujados y detallados en el AUTOCAD, por ende el número de acoples rápidos que se emplean en cada terreno será en número de movimientos que se deberá realizar a todo el juego de aspersores de cada terreno.
- El caudal que llegará al depósito es de 27 lit/seg.(Ver Capítulo IV - Tabla 4.5); y el tiempo de llenado será en las horas que no se distribuye el agua para el riego que es desde las 1830H hasta las 0600H del siguientes día teniendo un tiempo de

11.5 horas; con estos datos calculamos el volumen dándonos como resultado un volumen igual a 1 117.8 m³.

- Los depósitos recomendados por ser los más conocidos son los de planta rectangular por funcionamiento, estética, etc.; además por la forma y disposición del terreno en nuestro proyecto he optado por considerar las siguientes dimensiones del depósito: 20 m x 30 m x 2 m.
- Cuando el tanque es enterrado como es en nuestro caso no existe el problema los efectos sísmicos y por los producidos por el oleaje, pues todo absorbe el terreno.
- Los diferentes recubrimientos adoptados en el diseño, fueron obtenidos del C.E.C.2000, que es el regulador de la estructuras en nuestro país.
- En los tanques enterrados la armadura de distribución o temperatura debe ser colocada su mitad a ambos lados de las paredes.

8.2 RECOMENDACIONES:

- En agricultura es mejor tomar el valor de 2 °C como punto de congelación, en vez del de 0 ° C. No debe olvidarse que el agua en este caso es una solución más o menos salina y por ello el riesgo comienza hacia los 2 °C.
- Es indispensable cuando el agua escasea y resulta costosa, conocer con precisión la variación de los caudales necesarios en el transcurso del mes, con el fin de proporcionar tan exactamente como sea posible, el agua distribuida a las necesidades de las plantas.
- Para la determinación racional del caudal de derivación el problema se plantea de manera sencilla en regiones de monocultivo; no cambia de naturaleza, pero se vuelve más delicado y más complejo en las regiones de policultivo donde es preciso tener en cuenta las rotaciones de los cultivos.
- No se debe caer en el empirismo de antaño fundado en la falsa idea de que cuanto agua se daba a la tierra, más abundante era la cosecha, es por ello que se recomienda calcular la dosis práctica de todo cultivo y por ende la dosis real; permitiéndonos esto usar el agua necesaria para el desarrollo óptimo de la planta.
- Para las pérdida menores hemos considerado la unión del depósito con el tubo del primer ramal de conducción como una Entrada Abocinada , ya que se recomienda colocar el tubo mientras se está fundiendo las paredes del depósito, constituyéndolos en un solo elemento.
- En el caso de la aspersion, cada vez más extendido; el agua es llevada directamente bajo forma de lluvia al lugar donde debe infiltrarse, merced a aparatos de aspersion convenientemente repartidos en el terreno. *En*

consecuencia se recomienda que la permeabilidad del suelo tiene poca influencia sobre las condiciones prácticas del riego por aspersión.

- Se recomienda que los días domingos queden para realizar el mantenimiento respectivo del sistema, o si se suscita algún problema durante los días de riego, se deberá recuperar con el número domingos necesarios para cubrir la dosis mensual de agua para los cultivos.
- El horario semanal se deberá cumplir, evitando alteraciones o desmanes por parte de los propietarios de los terrenos a ser regados.
- La mejor garantía de durabilidad en los depósitos de almacenaje de agua radica en la confección de hormigón muy compacto, cuya dosificación tenga una baja relación de agua - cemento.
- El terreno de cimentación debe tener características uniformes con el objeto de evitar posibles asentamientos diferenciales. Para eso el concepto fundamental es de que el suelo sea sumamente compacto en condiciones óptimas.
- Para grandes depósitos como es el nuestro se recomienda que la losa de fondo se independice de las paredes mediante una junta perimetral debiendo además disponerse de otras juntas que limiten las longitudes de los distintos elementos que conforman el depósito, para lo cual deberá hacerse un análisis de la estabilidad de los mismos.
- Una característica fundamental que debe tener un depósito es la ESTANQUIDAD, para la cual en el caso de los hormigones estos deben ser impermeables y con un diseño adecuado que permiten controlar la figuración.
- Las paredes del depósito se dimensionan de manera tal que se evite armadura transversal para controlar fisuramiento, su espesor debe ser constante cuyo valor mínimo dado por el C.E.C 2000 es $e \geq 0.1 * h$ o $e \geq 20 \text{cm}$.

- En lo que corresponde a losa de fondo las acciones son de muy difícil evaluación, ya que la distribución de las tensiones no siempre es uniforme por lo que el problema debería abordarse considerándola como una placa apoyada sobre medio elástico; además su espesor mínimo que se encuentra dado por el C.E.C 2000 es de $e' \geq e$.
- La losa de fondo puede estar en condiciones desfavorables cuando el depósito este vacío es por ello que se deben efectuar dos hipótesis, cuando el depósito esta lleno y la otra cuando es vacío.
- Cuando el empuje es de carga triangular se recomienda que el esfuerzo adopte que el empuje es igual al cortante.
- El C.E.C.2000 recomienda que en los elementos macizos la separación de la armadura puede ser máxima el doble de espesor de la estructura y no más de 50 cm.
- Cuando no se tiene el estudio de suelos se adopta los valores: $\gamma = 1400 - 1800$ kg/m³ y $\phi = 28^\circ - 30^\circ$.
- Para la armadura inferior de la losa de fondo se la calcula con depósito vacío porque la reacción es mayor y la más crítica.
- Para la armadura inferior de la losa de fondo los momentos corresponden a los empotramientos la armadura que resulte de ellos, pueden prolongarse a lo largo de toda la losa, si esto no resulta con una cuantía excesiva, caso contrario en el vacío o parte central debe disponerse la mínima armadura a flexión.

BIBLIOGRAFÍA

1. **SILVA**, Milton, Manual de Mecánica de Fluidos, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.
2. **SILVA**, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.
3. <http://www.ucm.es/BUCM/revistas/ghi/05566533/articulos/REAA0303220245A>.
PDF
4. <http://www.codenpe.gov.ec/prodepi.htm>
5. http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/cultivo_cotopaxi.html
6. <http://www.cosude.org.ec/index.php?navID=21911&langID=3&>
7. http://www.euroresidentes.com/jardineria/sistemas_de_riego/riego/riego_por_aspersion.htm
8. http://es.wikipedia.org/wiki/Riego_por_aspersi%C3%B3n
9. <http://www.fimcm.espol.edu.ec/Webpages/help/seminario/docs/gestion-hid.doc>
10. <http://www.dlh.lahora.com.ec/paginas/debate/paginas/debate481.htm>
11. <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/countries/ecuador/indexesp.stm>
12. http://www.lagaceta.com.ec/portal/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=16
13. <http://www.dlh.lahora.com.ec/paginas/debate/paginas/debate375.htm>
14. http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/CondesanWP_full.pdf
15. <http://agronomia.uchile.cl/extension/explora2003/files/Gu%EDa%2016.pdf>
16. <http://agronomia.uchile.cl/extension/explora2003/files/Guia%203.pdf>
17. <http://www.rimisp.cl/boletines/bo12/iproga.html>
18. http://www.ivia.es/deps/otri/Doc_nuevos/MethodAplicEmulsio.pdf
19. <http://www.mag.gov.ec/promsa/Resumen%20AQ-CV-002.htm>

20. <http://www.mag.gov.ec/promsa/Resumen%20AQ-CT-008.htm>
21. <http://www.sam.usace.army.mil/en/wra/Ecuador/Ecuador%20%20WRA%20Spanish.pdf>
22. <http://www.sica.gov.ec/agro/agroclima/mensuales/2005/marzo2005.pdf>
23. <http://www.rlc.fao.org/foro/psa/pdf/impacto.pdf>
24. <http://www.ambiente.gov.ec/WEB/Publicaciones/Archivos%20pdf/DIANOSTICOfinal.pdf>
25. <http://unesco.org.uy/phi/libros/enso/caceres.html>
26. <http://www.mobot.org/mobot/research/ecuador/climatessp.shtml>
27. <http://www.tutiempo.net/clima/Ecuador/EC.html>
28. <http://edafologia.ugr.es/cartotema02/faosoilt.htm>
29. http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3.1_Suelos/index.shtml
30. <http://www.portalciencia.net/meteoest.html>
31. <http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/meteorologia/capitulo10.htm>
32. <http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/contaminacion/conta2.htm>
33. <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Calor/Temperatura/Temperatura.htm>
34. <http://www.inta.gov.ar/barrow/met/refe.htm>
35. <http://www.sica.gov.ec/agro/agroclima/radiacion%20y%20clima.htm>
36. <http://www.inamhi.gov.ec/>
37. <http://www.criba.edu.ar/agronomia/docentes/Catedras/RVazquez/HidrAgricola.htm>
38. <http://www.geologia.uson.mx/academicos/lvega/ARCHIVOS/ARCHIVOS/PRECIPITACION.htm>

39. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/galarraga.html>
40. http://www.portalagrario.gob.pe/eventos/imagenes/Atlas_Heladas_4.pdf
41. <http://www.inifap.gob.mx/InnovacionesTecnologicas2005web.pdf>
42. http://www.comexi.gov.ec/reso_docs/anexo1_315.doc
43. http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/forraje/0007art_alfacrec.htm
44. <http://agronomia.uchile.cl/extension/explora2003/files/Gu%EDa%20Lab%208.pdf>
45. <http://www.inea.uva.es/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/Necesidades%20de%20agua%20y%20modelo%20de%20riego%20en%20la%20alfalfa.pdf>
46. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/26-crecimiento_y_utilizacion.pdf
47. http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/riego_laderas/parteII_1.pdf
48. http://forages.oregonstate.edu/organizations/seed/osc/tech-pubs/pasture_management_span.pdf
49. http://www.aguaboliviana.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-020.htm
50. <http://www.dlh.lahora.com.ec/paginas/debate/paginas/debate1319.htm>
51. <http://www.chapingo.uruz.edu.mx/Vol2-Num2-2001>
52. http://www.flacso.org.ec/docs/lm_desarrollorural.pdf
53. <http://www.explored.com.ec/ecuador/continue/coto3.htm>
54. <http://www.larioja.org/campo/campo5.pdf>
55. http://www.life-optimizagua.org/documentos/TecnicoPrototipos_ES.pdf
56. <http://www.ecuaventura.com/sierra.php?opcion=datos&provincia=6>
57. <http://www.condesan.org/e-foros/cdpp/CDPP37.htm>
58. http://archive.idrc.ca/library/document/100162/chap11_s.html

59. <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s06.htm>
60. <http://146.83.41.79/profesor/jpfuentes/web/edafologia/reading%20assignments/RelacionesSueloPlantaAgua.pdf>
61. http://pdf.rincondelvago.com/suelos_3.html
62. <http://www.agroinformacion.com/manejo-cultivo.aspx?cultivo=20&indice=3>
63. <http://www.mapa.es/desarrollo/pags/OBSERVATORIO/Huescatextos.pdf>
64. <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.asp>
65. http://images.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%2520sistemas/31-morfofisiologia_plantas_forrajeras_archivos/image020.jpg&imgrefurl=http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%2520sistemas/31-morfofisiologia_plantas_forrajeras.htm&h=420&w=383&sz=35&hl=es&start=8&tbnid=30JKiIPddtIj7M:&tbnh=125&tbnw=114&prev=/images%3Fq%3Draiz%2Bde%2Bla%2Balfalfa%26svnum%3D10%26hl%3Des%26lr%3Dlang_es%26sa%3DG
66. <http://www.sica.gov.ec/agro/docs/fenologia.htm>
67. <http://www.sica.gov.ec/agro/agroclima/mensuales/2006/OCTUBRE.pdf>
68. <http://pyrargentina.com.ar/hojas/hoja8.htm>

BIOGRAFÍA. RÓMMEL PATRICIO PACHECO PIEDRA

Lugar y Fecha de Nacimiento: Loja, 14 de Enero de 1976

C.C. #: 1103326557

Estado Civil: Casado

Estudios Realizados:

Primaria: Escuela “Lauro Damerval Ayora” N.-1 de primer grado a quinto de 1981 -1 986.

Escuela “La Salle” sexto grado 1986 -1987.

Secundaria: Instituto Técnico Superior “Daniel Álvarez Burneo” especialidad Físico-Matemáticos 1987 – 1993.

Superior: Universidad Técnica Particular de Loja 1993 -1995
Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro”, Subteniente de Arma – especialidad Ingeniería 1995 – 1999.

Escuela Politécnica del Ejército – Facultad de Ingeniería Civil – Ingeniero Civil 2002 – 2007. Instituto de Idiomas – Suficiencia en el Idioma Ingles 2003-2005.

Cursos Militares: Curso de Selva 1997

Curso de Paracaidismo 1998

Subteniente de Arma especialidad Ingeniería 1995 - 1999 – Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro”.

Curso Básico de Desminado Humanitario- Ejército Español – La Balvina 2000.

Curso de Instructores de Desminado Humanitario- Ejército Español – La Balvina 2001.

Curso de Instructores de Desminado Humanitario- Ejército E.E.U.U – La Balvina 2002.

Curso Internacional de Tigres XIX – Escuela de Selva – Coca – Provincia de San Francisco de Orellana 2004.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

TNTE DE E. Pacheco P. Rommel P.

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

Srta. Ing. Ana G. Haro B.

Lugar y Fecha: Sangolquí, 15 de Febrero del 2007

ANEXOS: