

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

**“Proyecto de riego por aspersión por bombeo para los barrios
Chaguana, el Calvario y Barrio Centro - Parroquia Aláquez - Cantón
Latacunga - Provincia del Cotopaxi.”**

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

TNTE. DE E. HERRERA PALACIOS WILLIAM JACOBO

SANGOLQUÍ - ECUADOR

AGOSTO DEL 2008

EXTRACTO/ABSTRACT

El Proyecto de riego por aspersión por bombeo para los barrios Chaguana, el Calvario y Barrio Centro de la Parroquia Aláquez, se encuentra ubicada en el Cantón Latacunga, Provincia del Cotopaxi, tiene como objeto mejorar la Calidad de Vida de la población en los barrios mencionados, proporcionándoles un mejor acceso a los recursos naturales (agua) de acuerdo con los valores culturales existentes, visión de desarrollo y capacidad de autogestión, este sistema verterá agua en forma de lluvia por el método de riego por aspersión, utilizando el agua del subsuelo, este será bombeado y depositado en un tanque de almacenamiento, para así distribuir el agua mediante el sistema de tuberías de riego a todos los terrenos del proyecto.

The watering Project for aspersion for pumping for the neighborhoods Chaguana, the Calvary and Neighborhood Center of the Parish Aláquez, it is located in the Canton Latacunga, County of the Cotopaxi, has like object to improve the Quality of the population's Life in the mentioned neighborhoods, providing a better access to the resources natural agreement (water) with the existent cultural values, development vision and capacity of self-management, this system will pour water in rain form for the watering method for aspersion, using the water of the underground, this it will be pumped and deposited in a storage tank, it stops this way to distribute the water by means of the system of watering pipes to all the lands of the project.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. TNTE.
DE E. HERRERA PALACIOS WILLIAM JACOBO como requerimiento parcial a
la obtención del título de Ingeniero Civil.

22 de Agosto del 2008

ING. Milton Silva
DIRECTOR

ING. MIGUEL ARAQUE
CODIRECTOR

REVISADO POR

DR. MARIO LOZADA

DEDICATORIA

A mis padres, Manuel Herrera y Susana Palacios, porque siempre me han estado apoyando a lo largo de toda mi vida y he visto que el sacrificio que ellos hacen en beneficio de mi persona lo hacen de corazón ya que me he sabido superar y llevar adelante todas las metas propuestas en mi camino, a ellos que siempre confiaron en mi y están atentos en todo lo que ocurre en mi vida, y que me supieron brindar el calor de hogar para así superarme profesionalmente.

TNTE. DE E. HERRERA WILLIAM

AGRADECIMIENTO

A mis padres y mi hermana, Manuel, Susana y Alexandra, que con su ejemplo impulsaron en mí el deseo de superación, dándome la ayuda necesaria para seguir adelante.

A mí querido Ejército que me dio la oportunidad de crecer profesionalmente, dándome todas las facilidades para poder llevar adelante esta digna carrera, y que los conocimientos adquiridos serán en beneficio de esta gloriosa institución para que cada día se fortalezca y engrandezca más logrando establecerse en el peldaño más alto que se merece.

A mi amor Silvia Vallejo que siempre me apoyo y confió en mí ya que a lo largo de estos años supo valorarme por lo que soy y continuamente ha estado pendiente en los todos los momentos dándome fuerzas y impulsándome a culminar mis metas trazadas en mi camino.

Al Ing. Jorge Zúñiga, al Ing. Ricardo Duran, al Ing. Milton Silva y al Ing. Miguel Araque, ya que a más de ser mis catedráticos universitarios, tienen el don de gente, cualidad que abarca todo lo mejor de una persona y eso a ellos le sobra.

Al Lic. Morales y a la comunidad de Chaguana quienes fueron artífices de este proyecto ya que sin su ayuda el mismo no hubiera llegado a feliz termino.

A mis camaradas de armas que a lo largo de todo este tiempo compartimos penas y alegrías ya que nunca nos supimos doblegar y vemos que la ESPE a más de ser un lugar para adquirir conocimientos es un centro donde la amistad y camaradería están siempre presentes.

TNTE. DE E. HERRERA WILLIAM

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	17
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	17
1.1. INTRODUCCIÓN	17
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	18
1.3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	19
CAPÍTULO II.....	20
2. INFORMACIÓN EXISTENTE.....	20
2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	20
2.1.1. DATOS GEOGRÁFICOS	20
2.1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	21
2.1.3. CLIMA	21
2.1.4. VEGETACIÓN NATURAL.....	22
2.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	22
2.2.1. PRODUCCIÓN EN LA ZONA.....	22
2.2.1.1. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	23
2.2.1.2. PRODUCCIÓN PECUARIA.....	24
2.3. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA	25
2.4. EDAFOLOGÍA.....	28
2.4.1. USO ACTUAL DE LA TIERRA	28
2.5. GEOLOGÍA.....	29
2.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS.....	30
2.6. FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....	30
2.6.1. RECURSOS HÍDRICOS	31
2.6.2. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS.....	32
2.6.2.1. AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	32
2.6.2.2. PERMEABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS.....	33
2.6.3. DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA RIEGO	35

CAPÍTULO III..... 37

3. METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA..... 37

3.1.	ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	37
3.1.1.	MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DEL CLIMA O METEOROLÓGICAS	38
3.1.2.	OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS.....	39
3.1.2.1.	HORAS QUE SE REALIZAN LAS OBSERVACIONES	42
3.2.	ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA ZONA DEL PROYECTO	
	43	
3.3.	CLIMATOLOGÍA DE LA CUENCA.....	45
3.3.1.	TEMPERATURA.....	46
3.3.1.1.	TEMPERATURA DE LAS PLANTAS.....	47
3.3.1.2.	PROBLEMAS FRECUENTES CON LAS HELADAS.....	48
3.3.1.3.	TEMPERATURA DE LA ZONA DEL PROYECTO	49
3.3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	50
3.3.3.	HELIOFANÍA	52
3.3.4.	VIENTOS.....	52
3.3.5.	NUBOSIDAD	53
3.4.	PRECIPITACIONES.....	54
3.4.1.	PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DEL PROYECTO	54
3.4.2.	ISOYETAS.....	55
3.4.3.	INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	56

CAPÍTULO IV..... 64

4. ESTUDIO GEOFÍSICO Y POZO EXPLORATORIO 64

4.1.	INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO GEOFÍSICO.	64
4.1.1.	GEOFÍSICA	65
4.2.	MÉTODOS DE PROSPECCIÓN DESDE LA SUPERFICIE	67
4.3.	MÉTODO ELÉCTRICO O DE LAS RESISTIVIDADES	68
4.3.1.	MÉTODO DE PERFILES ELÉCTRICOS, (PE)	69
4.4.	SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES, (S.E.V.).....	69

4.5.	INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA	70
4.5.1.	INFORME DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA EN ALÁQUEZ.....	70
CAPÍTULO V.....		71
5.	RIEGO POR ASPERSIÓN	71
5.1.	DEFINICIÓN	71
5.2.	DISPOSITIVOS.....	72
5.3.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN.....	74
5.3.1.	VENTAJAS	74
5.3.2.	INCONVENIENTES	75
5.4.	RELACIONES DEL SUELO Y DEL AGUA.....	75
5.4.1.	SATURACIÓN	76
5.4.2.	CAPACIDAD DE CAMPO (CC)	76
5.4.3.	PORCENTAJE DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE (PMP)	76
5.5.	DETERMINACIÓN INDIRECTA DE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y DEL PORCENTAJE DE MARCHITAMIENTO	77
5.6.	REQUERIMIENTOS DE RIEGO.....	78
5.6.1.	PATRÓN DE CULTIVOS	78
5.6.1.1.	PROFUNDIDAD DEL SUELO EXPLORADO POR LAS RAÍCES.....	78
5.6.1.2.	CULTIVO PATRÓN.....	79
5.6.2.	USO CONSUNTIVO	80
5.6.2.1.	CALCULO DEL USO CONSUNTIVO O EVAPOTRANSPIRACIÓN	81
5.6.2.2.	MÉTODO DE BLANNEY-CRIDDLE ³	83
5.6.2.2.1.	PRIMER MÉTODO DE BLANNEY-CRIDDLE	83
5.6.2.2.2.	SEGUNDO MÉTODO DE BLANNEY-CRIDDLE	89
5.6.3.	BALANCE HÍDRICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	92
5.6.3.1.	GENERALIDADES.....	92
5.6.3.2.	METODOLOGÍA	94
5.6.3.3.	CONCLUSIÓN DEL BALANCE HÍDRICO	95
CAPÍTULO VI.....		96

6.	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	96
6.1.	CAUDAL DE DERIVACIÓN.....	96
6.1.1.	OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	97
6.2.	DOSIS DE RIEGO	97
6.2.1.	DOSIS MÁXIMA DE RIEGO.....	98
6.2.2.	DOSIS PRÁCTICA; DOSIS REAL.....	99
6.2.3.	CÁLCULO DE DOSIS MÁXIMA-DOSIS PRÁCTICA.....	101
6.2.4.	CÁLCULO DEL CAUDAL MENSUAL A DERIVAR	103
6.3.	DISEÑO HIDRÁULICO, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO DE RIEGO.107	
6.3.1.	CALCULO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN	107
6.3.2.	CÁLCULO DE PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN.....	116
6.3.2.1.	PERDIDA POR FRICCIÓN	116
6.3.3.	CALCULO DE PERDIDAS MENORES EN LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN 122	
6.3.4.	DISEÑO DE LA BOMBA	132
6.4.	EMISORES DE AGUA O ASPERSORES.....	135
6.4.1.	DATOS TÉCNICOS	137
6.5.	PROGRAMACIÓN DEL RIEGO	139
6.5.1.	MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN POR TURNOS	144
6.5.1.1.	PRINCIPIO DEL MÉTODO	144
6.5.2.	DENSIDAD DE ASPERSIÓN	145
6.5.3.	DOSIS Y DURACIÓN DEL RIEGO.....	146
6.5.4.	DISPOSICIÓN POR ASPERSORES.....	150
6.5.5.	NUMERO DE MOVIMIENTOS AL DIA DEL SISTEMA	151
6.6.	DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	156
	CAPÍTULO VII.....	157
7.	PRESUPUESTO	157

7.1.	PRESUPUESTO DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN SECUNDARIAS, REGANTES Y CONDUCCIÓN DE LA BOMBA	157
7.2.	PRESUPUESTO DE LA BOMBA	157
7.3.	PRESUPUESTO DEL TANQUE.....	157
CAPÍTULO VIII.....		159
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		159
8.1.	CONCLUSIONES	159
8.2.	RECOMENDACIONES	162
BIBLIOGRAFÍA.....		164
BIOGRAFÍA DEL AUTOR		166
ANEXOS		168
ANEXO A		169
	ESTUDIO GEOFÍSICO	169
ANEXO B		186
	NUMERO DE MOVIMIENTOS.....	186
ANEXO C		191
	DISEÑO DEL TANQUE DE RESERVA.....	191
ANEXO D		202
	PROFORMAS DEL SISTEMA DE RIEGO	202
ANEXO E.....		205
	FOTOS.....	205
ANEXO F.....		209
	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	209
ANEXO G		219
	PLANOS.....	219

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1: Clasificación de las estaciones meteorológicas.

Tabla 3.2: Tipos de observaciones.

Tabla 3.3: Estaciones Meteorológicas cercanas a la Zona del Proyecto de Riego.

Tabla 4.1: Métodos de prospección.

Tabla 5.1: Propiedades físicas del suelo. (CC y PMP).

Tabla 5.2: Profundidad efectiva del sistema radical de algunos cultivos (mt.)

Tabla 5.3: Métodos para evaluar el uso consuntivo.

Tabla 5.4: Coeficiente estacional de uso consuntivo para definir el cultivo.

Tabla 5.5: Tanto por ciento de Horas de Sol Diarias (Latitud de 0° a 46° al sur y Latitud de 0° a 60° al Norte).

Tabla 5.6: Calculo del uso consuntivo UC por el primer Método Blaney-Criddle.

Tabla 5.7: Calculo del uso consuntivo por el segundo Método Blaney-Criddle.

Tabla 5.8: Procedimiento en cada columna de la **tabla 5.7**.

Tabla 5.9: Balance hídrico mensual para nuestra zona de estudio.

Tabla 6.1: Cálculo de las dosis máxima y práctica de los cultivos de nuestra zona de riego.

Tabla 6.2: Número de Riego mensuales para cada cultivo.

Tabla 6.3: Cuadro del cálculo del caudal de derivación.

Tabla 6.4: Distribución de caudales para los ramales del proyecto.

Tabla 6.5: Viscosidad en función de la temperatura.

Tabla 6.6: Rugosidad de los materiales (**E**).

Tabla 6.7: Cotas del proyecto en cada ramal, hf, caudales, longitud.

Tabla 6.8: Cálculo del diámetro de tuberías.

Tabla 6.9: Coeficiente de rugosidad **C**.

Tabla 6.10: Diámetros internos en mm. y Plg.

Tabla 6.11: Presión de trabajo por clases de tubería.

Tabla 6.12: Calculo de pérdidas por fricción en tubos PVC del sistema.

Tabla 6.13: Diámetros de los tubos PVC adoptados para el sistema.

Tabla 6.14: Coeficiente K para diferentes accesorios.

Tabla 6.15: Coeficiente de contracción Cc.

Tabla 6.16: Cantidad de accesorios de cada ramal.

Tabla 6.17: Perdidas menores de cada accesorio utilizado en los ramales.

Tabla 6.18: Calculo de hf., mediante perdidas menores.

Tabla 6.19: Resumen de perdidas.

Tabla 6.20: Determinación de bombas sumergibles por medio de Q, altura.

Tabla 6.21: Determinación de bombas sumergibles por medio de Q, altura.

Tabla 6.22: Mini Aspersor turbo martillo, de bajo volumen 501 – U (SISTEMAS IRRISTAND), datos técnicos.

Tabla 6.23: Distribución de sub. áreas para el riego.

Tabla 6.24: Parámetros de K y δ de acuerdo a la permeabilidad.

Tabla 6.25: Distribución semanal.

Tablas 6.26: Resumen de tuberías principales, secundaras y tubería de aspersores del sistema de riego.

LISTADO DE FIGURAS

Fig. 2.1 Ubicación de la Parroquia San Antonio de Aláquez (Provincia del Cotopaxi).

Fig. 2.2 Topografía de los barrios Chaguana, Barrio Centro y El calvario.

Fig. 2.3 Usos principales del suelo en la Provincia del Cotopaxi.

Fig. 2.4 Aguas subterráneas.

Fig. 2.5 Pozos y Acuíferos: pozo artesiano (artesian well), un pozo artesiano fluyendo, (flowing artesian well), pozo de agua (water table well).

Fig. 3.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona del proyecto.

Fig. 3.2 Temperatura media mensual en la zona de proyecto (periodo 1995-2008).

Fig. 3.3 Precipitación media mensual en la zona de proyecto (periodo 1995-2008).

Fig. 4.1 Arreglo de electrodos tipo Schlumberger.

Fig. 5.1 Riego por aspersión.

Fig. 5.2 Distribución homogénea de aspersores.

Fig. 5.3. Esquema general de un balance hídrico.

Fig. 6.1: Caudales acumulados de cada ramal en la zona de proyecto.

Fig. 6.2 Diagrama de Moody.

Fig. 6.3: Mini Aspersor turbo martillo, de bajo volumen 501 – U (SISTEMAS IRRISTAND).

Fig. 6.4: Distribución de sub. áreas en la zona de proyecto.

Fig. 6.5 Disposición **no adecuada** de los aspersores, los puntos exteriores no reciben toda el agua precisa, cuando los círculos regados no se cortan.

Fig. 6.6 Disposición **adecuada** de los aspersores, los puntos exteriores reciben toda el agua precisa, cuando los círculos regados se cortan.

Fig. 6.7 Movimientos de una línea de riego en los acoples rápidos con sus aspersores.

Fig. C.1 Recorrido de los terrenos de Aláquez

Fig. C.2 Siembra de maíz en Aláquez

Fig. C.3 Foto realizando la topografía del sector de Aláquez

Fig. C.4 Pobladores del sector colaboraron en la topografía.

Fig. C.5 Ing. Becerra (INAMHI), realizando estudio geofísico.

Fig. C.6 Tendida del equipo de sondeo eléctrico.

LISTADO DE CUADROS Y GRAFICAS

Cuadro 5.1: Análisis del patrón de cultivos (MAÍZ).

Grafica 5.1 Curva del coeficiente de desarrollo " K_c " para el cultivo del maíz.

Grafica 5.2 Balance hídrico mensual para la zona de proyecto.

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A: ESTUDIO GEOFÍSICO

ANEXO B: NÚMERO DE MOVIMIENTOS AL DIA DEL SISTEMA

ANEXO C: DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

ANEXO D: PROFORMAS

ANEXO E: FOTOS

ANEXO F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO G: PLANOS

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de riego y drenaje manejan las fuentes de agua, a fin de promover la producción agrícola. Hay diferentes tipos de riego, dependiendo de la fuente del agua (superficial o subterránea), su forma de almacenamiento, los sistemas de transporte y distribución y, los métodos de entrega (aplicación en el campo).

Los sistemas de riego se caracterizan por la aplicación de agua, precisa en forma de gotas o pequeños chorros a través de diferentes mecanismos, el sistema de riego por aspersión impulsa el agua hacia el aire para que se entregue a las plantas en forma de lluvia.

Desde hace mucho tiempo se ha utilizado el agua superficial (principalmente los ríos) para riego, todavía constituye una de las principales inversiones del sector público. Los proyectos de riego en gran escala, que utilizan el agua freática, son un fenómeno reciente, a partir de los últimos treinta años. Se encuentran principalmente en las grandes cuencas aluviales de Paquistán, India y China, donde se utilizan pozos entubados para aprovechar el agua

freática, conjuntamente, con los sistemas de riego que emplean el agua superficial.

El método principal de entrega (para cerca del 95 por ciento de los proyectos en todo el mundo) es el de superficie (riego por inundación o de surco); el agua se distribuye por gravedad en la zona que va a ser regada. Otros sistemas emplean rociadores y riego de goteo. Aunque sean tecnológicas nuevas, relativamente, que requieren una inversión inicial más grande y manejo más intensivo que el riego de superficie, el riego por aspersión y el de goteo prometen mucho potencial para optimizar la eficiencia del uso del agua, y reducir los problemas relacionados con el riego.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Dentro de la parroquia se cuenta con el caudal suficiente de riego el mismo que abastecería a todos los agricultores, pero dentro de la misma existen diversos problemas, los cuales conllevan a la distribución inequitativa de los recursos, y especialmente por la falta de sistemas de riego tecnificados.

La parroquia de Aláquez específicamente en los barrios Chaguana, el Calvario y Barrio Centro no disponen de abastecimiento de agua para riego, esta es la razón principal por la que es de suma importancia el diseño de un Sistema de Riego por aspersión por bombeo, confiable y que sirva como estudio definitivo previo a su construcción.

Mediante este proyecto se mejorara la calidad de Vida de la población de San Antonio de Aláquez, en los mencionados, proporcionándoles un mejor acceso a los recursos hídricos de acuerdo con los valores culturales existentes, visión de desarrollo y capacidad de autogestión.

1.3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Diseñar un Sistema de Riego por Aspersión por Bombeo para los barrios Chaguana, el Calvario y Barrio Centro de la parroquia de Aláquez y así incrementar el nivel de vida de los moradores de dichos sectores, diseñando todos los componentes del sistema de riego tanto Hidráulico y Estructural, para que luego se proceda a la construcción del mismo.

CAPÍTULO II

2. INFORMACIÓN EXISTENTE

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

2.1.1. DATOS GEOGRÁFICOS

San Antonio de Aláquez, es parroquia rural del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, se encuentra ubicada al Noreste de la Ciudad de Latacunga, Tiene una superficie de 142 kilómetros cuadrados. Se encuentra a 9.1 kilómetros de distancia de la cabecera provincial, a una altitud de 2948 metros sobre el nivel del mar, teniendo los siguientes límites:

Al Norte: Las parroquias Joseguango Bajo y Mulaló.

Al Sur: Las parroquias San Buenaventura y Juan Montalvo.

Al Este: Los páramos de Pansachi.

Al Oeste: La parroquia Guaytacama.

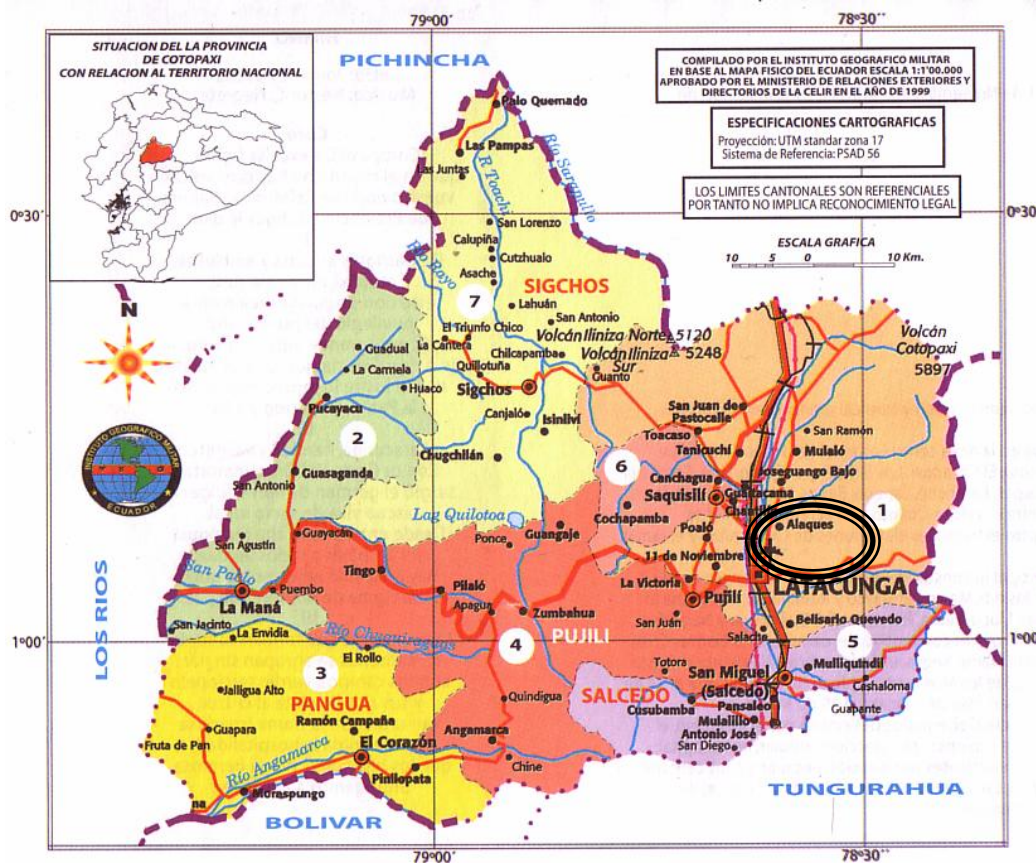


Fig. 2.1 Ubicación de la Parroquia San Antonio de Aláquez (Provincia del Cotopaxi)

2.1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El proyecto de riego por aspersión por bombeo se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Antonio de Aláquez, específicamente en los barrios Chaguana, el Calvario y Barrio Centro.

2.1.3. CLIMA

El clima es templado con un promedio de temperatura de 10 a 18 grados centígrados, en el páramo la temperatura oscila entre 5 y 10 grados centígrados, y una precipitación anual de 455.8 mm.

2.1.4. VEGETACIÓN NATURAL

En la Parroquia se establecen dos zonas: la baja que se considera como plana en donde encontramos especies como el capulí, cabuyos, retamas, chilcas, floripondio, tilo, ortiga negra, santamaría, ruda, shimbalo, manzanilla, y en la alta podemos apreciar quishuar, achupallas, mortíños, chuquiraguas, shanshi, pupichana, quiebraplatos, taxo nativo, zapatillos, mulintimí, paja blanca.

2.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.2.1. PRODUCCIÓN EN LA ZONA

La Parroquia Aláquez es una zona de excelente producción en el campo agrícola y pecuario, sus tierras fértiles que se encuentran a una altitud que va desde los 2700 a 3500 metros sobre el nivel del mar. Con una temperatura promedio de 13.5°C y una precipitación anual de 455.8 mm, estos parámetros

climáticos hacen que la parroquia tenga un clima apto y sano para la agricultura y la ganadería.

Debido a los parámetros del clima establecidos en la Parroquia Aláquez, este tiene un clima apto para la agricultura y la ganadería considerado que el 80% de la población se dedica a estas actividades, mientras que el 20% trabaja en diferentes actividades, tales como, servicios públicos, servicios privados (principalmente en las florícolas ubicadas en la zona), comercio, construcción y microempresas (calzado y construcción de cajones para camionetas).

2.2.1.1. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En Aláquez su producción agrícola se basa fundamentalmente en cultivos de maíz, papas, chochos, fréjol y en las partes más altas se pueden encontrar cultivos de habas. El principal cultivo que se realiza en esta tierra es el maíz amarillo, el cual no alcanza en su producción un nivel adecuado, por falta de asistencia técnica, la utilización de semillas inadecuadas y por prácticas culturales impropias.

La deforestación de la zona es alarmante, siendo este el motivo principal para que la parroquia sea afectada por las heladas y en ocasiones las lluvias sean escasas. Es prioritario que se realice la forestación con especies nativas como alizo, capulí, quishuar, etc. Ante esta situación es necesario capacitar a la comunidad para que tomen conciencia, para lo cual la biblioteca comunitaria debe asumir esta responsabilidad.

Al problema de la baja producción se añade la falta de agua suficiente para regadío y la poca que existe se la riega por inundación de surcos; en este sistema solo es aprovechada en un 50%. El factor económico es un limitante para una tecnificación del regadío, que para su mejor aprovechamiento debería realizarse por aspersión, que se llega hasta un 75% de optimización.

2.2.1.2. PRODUCCIÓN PECUARIA

Los principales animales que se crían son bovinos, ovinos, conejos, cobayos (cuyes), porcinos y existiendo centros de producción avícola medianamente tecnificados.

La cría de bovinos es muy limitada, lográndose con éxito la producción y cría de este ganado en las haciendas ubicadas en las riveras del Río Aláquez y en los páramos.

La cría de cuyes y conejos es común en un 85% de los hogares, pero por la falta de tecnificación de criaderos y por no existir un mejoramiento de razas, la producción se limita para el consumo en los hogares.

Para mejorar la producción agrícola y pecuaria los agricultores de la parroquia tienen que organizarse y exigir a sus autoridades que por medio de su gestión se obtenga asesoramiento de técnicas en el campo agropecuario del Ministerio

de Agricultura y Ganadería para alcanzar una mejor producción en la parroquia y por ende subir los ingresos del Agro.

2.3. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA

Para el diseño del sistema de riego, una parte de la base topográfica tanto en planimetría como en nivelación, así como su representación gráfica, fue proporcionada por el Junta Parroquial de Aláquez, la cual consiste en la nivelación de todo el conjunto de vías de la zona, la topografía en sí de los terrenos de todos los usuarios se la realizó con la estación total Trimble, donde se encuentra detallada todas las superficies, niveles, de todos los interesados en el proyecto de riego.

La zona en la que se encuentra implantada la parroquia de Aláquez presenta características topográficas regulares, la altitud va desde los 2700 a 3500 metros sobre el nivel del mar. La cota de la zona central de la parroquia Aláquez está aproximadamente en 2863 msnm. El río Aláquez tiene su curso de norte – oeste, bordeando la parroquia.

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.

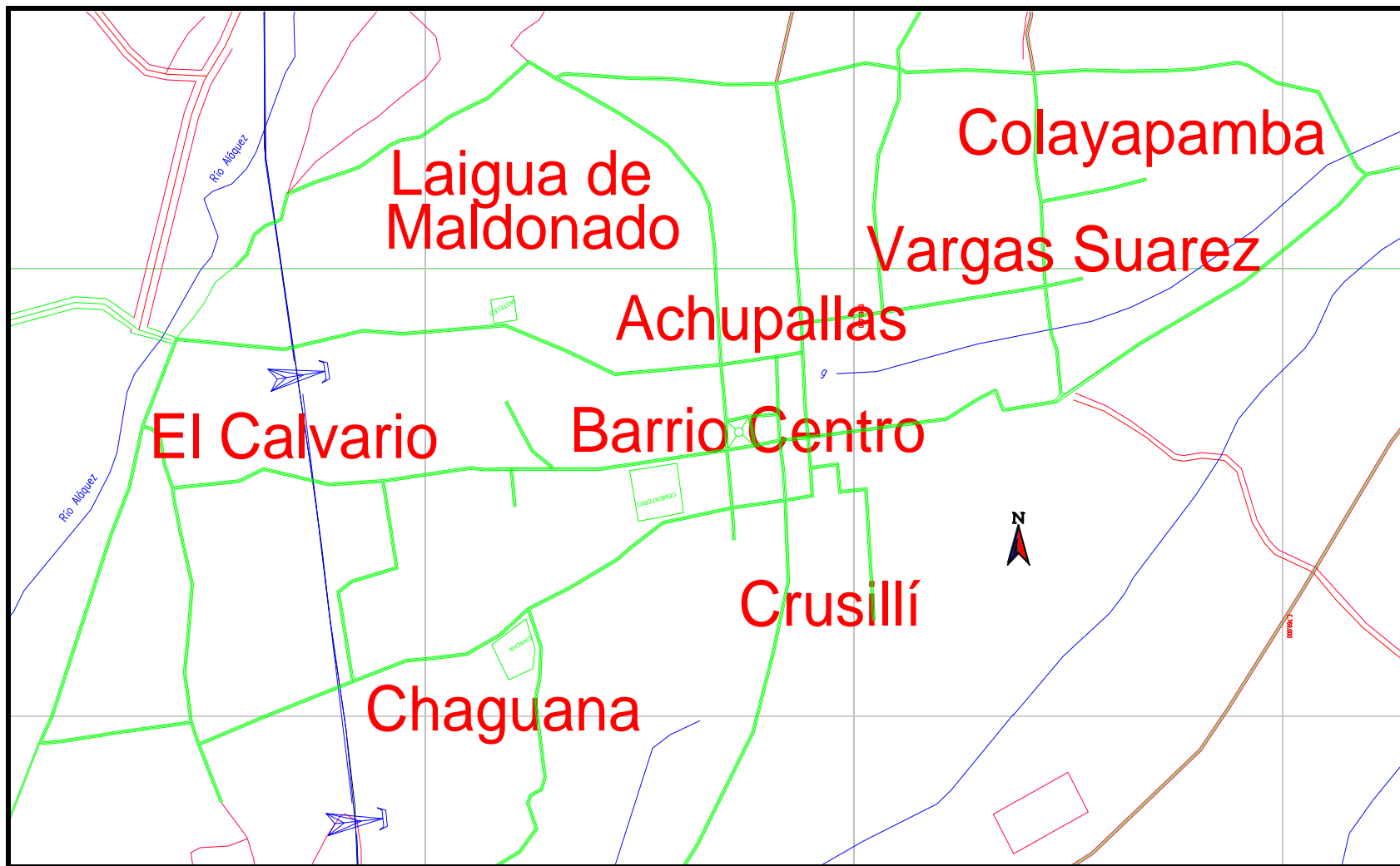


Fig. 2.2 Topografía de los barrios Chaguana, Barrio Centro y El calvario

2.4. EDAFOLOGÍA

2.4.1. USO ACTUAL DE LA TIERRA

Como sabemos la edafología estudia la tierra en su aspecto agrario, San Antonio de Aláquez es una parroquia de aproximadamente 142 Km², ubicada en la Sierra Central del Ecuador y que se desarrolla en medio de ambientes naturales, domesticados y artificiales, generados y transformados a lo largo del tiempo.

Así concebida, se convierte en una parroquia de abundantes recursos naturales, por su variedad de clima ofrece diversidad de productos; los suelos son humíferos, calcáreos, arcillosos, la flora es rica.

San Antonio de Aláquez es una parroquia que pertenece a la Provincia del Cotopaxi, considerándose esta una provincia serrana típica, donde tienen importancia el minifundio y las grandes explotaciones, el trabajo artesanal se realiza generalmente en familia, complementándose con trabajo agrícola en alguna pequeña parcela.

Como en la mayoría de las provincias del Ecuador, en Cotopaxi se encuentran muchas diferencias entre los sectores urbano y rural que aparecen en las esferas de vivienda, educación, salud, empleo, etc. Estas disparidades se agravan paulatinamente por el incontrolable crecimiento de la población. Así,

desde 1962 se observa un número cada vez mayor de personas que abandonan la provincia para radicarse en otros lugares con expectativas de mejoramiento.

Uso principal del suelo

(participación en hectáreas)

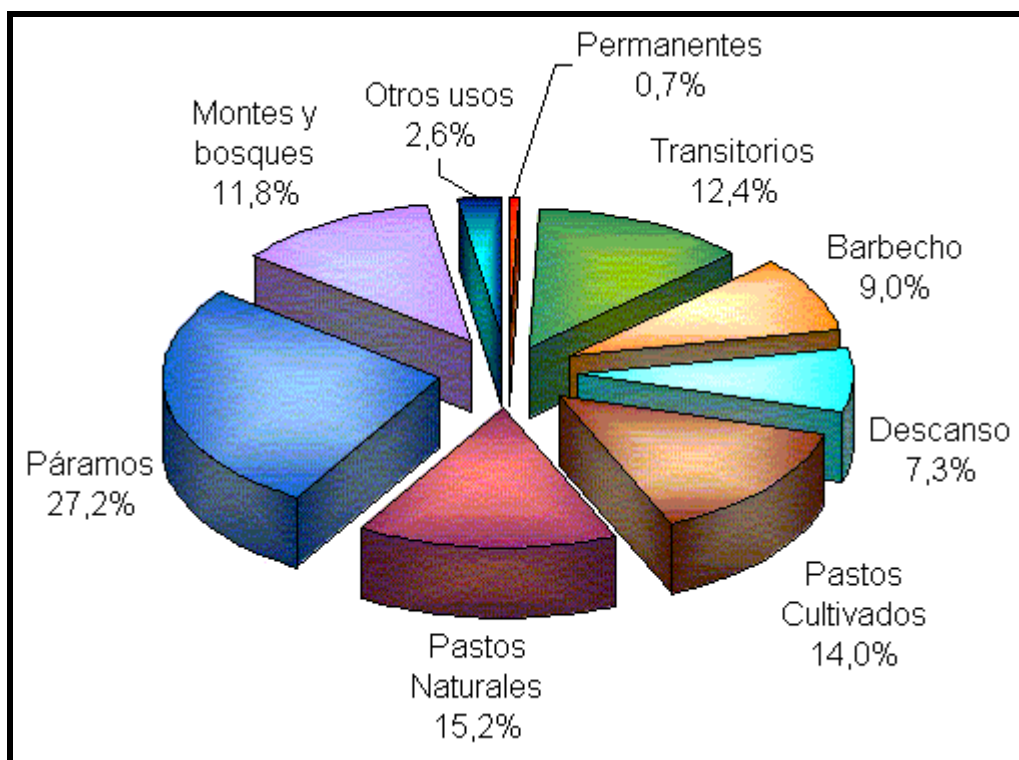


Fig. 2.3 Usos principales del suelo en la Provincia del Cotopaxi

2.5. GEOLOGÍA

El sector está ubicado en un valle, en el cual se encuentran depósitos de flujos piroclásticos, y sobre éstos de CANGAHUA, existe también la presencia de

depósitos aluviales de menor espesor en los cauces de los ríos, más adelante se explicara detalladamente una sinopsis geológica del sector cuando se presente el estudio geofísico del sector.

2.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

Según el técnico Román¹ los suelos tienen un bajo contenido de materia orgánica ya que los residuos de cosechas son retirados de los campos de siembra y no lo incluyen en el momento de laboreo del suelo, a esto se suma el monocultivo de maíz que provoca el gasto de nutrientes del suelo. De los suelos de la parroquia podemos encontrar texturas que van desde:

- ✓ Areno – Franco.
- ✓ Franco – Arenoso.
- ✓ Franco (Ideal), y
- ✓ Franco – Arcilloso

Nuestra zona de proyecto estará representada por un suelo **Franco Arenoso**, dato que más adelante nos servirá para realizar los cálculos respectivos.

2.6. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

¹ ENTREVISTA a ROMÁN, Miguel Ángel. Aláquez, 20 de marzo de 2002, “Plan de desarrollo parroquial de la Parroquia Aláquez”.

2.6.1. RECURSOS HÍDRICOS

En la actualidad en la provincia no existen datos reales que permitan saber a ciencia cierta con qué recursos hídricos se cuentan. Los datos generales nos hablan de que la provincia se halla regada por una serie de afluentes hídricos que convergen en la formación de las cuencas del Cutuchi, Toachi y la del San Pablo, Angamarca y Quindigua. Sin embargo, las aguas que realmente se encuentran disponibles y que son aprovechadas por el 75% de la población de la provincia son las aguas de la cuenca del río Cutuchi.

Las diferentes instancias de usuarios no tienen una sistematización adecuada, los datos son dispersos, desordenados, se habla de duplicación y triplicación de las concesiones, generando graves conflictos. Incrementándose aún más por la creciente disminución de los caudales.

Estos problemas han determinado que se convierta en una prioridad fundamental el manejar datos actualizados y reales sobre oferta hídrica de la provincia, eso podría aportar significativamente para un manejo racional del recurso. Acceder a un inventario hídrico permitiría a las autoridades competentes planificar sus acciones en base de datos verificables, lo que aportaría para el delineamiento de políticas provinciales de largo aliento, además, contribuiría para la depuración de las concesiones que, hoy por hoy, no permiten saber con certeza la oferta y la demanda existente. Existen estudios preliminares y algunos avances en torno al tema, pero un estudio

exhaustivo y detallado no hay, por lo cual consideramos como una acción preponderante el levantamiento de esta valiosa información.

2.6.2. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

2.6.2.1. AGUAS SUBTERRÁNEAS

Antiguamente se creía que las aguas subterráneas procedían del mar y habían perdido su salinidad al filtrarse entre las rocas. Hoy se sabe que es agua procedente de la lluvia.

Las aguas subterráneas forman grandes depósitos que en muchos lugares constituyen la única fuente de agua potable disponible. A veces, cuando circulan bajo tierra, forman grandes sistemas de cuevas y galerías. En algunos lugares regresan a la superficie, aflorando de la tierra en forma de fuentes o manantiales. Otras, hay que ir a recogerlas a distintas profundidades excavando pozos.

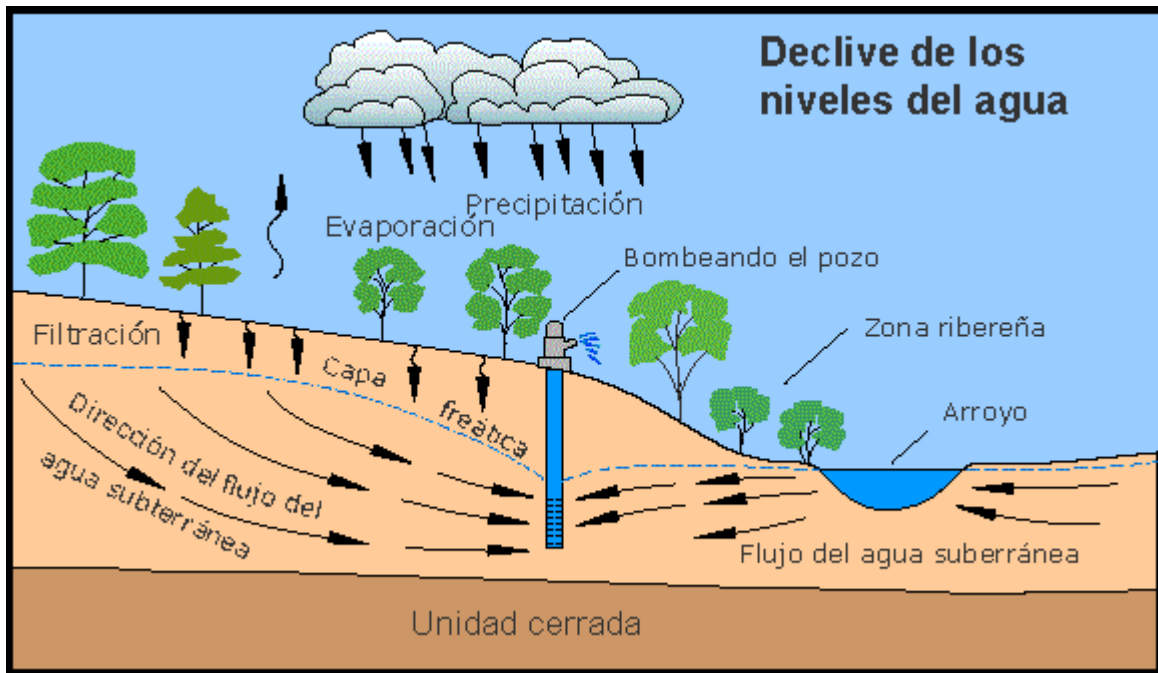


Fig. 2.4 Aguas subterráneas

2.6.2.2. PERMEABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS

Acuíferos

La diferencia entre la cantidad de precipitación y la cantidad de agua arrastrada por los ríos se filtra bajo el suelo y forma los acuíferos. La filtración depende de las características físicas de las rocas. La porosidad no es sinónimo de permeabilidad, pues determinadas rocas como las arcillosas, aunque tienen una gran porosidad, son prácticamente impermeables ya que no disponen de conductos que se comuniquen.

Si la capa impermeable forma una depresión, puede aparecer un lago subterráneo. En cambio, si la capa impermeable está inclinada se puede formar un río subterráneo.

Cuando una capa permeable está dispuesta entre dos capas impermeables, forma lo que se denomina acuífero cautivo o confinado. En estas condiciones el agua está sujeta a una presión considerable. Si por cualquier circunstancia se crea una fisura en la capa impermeable, entonces el agua asciende rápidamente hasta el nivel freático para equilibrar las diferencias de presión.

Por su parte, si la capa permeable no encuentra límite más que en profundidad, entonces se denomina acuífero libre.

Pozos y manantiales

Un manantial es un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área pequeña. Pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes, y tener su origen en el agua de lluvia que se filtra o tienen un origen ígneo, dando lugar a manantiales de agua caliente.

La composición del agua de los manantiales varía según la naturaleza del suelo o la roca de su lecho. El caudal de los manantiales depende de la estación del año y del volumen de las precipitaciones. Los manantiales de filtración se secan a menudo en periodos secos o de escasas precipitaciones; sin embargo, otros tienen un caudal copioso y constante que proporciona un importante suministro de agua local.

Los pozos artesianos, donde el agua aflora superficialmente como un surtidor, son el resultado de perforar un acuífero confinado cuyo nivel freático es superior al nivel del suelo. Cuando estas fuentes son termales (de agua caliente), se denominan caldas o termas. A las sales minerales que llevan disueltas las caldas se le reconocen propiedades medicinales, motivo por el cual se han construido en esas zonas muchos balnearios. Esta práctica es antigua, y ya en tiempos de los romanos eran muy apreciados los baños públicos con aguas minerales.

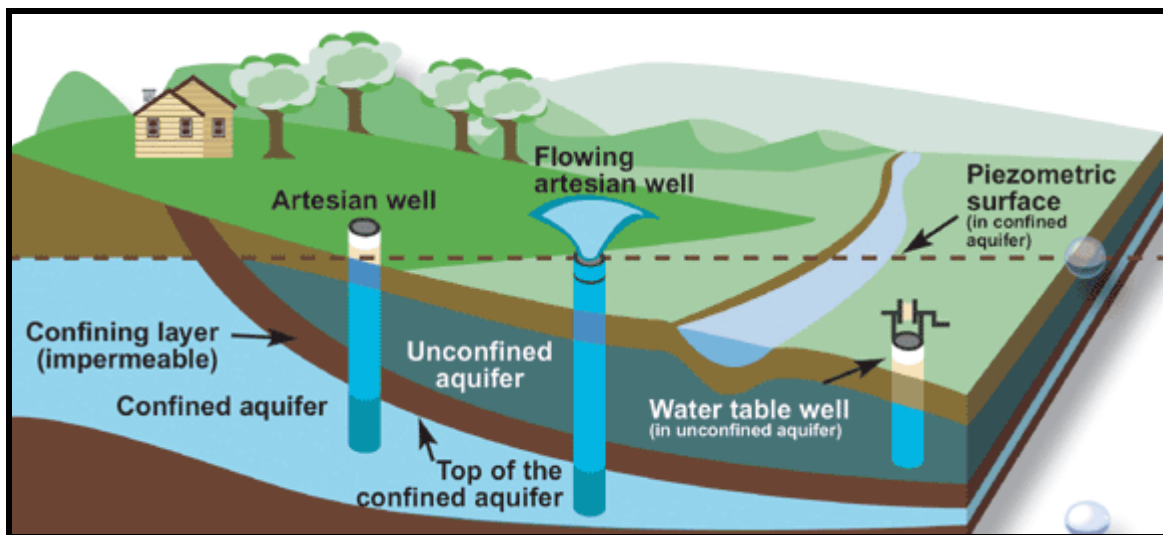


Fig. 2.5 Pozos y Acuíferos: pozo artesiano (artesian well), un pozo artesiano fluyendo, (flowing artesian well), pozo de agua (water table well)

2.6.3. DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA RIEGO

La disponibilidad del agua para riego se va a determinar con un estudio geofísico el cual determinara las características dimensionales del acuífero, los cuales serán estimados en base a la interpretación del estudio y de los diversos factores fisiográficos e hidrogeológicos.

El volumen de las reservas donde se va a realizar el estudio, corresponden a la cantidad de agua almacenada en ellas, la cual es teóricamente posible extraer por bombeo, la cual se necesita para realizar la implantación de riego de este proyecto.

Teniendo en cuenta que en el sector no existe ningún proyecto de estas características, parece claro que las posibilidades de expansión inmediata pueden darse y este puede ser aprovechado en otros usos, pero determinando la suficiente disponibilidad de agua para los mismos y que este uso no afecte al buen desempeño del proyecto en mención.

Por lo mencionado anteriormente surge en consecuencia que tiene que verificarse los incrementos acentuados de tal uso, el cual debería orientarse hacia su explotación racional y a los estudios complementarios que se realicen en un futuro inmediato.

CAPÍTULO III

3. METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

3.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Las observaciones se realizan en lugares establecidos, donde es necesario contar con datos meteorológicos para una o varias finalidades, ya sea en tiempo real, en tiempo diferidos o ambos. Estos lugares deben reunir determinadas condiciones técnicas normalizadas y se los denomina "**estaciones meteorológicas**".

Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

Las estaciones meteorológicas se establecen en la superficie de la tierra, el mar y deben estar espaciadas de tal manera que sea representativa del sector y garantice una cobertura meteorológica adecuada. Por ejemplo la distancia entre estaciones sinópticas principales en la superficie no debe ser superior a los 150 km., entre estaciones de altitud no debe sobrepasar los 300 Km. El espaciamiento óptimo de las estaciones de observación es aquel por el cual el

costo ha sido tomado en consideración, en función al objetivo para el que los datos deben utilizarse, la variabilidad temporal y espacial del elemento meteorológico observado y la naturaleza de la topografía de la región donde debe establecerse.

En todo caso la distribución irregular de estaciones meteorológicas y la falta de ellas en grandes regiones, dificulta la introducción de los datos en modelos meteorológicos y complica las predicciones de mayor alcance temporal.

3.1.1. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DEL CLIMA O METEOROLÓGICAS

La medición de las variables meteorológicas que en la mayor parte son variables físicas, con el objeto de obtener resultados comparables de los puntos de observación de la red meteorológica, además de un programa unificado de observación, es necesario procurar un cierto grado de uniformidad con respecto a los parámetros de los instrumentos de medición. Deben utilizarse instrumentos con características operacionales y exactitud análogas con enfoques uniformes en lo referente al mantenimiento y calibración.

Los programas de observaciones deben ser los mismos en todo el globo terrestre usando una sola escala de tiempo (Tiempo Medio de Greenwich, GTM). Razón por la cual existe un Organismo que norma y reglamenta las

actividades meteorológicas que es la Organización Meteorológica Mundial OMM.

De acuerdo a lo establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), las estaciones meteorológicas se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 3.1: Clasificación de las estaciones meteorológicas

CARACTERÍSTICAS	ESTACIÓN METEOROLÓGICA
Por su finalidad	Sinóptica, Climatológica, Agrícolas, Especiales, Aeronáuticas, Satélites.
Por la magnitud de las observaciones	Principales, Ordinarias, Auxiliares o adicionales.
Por el nivel de observación	Superficie, Altitud.
Por el lugar de observación	Terrestre, Aéreas, Marítimas.

Fuente: propia

Como se puede observar una estación meteorológica puede tener diferentes fines, dependiendo de los propósitos para los cuales fue instalada. La información se utiliza en varias aplicaciones u observaciones adicionales que le dan sus características. Por consiguiente, en una estación meteorológica pueden conjugarse dos o más categorías simultáneamente.

3.1.2. OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS

La observación meteorológica consiste en la medición y determinación de todos los elementos que en su conjunto representan las condiciones del estado de la atmósfera en un momento dado y en un determinado lugar utilizando instrumental adecuado.

Estas observaciones realizadas con métodos y en forma sistemática, uniforme, ininterrumpida y a horas establecidas, permiten conocer las características y variaciones de los elementos atmosféricos, los cuales constituyen los datos básicos que utilizan los servicios meteorológicos, tanto en tiempo real como diferido.

Las observaciones deben hacerse invariablemente a las horas preestablecidas y su ejecución tiene que efectuarse empleando el menor tiempo posible. Es de capital importancia que el observador preste preferente atención a estas dos indicaciones, dado que la falta de cumplimiento de las mismas da lugar, por la continua variación de los elementos que se están midiendo u observando, a la obtención de datos que, por ser tomados a distintas horas o por haberse demorado demasiado en efectuarlos, no sean sincrónicas con observaciones tomadas en otros lugares.

La veracidad y exactitud de las observaciones es imprescindible, ya que de no darse esas condiciones se lesionan los intereses, no solo de la meteorología, sino de todas las actividades humanas que se sirven de ella. En este sentido, la responsabilidad del observador es mayor de lo que generalmente él mismo supone.

Tabla 3.2: Tipos de observaciones.

OBSERVACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Observaciones sinópticas:	Son observaciones que se efectúan en forma horaria (horas fijas del día) remitiéndolas inmediatamente a un centro recolector de datos, mediante mensajes codificados, por la vía de comunicación más rápida disponible.
Observaciones climatológicas:	Son observaciones que se efectúan para estudiar el clima, es decir, el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizados por los estados y las evaluaciones del tiempo en una porción determinada del espacio.
Observaciones aeronáuticas:	Se trata de observaciones especiales que se efectúan en las estaciones meteorológicas instaladas en los aeródromos, esencialmente para satisfacer las necesidades de la aeronáutica, aunque comúnmente se hacen también observaciones sinópticas.
Observaciones marítimas:	Son observaciones que se realizan sobre buques fijos, móviles, boyas ancladas y a la deriva. Estas dos últimas son del tipo automático. Estas observaciones constituyen una fuente vital de datos y son casi únicas observaciones de superficie fiables procedentes de los océanos, que representan más de los dos tercios de la superficie total del globo.
Observaciones agrícolas:	Son observaciones que se hacen de los elementos físicos y biológicos del medio ambiente, para determinar la relación entre el tiempo y la vida de plantas y animales. Con estas observaciones, se trata de investigar la acción mutua que se ejerce entre los factores meteorológicos e hidrológicos, por una parte, y la agricultura en su más amplio sentido, por otra.
	Son observaciones relativas a la frecuencia, intensidad y cantidad de precipitación, ya sea en forma de

Observaciones de la precipitación:	Lluvia, llovizna, aguanieve, nieve o granizo y constituyen elementos esenciales de diferentes tipos de observaciones.
Observaciones de altitud:	Son observaciones de la presión atmosférica, temperatura, humedad y viento que se efectúan a varios niveles de la atmósfera, llegándose generalmente hasta altitudes de 16 a 20 km. y, muchas veces, a más de 30 km. Estas mediciones se hacen lanzando radiosondas, que son elevadas al espacio por medio de globos inflados con gas más liviano que el aire.
Otras observaciones:	Entre las mismas, figuran las observaciones efectuadas a partir de las aeronaves en vuelo y diversos tipos de observaciones especiales, tales como las que se refieren a la radiación, al ozono, a la contaminación, hidrológicas, evaporimétricas, temperatura y humedad del aire a diversos niveles hasta 10 m. de altura y del suelo y subsuelo.

Fuente: propia

3.1.2.1. HORAS QUE SE REALIZAN LAS OBSERVACIONES

La hora observacional depende del tipo, finalidad y uso de cada observación. Es importante que las observaciones sean sincrónicas y continuadas durante varios años, para que puedan utilizarse en cualquier estudio o investigación. Para determinado tipo de observaciones, en especial las sinópticas, la OMM ha establecido horas fijas, en tiempo universal coordinado (UTC).

Las horas principales, para efectuar observaciones sinópticas de superficie son: 00:00 - 06:00 - 12:00 - 18:00 UTC a las horas sinópticas intermedias son: 03:00 - 09:00 - 15:00 - 21:00 UTC.

Las horas fijas para la observación sinóptica en altitud son: 00:00 - 12:00 UTC.

Las observaciones aeronáuticas se realizan en forma horaria, las de despegue y aterrizaje en el momento mismo en que el piloto efectúa dichas operaciones, y en vuelo en cualquier momento.

3.2. ESTACIONES METEOROLÓGICAS CERCANAS A LA ZONA DEL PROYECTO

El INAMHI, es el servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador creado por Ley, como una necesidad y un derecho fundamental de la comunidad, con capacidad y la obligación de suministrar información vital sobre el tiempo, el clima y los recursos hídricos del pasado, presente y futuro, que necesita conocer el país para la protección de la vida humana y los bienes materiales.

El INAMHI es una Institución con representación nacional e internacional, miembro de la Organización Meteorológica Mundial, OMM, organización intergubernamental especializada de las Naciones Unidas para la Meteorología (el tiempo y el clima), la Hidrología Operativa y las ciencias conexas.

Nuestro país está conformado por la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas, las cuales se encuentran distribuidas estratégicamente a lo largo del territorio Ecuatoriano, de esta Red Nacional de Estaciones Meteorológicas vimos la necesidad de elegir las más cercanas y las más actualizadas, ya que algunas, especialmente de nuestro sector del proyecto se encuentran descontinuadas y otras que son más completas, se encuentran muy lejanas a nuestro proyecto.

Tabla 3.3: Estaciones Meteorológicas cercanas a la Zona del Proyecto de Riego.

COD.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO	LATITUD			LAT. 0	LONGITUD			LONG. 0	ALT (m)
			GG	MM	SS		GG	MM	SS		
M064	LATACUNGA AEROPUERTO	AR	0	54	48	S	78	36	56	W	2785
M087	MULALO	CP	0	46	35	S	78	34	20	W	3040
M120	COTOPAXI (CLIRSEN)	CP	0	37	9	S	78	34	19	W	3560

Fuente: Estaciones meteorológicas obtenidas del INAMHI



Fig. 3.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona del proyecto.

La estación de la cual tomaremos los datos es **LATACUNGA AEROPUERTO**, por encontrarse más cercana a la zona de nuestro proyecto y ser una estación para el control climático del aeropuerto de la Provincia de Cotopaxi, la misma que tiene datos actualizados hasta el 2008, y se presenta en continuo funcionamiento.

3.3. CLIMATOLOGÍA DE LA CUENCA

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.

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.

Como vimos anteriormente en el tema fuentes de abastecimiento **Capítulo II**, la provincia se encuentra regada por una serie de afluentes hídricos que convergen en la formación de las cuencas del Cutuchi, Toachi y la del San Pablo, Angamarca y Quindigua Sin embargo, las aguas que realmente se encuentran disponibles y que son aprovechadas por el 75% de la población de la provincia son las aguas de la cuenca del río Cutuchi.

3.3.1. TEMPERATURA

La temperatura es determinante en los resultados agrícolas. La fotosíntesis se ve perjudicada o beneficiada según los rangos de temperatura que se

suministren al área controlada y su aproximación o diferencia con las temperaturas óptimas para el desarrollo adecuado de las plantas protegidas.

El control de las temperaturas, aprovechando la velocidad y dirección del viento, contribuye a aumentar la productividad, a mejorar la calidad de los frutos y a reducir los riesgos y costos derivados de la utilización de agroquímicos.

3.3.1.1. TEMPERATURA DE LAS PLANTAS

Las plantas no son capaces de mantener su temperatura constante por lo que los cambios de temperatura ambiental influyen sobre su crecimiento y desarrollo, son poiquilotermas, pero esto no significa que su temperatura sea igual que la del ambiente, pueden haber diferencias. Lo que sí es cierto es que las variaciones de temperatura ambiental originan variaciones en la temperatura de la planta.

Las variaciones de la temperatura ambiental son periódicas, diarias (día/noche) y estacionales, también se dan variaciones fluctuantes +/- previsible como la variación de temperatura por nubosidad, variaciones dependientes de la posición de la hoja en la planta, las hojas tapadas por otras hojas tendrán menos temperatura, también depende de la velocidad del viento, altura de la hoja así como la forma de hoja. Además, la temperatura de la raíz no tiene porque ser igual a la temperatura de la parte aérea ya que las variaciones de

temperatura llegan a la raíz con retardo respecto a las de la parte aérea. El régimen térmico dentro del vegetal es complejo ya que se dan variaciones de temperatura en las diferentes plantas.

3.3.1.2. PROBLEMAS FRECUENTES CON LAS HELADAS

La Helada es un fenómeno atmosférico que se presenta cuando la temperatura del aire, existente en las cercanías del suelo, desciende por debajo de cero grados.

Ningún libro lo dice, pero los agricultores de Cotopaxi tienen años de enfrentar las heladas, por ello sus conocimientos obtenidos a través de la experiencia son su principal defensa a la hora de actuar frente a este fenómeno natural.

Diego Caiza², un agricultor de la zona de la parroquia Once de Noviembre (Latacunga), señala que los campesinos tienen maneras de distinguir dos tipos de heladas: las de agua, que son acompañadas por una bruma blanca; en estas la temperatura no desciende demasiado por lo que no causa mucho daño a la planta.

La otra es más dañina y se denomina "helada negra", por la presencia de una bruma negra provocada por la quemazón de los cultivos. "Esta clase de heladas forma una escarcha en las hojas por el descenso brusco de

² Artículo del periódico EL UNIVERSO, "Las heladas, problema frecuente en Cotopaxi"

temperatura en la madrugada, que con la presencia del sol canicular al día siguiente genera el efecto lupa (por el reflejo de los rayos solares en el agua) y por ende la destrucción celular de las plantas", explica Caiza.

Para evitar pérdidas el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Cotopaxi recomienda optar por cultivos resistentes a la helada como la col, zanahoria y pastos, aunque la costumbre arraigada de los agricultores hace que se arriesguen a sembrar maíz, fréjol, papas y chochos, cultivos muy susceptibles a las bajas temperaturas o heladas.

Para este tipo de cultivos los campesinos miran como opción sembrar en laderas y no en los valles, ya que la helada baja por las laderas y se acumula en los valles o pampas. Otra manera como los campesinos ayudan a evitar el daño por las heladas es la quema de llantas, basuras vegetales secas y antorchas o mecheros, pero su campo de acción es limitado a máximo 20 metros a la redonda, por lo que no se puede salvar grandes extensiones.

3.3.1.3. TEMPERATURA DE LA ZONA DEL PROYECTO

En la Región Interandina la temperatura está vinculada estrechamente con la altura. Entre los 1500 y 3000 metros los valores medios varían entre los 10°C y 16°C. En este estudio mediante datos meteorológicos obtenidos en el INAMHI, se va a determinar la temperatura media de la zona en estudio la cual es:

La temperatura media anual registrada en la Estación LATACUNGA-AEROPUERTO para el período 1995-2008 es de 14.4 °C. Los valores de temperatura media mensual permanecen casi constantes la mayor parte del año. El mes más caliente es noviembre con 14.9 °C y el más frío agosto con 13.17 °C. Los meses más calurosos corresponden a diciembre, enero, febrero y marzo donde se registran las temperaturas más elevadas con 14.9 °C c/u. Las temperaturas más bajas se registran en los meses de julio y agosto con 13.2°C y 13.17°C respectivamente.

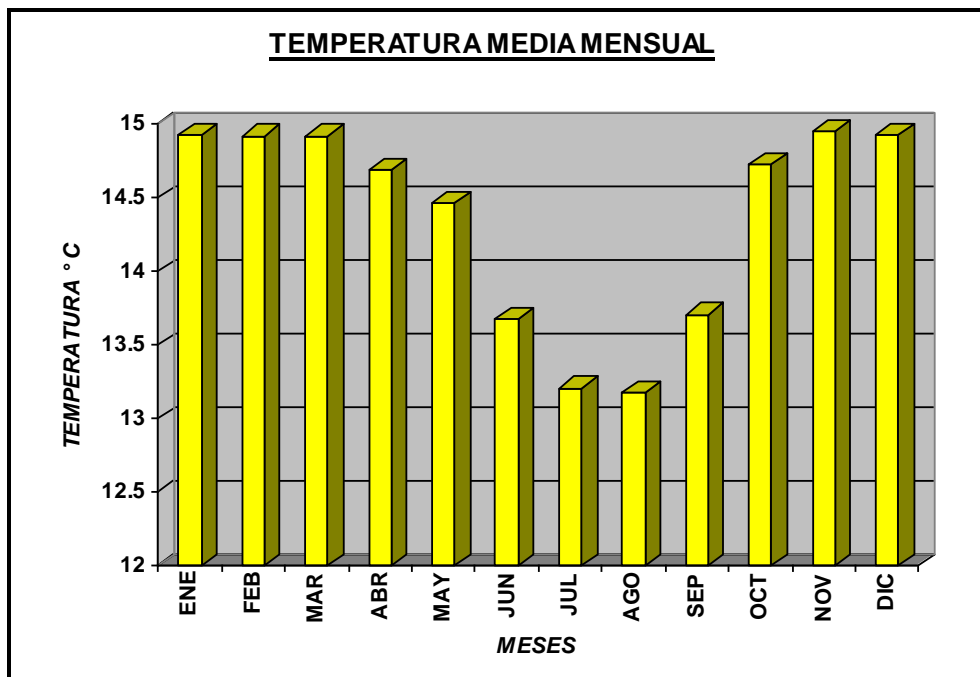


Fig. 3.2 Temperatura media mensual en la zona de proyecto (período 1995-2008)

3.3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se denomina evapotranspiración a la evaporación en superficies cubiertas de vegetales junto con la transpiración de estos vegetales.

La transpiración de las plantas es el proceso de eliminación de vapor de agua a través de las estomas (poros minúsculos), que se encuentran principalmente en la epidermis de las hojas. La radiación solar (luz visible u otras formas de energía radiante provenientes del sol), actúa sobre la apertura y cierre de las estomas. Cuando la luz desaparece las estomas se cierran y la transpiración, supuestamente, se detiene. Con relación a la humedad relativa (presión de vapor de la atmósfera), mientras más alta sea menor es la transpiración. La temperatura está directamente relacionada con la presión de vapor, tanto al interior de los órganos de la hoja, como de la atmósfera circundante; a mayor temperatura menor es la presión de vapor y, por lo tanto, mayor es la transpiración. El viento aumenta la gradiente de presión de vapor a través de las estomas y, en consecuencia, aumenta la transpiración.

Todo lo anterior implica la pérdida de agua desde la planta, pero, para que realmente esta pérdida se produzca, la planta tiene que haber absorbido agua desde el suelo a través de las raíces. Ambos procesos, absorción y transpiración, son esenciales para la sobre vivencia de las plantas.

El proceso de evaporación de la humedad desde el suelo adyacente a las plantas (sin ser utilizada por ellas), incluida la del agua depositada por el rocío y la lluvia, ocurre conjuntamente con la transpiración.

La suma de estos dos procesos es lo que se define como evapotranspiración, la cual se mide en mm. por día o mm. por mes.

3.3.3. HELIOFANÍA

Se entiende por heliofanía (insolación), el número de horas en que el sol se hace presente en un lugar determinado. En toda la llanura litoral hasta una altura de 500 m en la ladera de la cordillera Occidental, el promedio anual de horas de brillo solar fluctúa entre las 600 y 1700 horas, siendo las más favorables de este número las zonas más secas. En la región interandina, la insolación fluctúa entre las 1200 y 2000 horas anuales con ciertas excepciones de lugares muy lluviosos.

3.3.4. VIENTOS

Así de simple, el viento es aire en movimiento. El viento ocurre como resultado de las variaciones horizontales de presión. Las diferencias en la temperatura del aire que se producen por desigual calentamiento ocasionan diferencias en la densidad del aire y presión. Puesto de otra forma, cuando se produce una diferencia de presión entre dos zonas, se da los movimientos de masas de aire y por consiguiente, el viento. A mayor diferencia en la presión atmosférica entre dos lugares a la misma altitud, mayor será el viento. El aire sopla desde zonas de alta presión hacia zonas de baja presión. Una región del aire que es más caliente y menos densa que su alrededor asciende. El instrumento que mide la velocidad del viento se conoce como anemómetro. El viento tiene implicaciones importantes sobre la evapotranspiración de un cultivo.

3.3.5. NUBOSIDAD

En la práctica la nubosidad se aprecia sin ningún aparato, simplemente se agrupan todas las nubes que se observan en un determinado momento y se divide imaginariamente el cielo en dos partes: la cubierta y la libre de nubes. Para la apreciación de la nubosidad hay que tener en cuenta que las nubes más alejadas del observador se ven juntas (a pesar de que pueden estar muy separadas), especialmente si las nubes son gruesas. Al observar la cantidad total de nubes hay que tener en cuenta que no se deben excluir ninguna de ellas, se han de contar también los velos transparentes que forman el cirrus.

Altura de las nubes: la altura a la que se encuentra la base de una nube es un parámetro muy importante ya que afecta a su temperatura y en parte a su composición física. La determinación de la altura debe realizarse mediante aparatos meteorológicos, como globo, los métodos goniométricos o el método del proyector.

Movimiento de las nubes: resulta muy interesante determinar la dirección de desplazamiento de las nubes ya que es un buen indicador de la dirección del viento en el nivel en el que se encuentran. En las nubes bajas la medida es relativamente sencilla ya que sus movimientos son más rápidos debido a su proximidad al observador. En general, para determinar el movimiento de las nubes, hay que fijarse en una en particular y observar su movimiento en relación a un sistema fijo, como puede ser una montaña, un árbol o un edificio.

Entonces, y sin moverse, deben tomarse dos medidas de posición y, a partir de las mismas, determinar la dirección, el sentido y la velocidad de movimiento de la nube. Para las nubes altas, que se mueven a una velocidad aparente más reducida, deben esperarse cinco o más minutos entre las dos medidas.

3.4. PRECIPITACIONES

Se entiende por precipitación todo aquello que cae del cielo a la superficie de la tierra, ya sea en forma de lluvia, granizo, agua nieve, nieve, etc. Este fenómeno se da por la condensación del vapor de agua con tal rapidez en la atmósfera, alcanzando tal peso que no puede seguir flotando como las nubes, la niebla o la neblina y se precipita de las diversas formas ya mencionadas.

El proceso de la precipitación no es tan sencillo como parece, pues se necesitan una serie de condiciones previas en la atmósfera, tales como la existencia de vapor de agua en grandes proporciones; este vapor debe ascender y condensarse en la altura formando nubes, y que las condiciones dentro de las nubes permita que las pequeñísimas partículas de agua y hielo aumenten de tamaño y peso, suficiente para caer desde la nube y llegar al suelo. El único de los procesos que conduce a una condensación, es la ascendencia, la cual puede generar la lluvia o cualquier otra precipitación.

3.4.1. PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DEL PROYECTO

La precipitación media anual para la Estación LATACUNGA-AEROPUERTO está en el orden de 455.8 mm. con un promedio mensual de 41.9 mm. (1995-2008), con dos períodos de mayor precipitación en los meses de marzo a abril y de noviembre a diciembre, alcanzando su precipitación media mensual máxima en el mes de abril con un promedio de 77.8 mm. Los meses menos lluviosos corresponden a julio y agosto donde se registran valores de 11.8 mm y 9.5 mm. respectivamente.

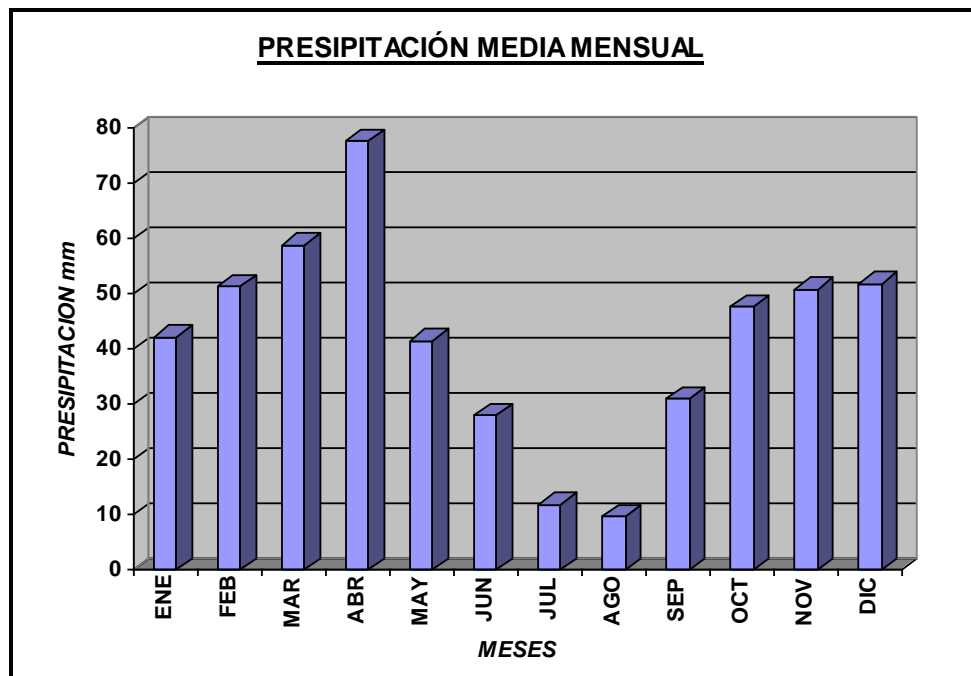


Fig. 3.3 Precipitación media mensual en la zona de proyecto (periodo 1995-2008)

3.4.2. ISOYETAS

Este es uno de los métodos más precisos, pero es subjetivo y dependiente del criterio de algún hidrólogo que tenga buen conocimiento de las características de la lluvia en la región estudiada. Permite incorporar los mecanismos físicos

que explican la variabilidad de la lluvia dentro de la cuenca. El método consiste en trazar líneas de igual precipitación llamadas isoyetas a partir de los datos puntuales reportados por las estaciones meteorológicas.

3.4.3. INFORMACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Los **cuadros** que a continuación se presentan fueron obtenidos del INAMHI, de las estaciones más cercanas a la zona del proyecto, los datos meteorológicos presentados muestran la precipitación (mm.) y la temperatura (GC).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA

PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: LATACUNGA AEROPUERTO

CÓDIGO: M064

PERIODO: 1995-2008

LATITUD: 0° 54' 48" S **LONGITUD:** 78° 36' 56" W

ELEVACIÓN: 2785 m

VALORES MENSUALES

VALORES ANUALES

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1995		48.2	35.2	56.7	35.5	8.0	32.2	10.0	5.9	109.4	51.5	47.6	440.2	40.0
1996			66.9	65.9		59.0	5.4	5.4	38.6		16.7	16.7	274.6	34.3
1997	88.9	53.6	25.7	68.8	7.1	23.7	1.3	2.9	22.2	36.2	57.4		387.8	35.3
1998	20.6	82.7	43.0	94.9	44.0	14.4	15.8	10.2	22.5	30.0	64.9	23.9	466.9	38.9
1999	63.9	113.2	59.1	79.2	66.2	59.1	3.1	23.9	115.3	56.7	22.9	100.7	763.3	63.6
2000	56.7	87.2	101.6	135.7	123.9	43.4	15.4	19.8	110.6	12.0	12.8	28.8	747.9	62.3
2001	54.5	34.8	57.9	48.9	27.9	14.7	18.3	2.3	27.9	14.3	50.5	68.9	420.9	35.1
2002	27.6	32.6	56.9	113.9	48.7	22.3	4.7	9.4	1.5	73.7	69.2	77.9	538.4	44.9
2003	34.7	26.5	27.9	86.1	10.2	18.1	5.0	0.6	23.6	56.1	77.5	38.9	405.2	33.8
2004	15.7	20.5	15.6	93.0	67.6	4.0	20.2	2.5	15.4	35.6	25.4	42.7	358.2	29.9
2005	10.7	30.9	89.1	46.7	19.1	15.4	14.4	0.8	2.5	30.4	26.4	76.6	363.0	30.3
2006	54.3	50.0	72.3	51.5	12.9	56.2	5.7	14.1	11.6	36.2	95.4	72.6	364.8	36.5
2007	32.7	24.3	74.7	66.8	35.1	26.0	11.4	22.2	6.0	81.9	134.4	47.1	562.6	46.9
2008	46.0	63.2	98.3	80.4									287.9	72.0

SUMA	506.3	667.7	824.2	1088.5	498.2	364.3	152.9	124.1	403.6	572.5	609.6	569.8	6381.7	531.8
MEDIA	42.2	51.4	58.9	77.8	41.5	28.0	11.8	9.5	31.0	47.7	50.8	51.8	455.8	43.1
MÍNIMA	10.7	20.5	15.6	46.7	7.1	4.0	1.3	0.6	1.5	12.0	12.8	16.7		0.6
MÁXIMA	88.9	113.2	101.6	135.7	123.9	59.1	32.2	23.9	115.3	109.4	134.4	100.7		135.7

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E
HIDROLOGÍA
DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA**

**TEMPERATURA MEDIA
MENSUAL (GC)**

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: LATACUNGA
PERIODO: AEROPUERTO
: 1995-2008

CÓDIGO: M064
LATITUD: 0° 54' 48" S
LONGITUD: 78° 36' 56" W
ELEVACIÓN: 2785 m

VALORES MENSUALES

VALORES ANUALES

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1995		15.7	15.3	14.9	14.6	14.5	13.5	13.7			15.4	14.7	132.3	14.7
1996			14.6	14.5		13.2	12.6	12.8	13.6		14.8	14.7	110.8	13.9
1997	14.7	14.6	15.7	14.6	14.7	14.6	12.9	12.7	14.2	15.2	14.9		158.8	14.4
1998	15.9	15.8	16.0	15.7	15.0	13.7	13.1	13.9	13.7	14.6	15.7	15.0	178.1	14.8
1999	15.0	14.2	14.7	14.2	13.8	13.4	12.9	12.7	13.2	13.5	15.2	15.0	167.8	14.0
2000	14.5	13.7	14.2	14.1	13.8	13.7	13.5	13.0	13.6	14.4	15.2	14.7	168.4	14.0
2001	14.2	14.9	14.4	14.7	14.0	13.4	12.3	12.9	13.3	15.6	15.0	15.8	170.5	14.2
2002	15.2	15.3	15.2	15.1	14.6	12.9	14.2	13.0	14.0	14.2	14.0	15.4	173.1	14.4
2003	15.1	15.6	15.0	15.0	14.9	13.8	13.4	14.1	14.3	15.5	15.2	15.1	177.0	14.8
2004	15.0	14.7	15.5	14.5	14.5	13.8	13.4	12.8	13.5	15.3	15.2	15.1	173.3	14.4
2005	14.7	15.8	14.9	15.1	14.2	14.0	13.2	13.2	13.7	14.7	14.2	14.4	172.1	14.3
2006	14.7	15.2	14.3	14.2	14.8	13.4	13.5	13.3	13.4	14.8	14.9	14.8	171.3	14.3
2007	15.2	14.2	14.8	14.7	14.7	13.4	13.2	13.2	14.0	14.2	14.7	14.4	170.7	14.2
2008	14.9	14.3	14.3	14.3									57.8	14.5

SUMA	179.10	194.0 0	208.9 0	205.60	173.6 0	177.8 0	171.7 0	171.3 0	164.5 0	162.0 0	194.4 0	179.1 0	2182.0	181.8
------	--------	------------	------------	--------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------	-------

MEDIA	14.93	14.92	14.92	14.69	14.47	13.68	13.21	13.18	13.71	14.73	14.95	14.93	155.9	14.4
MÍNIMA	14.20	13.70	14.20	14.10	13.80	12.90	12.30	12.70	13.20	13.50	14.00	14.40		12.3
MÁXIMA	15.90	15.80	16.00	15.70	15.00	14.60	14.20	14.10	14.30	15.60	15.70	15.80		16.0

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA

PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: COTOPAXI-CLIRSEN
PERIODO: 1990-2006
CÓDIGO: M120
LATITUD: 0° 37' 09" S
LONGITUD: 78° 34' 19" W
ELEVACIÓN: 3560 m

VALORES MENSUALES

VALORES ANUALES

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1990	72.9	85.3	96.7	213.5	138.8	64.7	60.8	22.4	27.2	217.0	21.1	39.2	1059.6	88.3
1991	42.1	140.7	91.0	125.4	52.6	83.8	13.1	2.0	29.9		121.0	113.5		
1992	38.9	82.1	108.9	56.3	51.4	13.7	0.0	3.1	55.7	87.2	60.0	87.5	644.8	53.7
1993	165.2	191.2	206.8	295.5	101.7	56.3	14.4	20.0	71.8					
1999					160.9	96.2	25.9	25.7	124.1	75.9	50.5	143.9		
2000	87.4	154.4	217.0	220.2	214.5	110.9	19.5	30.8	151.2	52.0	97.8	80.3	1436.0	119.7
2001	154.4	75.4	187.5	118.3	126.5	49.2	57.0	6.2	72.3	10.2	73.1	158.8	1088.9	90.7
2002	79.2	77.2	154.5	196.6	108.7	33.9	25.5	19.0	23.6	169.6	155.6	195.7	1239.1	103.3
2003	67.4	115.4	86.6	166.5	99.6	94.9	0.0	0.0	39.5	55.3	128.9	128.2	982.3	81.9

2004		51.9	55.4	110.8	131.4	17.8			26.1	70.8	98.2	92.9		
2006	133.6	108.8	200.4	64.4	38.7	103.4	24.8	16.2	70.1	51.9	164.4	158.9	1135.6	94.6
SUMA	841.1	1082.4	1404.8	1567.5	1224.8	724.8	241.0	145.4	691.5	789.9	970.6	1198.9	10882.7	906.9
MEDIA	93.5	108.2	140.5	156.8	111.3	65.9	24.1	14.5	62.9	87.8	97.1	119.9	1083.8	90.3
MÍNIMA	38.9	51.9	55.4	56.3	38.7	13.7	0.0	0.0	23.6	10.2	21.1	39.2		
MÁXIMA	165.2	191.2	217.0	295.5	214.5	110.9	60.8	30.8	151.2	217.0	164.4	195.7		295.5

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA**

**TEMPERATURA MEDIA
MENSUAL (GC)**

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: COTOPAXI-CLIRSEN
PERIODO: 1990-2006

CÓDIGO: M120
LATITUD: 0° 37' 09" S **LONGITUD:** 78° 34' 19" W **ELEVACIÓN:** 3560 m

VALORES MENSUALES

VALORES ANUALES

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1990	8.9	8.7	8.7	8.5	8.6	8.8	8.8	8.9	8.8	8.6	8.9	9.3	105.5	8.8
1991	9.1	9.0	9.0	8.6	8.5	8.4	8.6	8.4	8.6		8.1	8.5		
1992	8.6	8.6	8.6	8.0	8.3	8.2	8.4	8.9	8.5	8.4	8.5	8.6	101.6	8.5
1993	8.3	8.1	8.0	8.0	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		
2000		6.3		6.9	6.6				7.2		7.3			
2001	6.7	8.0	7.3	7.6		7.4	7.6	7.1	6.9	9.0	8.0	8.9		
2002	8.6	8.6	8.1	8.3	8.7	7.2	8.1	7.6	8.5	8.1	7.2	8.8	97.8	8.2
2003	8.8	9.1	8.5	8.6	8.7	7.7	7.6	7.9	8.1	8.6	8.5	8.6	100.7	8.4
2004										7.9	9.1	8.8		
2006	8.0	8.5	8.3	8.4										

SUMA	67.0	74.9	66.5	72.9	65.1	63.8	65.0	65.0	72.2	58.1	73.8	69.4	813.7	67.8
MEDIA	8.4	8.3	8.3	8.1	8.1	8.0	8.1	8.1	8.0	8.3	8.2	8.7	101.4	8.5
MÍNIMA	6.7	6.3	7.3	6.9	6.6	7.2	7.4	7.1	6.9	7.5	7.2	7.9		6.3
MÁXIMA	9.1	9.1	9.0	8.6	8.7	8.8	8.8	8.9	8.8	9.0	9.1	9.3		9.3

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA

PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: MULALO **CÓDIGO:** M08
 7
PERIODO: 1958-1985 **LATITUD:** 0° 46' 35" S **LONGITUD:** 78° 34' 20" W **ELEVACIÓN:** 3040 m

VALORES MENSUALES

VALORES ANUALES

ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1958			55.0	112.6	60.1	41.4	0.1							
1973			36.6	117.2	79.9	44.6	29.5	27.4	94.4	71.0	37.8	49.4		
1974	43.1	99.3	99.0	105.3	63.1	32.7	59.2	11.3	123.5	74.4	110.5	54.8	876.2	73.0

1975	44.6	118.9	87.4	43.6	47.3	53.9	102.4	51.9	29.1	98.2	97.9	93.8	869.0	72.4
1976	47.8	59.5	69.6	98.0	47.3	20.3	12.8	4.9	32.7	41.9	44.4	44.2	523.4	43.6
1977	38.4	21.0	57.9	58.3	26.1	40.2	7.1	23.9	78.6	84.5	89.6	73.5	599.1	49.9
1978	29.4	45.2	31.6	83.5	85.3	21.8	25.6	3.4	73.2	13.2	77.6	59.3	549.1	45.8
1979	41.6	52.1	68.8	104.0	64.0	12.6	9.9	42.1	77.3	44.2	29.1	23.8	569.5	47.5
1980	64.4	102.7	36.4	63.3	28.1	16.1	3.7	27.8	28.1	114.8	154.4	48.2	688.0	57.3
1981	38.9	53.1	67.7	96.3	61.7	17.0	25.9	60.7	19.2	90.6	66.6	75.2	672.9	56.1
1982	98.9	87.3	48.1	99.0	114.1	1.8	25.5	8.8	52.5	78.1	91.1	11.3	716.5	59.7
1983	55.9	67.7	114.6	115.5	69.3	13.1	6.8	8.9	22.9	59.2	21.4	90.7	646.0	53.8
1984	38.1	117.9	167.8	94.5	70.0	17.2	31.3	39.7	109.7	61.1	86.6	93.8	927.7	77.3
1985	37.1	6.8	15.2	59.4	90.5	16.7	7.8	21.0	36.1	47.7	60.3	86.0	484.6	40.4

SUMA	578.2	831.5	955.7	1250.5	906.8	349.4	347.6	331.8	777.3	878.9	967.3	804.0	8979.0	748.3
MEDIA	48.2	69.3	68.3	89.3	64.8	25.0	24.8	25.5	59.8	67.6	74.4	61.8	676.8	56.4
MÍNIMA	29.4	6.8	15.2	43.6	26.1	1.8	0.1	3.4	19.2	13.2	21.4	11.3		0.1
MÁXIMA	98.9	118.9	167.8	117.2	114.1	53.9	102.4	60.7	123.5	114.8	154.4	93.8		167.8

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA**

**TEMPERATURA MEDIA
MENSUAL (GC)**

SERIES DE DATOS METEOROLOGICOS

NOMBRE: MULALO
PERIODO: 1958-1985

CÓDIGO: M087
LATITUD: 0° 46' 35" S **LONGITUD:** 78° 34' 20" W **ELEVACIÓN:** 3040 m

VALORES MENSUALES													VALORES ANUALES	
ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1973			13.8	13.1	12.2	12.4	12	11.6	11.5	12	13.2	12		
1974	12.5	11.1	11.6	12	11.2	11.2	10.5	11.6	10.6	11.2	11.9	11.9	137.3	11.4
1975	11.9	11.5	11.5	12.1	11.6	10.9	9.8	10.7	11	10.6	10.9	11.5	134.0	11.2
1976	11.2	11.6	12.1	12.1	11.5	11.3	10.4	11	11.8	11.9	11.9	12.2	139.0	11.6
1977	12.6	12	12.6	12.5	12.2	11.2	11.7	11.2	11.7	12.5	12.6	12.7	145.5	12.1
1978	12.4	12.8	12.7	12.3	12.2	11.2	11.1	11	11.6	12.4	13	12.5	145.2	12.1
1979	12.2	12.3	12.3	12.1	12	11.8	11.5	11.8	11.7	12.8	12.9	12.6	146.0	12.2
1980	13.3	12.4	12.9	12.2	12.6	11.9	11.8	11.5	12.1	12	11.8	12.2	146.7	12.2
1981	12.2	12.1	12.6	12.8	12.4	12.1	10.8	11.2	11.7	12.4	13.1	12.7	146.1	12.2
1982	12.1	12.4	12.8	12.5	12	12.4	11.2	11.9	12.2	11.8	12.5	12.5	146.3	12.2
1983	13.6	13.2	13.3	12.7	12.8	12	12.1	12.1	12	12.3	13	11.7	150.8	12.6
1984	11.6	11.2	12	11.9	11.5	11.8	10.7	11.9	10.9	12.1	11.5	12.4	139.5	11.6
1985	12.2	11.8	13.1	12.4	11.5	11.3	10.2	10.9	11.7	11.8	11.7	12.3	140.9	11.7

SUMA	147.8	144.4	163.3	160.7	155.7	151.5	143.8	148.4	150.5	155.8	160.0	159.2	1841.1	153.4
MEDIA	12.3	12.0	12.6	12.4	12.0	11.7	11.1	11.4	11.6	12.0	12.3	12.2	143.1	11.9
MÍNIMA	11.2	11.1	11.5	11.9	11.2	10.9	9.8	10.7	10.6	10.6	10.9	11.5		9.8
MÁXIMA	13.6	13.2	13.8	13.1	12.8	12.4	12.1	12.1	12.2	12.8	13.2	12.7		13.8

Fuente: Datos meteorológicos obtenidos de INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica)

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO GEOFÍSICO Y POZO EXPLORATORIO

4.1. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO GEOFÍSICO.

El estudio geofísico que se realizó en la zona de estudio fue realizado por el INAMHI, (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), ya que este es un organismo especializado en este tipo de estudios, y que a lo largo del tiempo ha ido ganando experiencia en estos ámbitos hidrológicos, además que esta es una entidad del estado que está al servicio de la comunidad, el profesional que realizó el estudio, y presento el informe final es el Sr. Ing. Becerra Carlos, técnico del INAMHI que trabaja en el departamento de Aguas Subterráneas del mismo.

El papel que pueden desempeñar los estudios previos, en este caso de contenido geológico – hidrogeológicos, es la de determinar, en líneas generales, la existencias del recurso agua y de los condicionantes de la extracción, profundidad y caudales esperados, para tomar una decisión al respecto de implementar y costear los gastos de perforación. Este factor es

importante porque se pueden establecer si los caudales necesarios para llevar a cabo la explotación proyectada se pueden explotar a un precio asequible.

Este análisis que puede ser basado en prácticas de geofísica (SEV y otros) o en criterios de campo o a partir de la Hoja Magna o de cualquier documento publicado de carácter geológico e hidrogeológico, o de combinación de ambas, así como de la experiencia en la zona del técnico asesor puede llegar a ahorrar al promotor mucho dinero: empezando por ahorrarse la ejecución del sondeo si el mismo está en zona protegida, en acuífero sobre – explotado, o por falta de recursos en la zona (caudales esperados ínfimos), etc., e incluso algún que otro problema legal (sanciones, denuncias, etc.).

Como conclusión, debemos destacar el papel del Sr. Ing. Becerra Carlos, ya que esto nos puede evitar problemas técnicos a futuro y el nos indicara si en el sector se tiene la posibilidad de contar con el agua subterránea necesaria para el proyecto que se desea diseñar.

4.1.1. GEOFÍSICA

La geofísica estudia la tierra en su composición y dinámica, sobre la base de medidas de tipo físico que normalmente se realizan desde la superficie del planeta. Cuando este estudio tiene que ver con áreas relativamente pequeñas y profundidades que no sobrepasen máximo unos pocos kilómetros, para

obtener un fin económico inmediato, se habla de geofísica aplicada, y el conjunto de métodos para obtener ese fin constituyen la prospección geofísica.

Se pueden inferir informaciones sobre la composición del subsuelo mediante algún parámetro físico medido en superficie, que puede ser la velocidad de una onda mecánica, o variaciones de un campo gravitacional producidas por diferencias de densidad, o la intensidad de una corriente asociada a la mayor o menor facilidad de propagación de las cargas eléctricas.

Los métodos ofrecen una forma de obtener información detallada acerca de las condiciones del suelo y rocas del subsuelo. Esta capacidad de caracterizar rápidamente las condiciones del subsuelo sin perturbar el sitio ofrece el beneficio de costos más bajos y menos riesgo, dando mejor entendimiento general de las condiciones complejas del sitio. Es necesario a menudo utilizar más de un método para lograr obtener la información deseada.

Para poder aplicar un método geofísico en una prospección, es necesario que se presente dos condiciones importantes:

- ✓ que existan contrastes significativos, anomalías que se pueden detectar y medir.
- ✓ que estos contrastes se puedan correlacionar con la geología del subsuelo.

4.2. MÉTODOS DE PROSPECCIÓN DESDE LA SUPERFICIE

En resumen podemos establecer una síntesis de los métodos más utilizados en hidrogeología:

Tabla 4.1: Métodos de prospección

MÉTODOS	PRINCIPIOS	PARÁMETROS OBTENIDOS
Geoeléctrico	Conductividad o resistividad eléctrica	Geometría del acuífero (profundidad de formaciones impermeables y estructura del subsuelo), extensión lateral, propiedades de las formaciones (arena-arcilla), salinidad del agua, plumas de contaminación
Sísmica de refracción	Velocidad de propagación de un esfuerzo mecánico	depósitos secos-saturados, espesores de diferentes estratos y detección de zonas de fracturamiento
Sísmica de reflexión	Velocidad de propagación de un esfuerzo mecánico	Zonas de fallas, cartografías de estructuras de recubrimiento
Gravimetría	Densidad	relleno-basamento
Magnetometría	Susceptibilidad magnética	Geometría del acuífero (profundidad de formaciones impermeables y estructura del subsuelo), extensión lateral
Electromagnetismo	Conductividad o resistividad eléctrica y magnetismo	Localización de las áreas más conductivas, detección de fracturas que no afloran en superficie

Fuente: propia

El método utilizado en el estudio de prospección en Aláquez es el Geoeléctrico o de resistividad eléctrica, por tal motivo voy a presentar una serie de conceptos para poder conocer a cerca de este método, además en el informe

presentado por el Sr. Ing. Becerra Carlos, se encuentra detallado todo el proceso y método utilizado, así como también la interpretación y modelación de los sondajes eléctricos con el programa de datos que se utilizó en el presente estudio.

4.3. MÉTODO ELÉCTRICO O DE LAS RESISTIVIDADES

El reconocimiento mediante Resistividad Eléctrica constituye una Investigación Geofísica Exploratoria, en la cual las mediciones de la resistividad de la tierra se realizan en la superficie del terreno. Este método está siendo empleado en exploraciones de Agua Subterránea casi desde los años 1930. Las mediciones de resistividad se efectúan, utilizando cuatro electrodos colocados en el terreno. Luego se aplica una corriente a éste, mediante dos de los electrodos y se observa la diferencia de potencial, que tiene lugar entre los dos. La resistividad aparente se calcula a través de coeficientes propios de cada arreglo de electrodos, interviniendo además las lecturas de diferencia de potencial e intensidad de la corriente.

Algunas de las técnicas utilizadas en los estudios incluyen la exploración geológica de superficie correlacionada con la geología estructural a escala regional, y la exploración geofísica. La exploración geofísica utiliza para definir las dimensiones y las estructuras del campo hidrogeológicamente activas, profundidad a la que se encuentra la posible zona productiva y principales estructuras geológicas relacionadas con la permeabilidad. Esto se logra

mediante la aplicación de métodos geoelectricos como el perfilaje eléctrico (PE) y Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), con el arreglo de electrodos tipo Schlumberger.

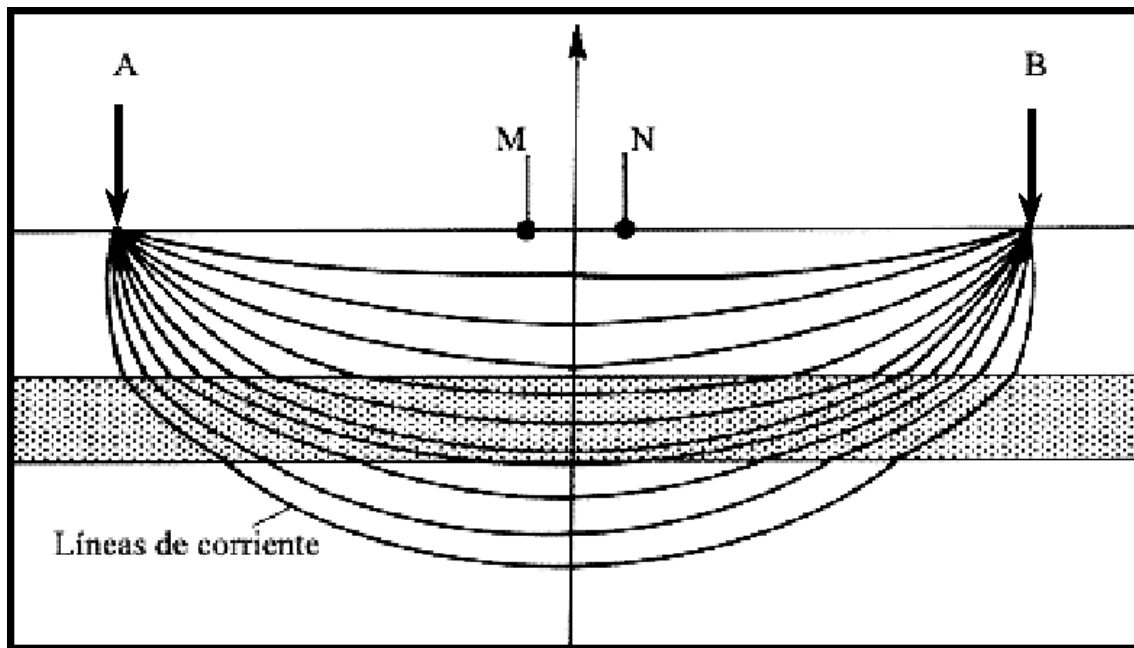


Fig. 4.1 Arreglo de electrodos tipo Schlumberger

4.3.1. MÉTODO DE PERFILES ELÉCTRICOS, (PE)

Este método se basa en hacer circular una corriente eléctrica en el terreno que se va a estudiar. Esta corriente se inyecta por medio de dos electrodos (A y B) y el potencial causado por ella se mide usando otros dos electrodos (M y N), a una cierta distancia de los primeros.

4.4. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES, (S.E.V.)

El más importante de los métodos que utilizan corriente continua producida por generadores artificiales es el Sondaje Eléctrico Vertical (S.E.V.). Encuentra su aplicación principal en regiones cuya estructura geológica puede considerarse formada por estratos horizontales. La finalidad del S.E.V. es la determinación de las profundidades de las capas del subsuelo y las resistividades o conductividades eléctricas de las mismas, mediante mediciones efectuadas en la superficie.

4.5. INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

El presente informe que se presenta a continuación fue realizado por el INAMHI, (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), bajo supervisión del Sr. Ing. Becerra Carlos.

4.5.1. INFORME DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA EN ALÁQUEZ

El informe realizado por el INAMHI se encuentra ubicado en el **ANEXO "A"**:
INFORME DE LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DE ALÁQUEZ

CAPÍTULO V

5. RIEGO POR ASPERSIÓN

5.1. DEFINICIÓN

El riego por aspersión es un sistema que consiste en distribuir el agua bajo la forma de lluvia sobre el suelo



Fig. 5.1 Riego por aspersión

Con este método se utilizan unos dispositivos de emisión de agua, denominados aspersores, que generan un chorro de agua pulverizada en gotas. El agua sale por los aspersores dotada de presión y llega hasta ellos a través de una red de tuberías cuya complejidad y longitud depende de la

dimensión y la configuración de la parcela a regar. Por lo tanto una de las características fundamentales de este sistema es que es preciso dotar al agua de presión a la entrada en la parcela de riego por medio de un sistema de bombeo. La disposición de los aspersores se realiza de forma que se moje toda la superficie del suelo, de la forma más homogénea posible.



Fig. 5.2 Distribución homogénea de aspersores

5.2. DISPOSITIVOS

Una instalación de riego por aspersión, consta esencialmente, de los siguientes elementos:

- ✓ Un equipo de elevación encargado de proporcionar el agua a presión. Este equipo puede variar desde un simple grupo motobomba para pequeñas explotaciones, hasta una complicada instalación de gran potencia para grandes extensiones.

- ✓ Una red de tuberías principales, que llevan el agua hasta los hidrantes, que son las tomas de agua en la parcela. Estas tomas presentan una gran variedad de dispositivos, que abarcan desde una simple llave de paso, hasta las más complejas bornas de riego, que además de tener llave de paso comprende de otros dispositivos como, limitador de caudal, regulador de presión, contador, etc.
- ✓ Una red de tuberías de distribución para conducir el agua por la parcela que se pretende regar.
- ✓ Dispositivos de aspersión, que son los elementos encargados de distribuir el agua en forma de lluvia.
- ✓ Depósito del agua el cual cumple varias funciones, la de almacenar agua necesaria para suministrar 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.

Todos o algunos de estos elementos pueden estar fijos en el campo, permanentes o solo durante la campaña de riego. Además también pueden ser completamente móviles y ser transportados desde un lugar a otro de la parcela.

Los sistemas de riego por aspersión se adaptan bastante bien a topografías ligeramente accidentadas, tanto con las tradicionales redes de tuberías como con las maquinas de riego. El consumo de agua es moderado y la eficiencia de uso bastante aceptable. Sin embargo, la aplicación del agua en forma de lluvia está bastante condicionada a las condiciones climáticas que se produzcan, en particular al viento, y a la aridez del clima, ya que si las gotas generadas son

muy pequeñas, en particular el viento, y a la aridez del clima (las gotas podrían desaparecer antes de tocar el suelo por la evaporación).

5.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

5.3.1. VENTAJAS

- ✓ Se necesita menos mano de obra y menos calificada que el riego por gravedad, ya que este último, el regante, además del trabajo efectivo del manejo del agua, tiene que prestar una atención permanente al riego.
- ✓ No es necesaria la preparación previa del terreno, tanto en terrenos llanos como ondulados. Al suprimir la nivelación del terreno se evita la pérdida de fertilidad del suelo y, por otro lado, queda disponible para el cultivo la mayor parte del terreno regable, al suprimir canales, acequias y regueras que se precisan para otro tipo de riego.
- ✓ Se lo puede utilizar en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos muy permeables que exigen riegos frecuentes y poco copiosos.
- ✓ La eficiencia de la aspersión es del orden del 80%, frente al riego de superficie que varía entre 40-70%.
- ✓ Hay una mayor posibilidad de mecanizar los cultivos, ya que se eliminan los obstáculos propios del riego por superficie.
- ✓ Con respecto al riego de superficie se reduce la pérdida de elementos fertilizantes por lixiviación.
- ✓ La aspersión se la puede utilizar de un modo más eficaz en la lucha contra las heladas.

- ✓ Se puede utilizar también para realizar fertilizaciones y tratamientos fitosanitarios.

5.3.2. INCONVENIENTES

- ✓ Elevado costo en la primera instalación (que es inversamente proporcional a la zona del riego) y de gastos de explotación, debido a la alta energía necesaria para garantizar la presión de agua a la salida de los aspersores. Sin embargo, este costo se compensa con la de otros gastos (nivelación, construcción de acequias, etc.).
- ✓ En algunos cultivos y en algunas fechas la vegetación puede verse perjudicada por un incremento de enfermedades criptogámicas en las plantas mojadas o por que se dificulta la fecundación cuando se riega en época de floración.
- ✓ El viento dificulta el reparto eficiente del agua.
- ✓ No se puede utilizar aguas salinas sobre el follaje de las plantas sensibles a la sal. Debido al riesgo de quemaduras en las hojas.

5.4. RELACIONES DEL SUELO Y DEL AGUA

El crecimiento y desarrollo de las plantas esta necesariamente asociado a que se establezca un adecuado equilibrio entre los requerimientos que estas poseen y las condiciones que su entorno pueda ofrecerles. En tanto el suelo

tiene la capacidad de almacenar agua y la planta utiliza esta para su crecimiento y desarrollo, entendiéndose así que las plantas necesitan de este medio para subsistir.

Desde el punto de vista de su utilización por las plantas cabe diferenciar los siguientes estados del agua del suelo.

5.4.1. SATURACIÓN

Un suelo está saturado cuando todos sus poros están ocupados por agua, esta situación se presenta después de una lluvia copiosa o de un riego abundante o cuando existe un estrato impermeable poca profundidad.

5.4.2. CAPACIDAD DE CAMPO (CC)

Es el contenido de humedad de un suelo expresado en porcentaje, después de un riego pesado, una vez que se ha eliminado el exceso de agua por acción de la gravedad, esta condición se obtiene después de 2 y 5 días del riego y es una constante para los suelos que dependen fundamentalmente de la textura, estructura y grado de compactación. Este estado es la situación más favorable para el desarrollo de los cultivos.

5.4.3. PORCENTAJE DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE (PMP)

A partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y absorción por las plantas, llega un momento en que las plantas ya no pueden absorber toda el agua que necesitan y se marchitan irreversiblemente. Este estado marca el límite inferior de aprovechamiento del agua del suelo por las plantas.

5.5. DETERMINACIÓN INDIRECTA DE LA CAPACIDAD DE CAMPO Y DEL PORCENTAJE DE MARCHITAMIENTO

La cantidad de agua retenida por un suelo en la capacidad de campo y en punto de marchitamiento se mide en el laboratorio o en el mismo terreno, a falta de datos de análisis, se pueden calcular estos valores de un modo aproximado o por medio de tablas por medio de la textura de los suelos, como se indica a continuación:

Tabla 5.1: Propiedades físicas del suelo. (CC y PMP).

TEXTURA	POROSIDAD %	DENSIDAD APARENTE	CAPACIDAD DEL CAMPO % EN PESO	PUNTO DE MARCHITAMIENTO	HUMEDAD DISPONIBLE		
					% EN PESO SECO	% EN VOLUMEN	cm/m
	W	As	FC	PW	P=FC-PW	PV=PW.As	d=(PW.As.D)/100
Arenoso	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	43 (40 - 47)	1.50 (1.40 - 1.60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	8 (6 - 10)	12 (9 - 15)	12 (9 - 15)
Franco	47 (43 - 49)	1.40 (1.35 - 1.50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)	17 (14 - 20)	17 (14 - 19)
Franco - Arcilloso	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	51 (49 - 53)	1.30 (1.25 - 1.35)	31 (27 - 35)	15 (12 - 17)	16 (14 - 18)	21 (18 - 23)	23 (18 - 23)
Arcilloso	53 (51 - 55)	1.25 (1.20 - 1.30)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	18 (16 - 20)	23 (20 - 25)	23 (20 - 25)

Fuente: FUENTES, José Luís, Técnicas de Riego, 4 edición.

5.6. REQUERIMIENTOS DE RIEGO

5.6.1. PATRÓN DE CULTIVOS

5.6.1.1. PROFUNDIDAD DEL SUELO EXPLORADO POR LAS RAÍCES

La profundidad de las raíces está determinada por una serie de factores, tales como: características genéticas, características del suelo, niveles de agua, nutrientes etc., cuando una planta está bien arraigada quiere decir que el cultivo está en buenas condiciones y el rendimiento del mismo no puede ser afectado si su sistema radical se reduce.

La profundidad total del sistema radical es característica de cada especie, cuando el suelo es profundo y homogéneo, pero varía de acuerdo a algunos factores, como nivel de humedad, la proximidad a la capa freática, etc.

Cabe considerar que no se debe tomar en cuenta la profundidad total del sistema radical, sino la profundidad efectiva, la misma que corresponde aproximadamente a un 80% de su profundidad total. En la siguiente tabla podemos utilizar los siguientes valores de profundidad radical efectiva de los cultivos más sobresalientes de la zona de estudio:

Tabla 5.2: Profundidad efectiva del sistema radical de algunos cultivos (mt.)

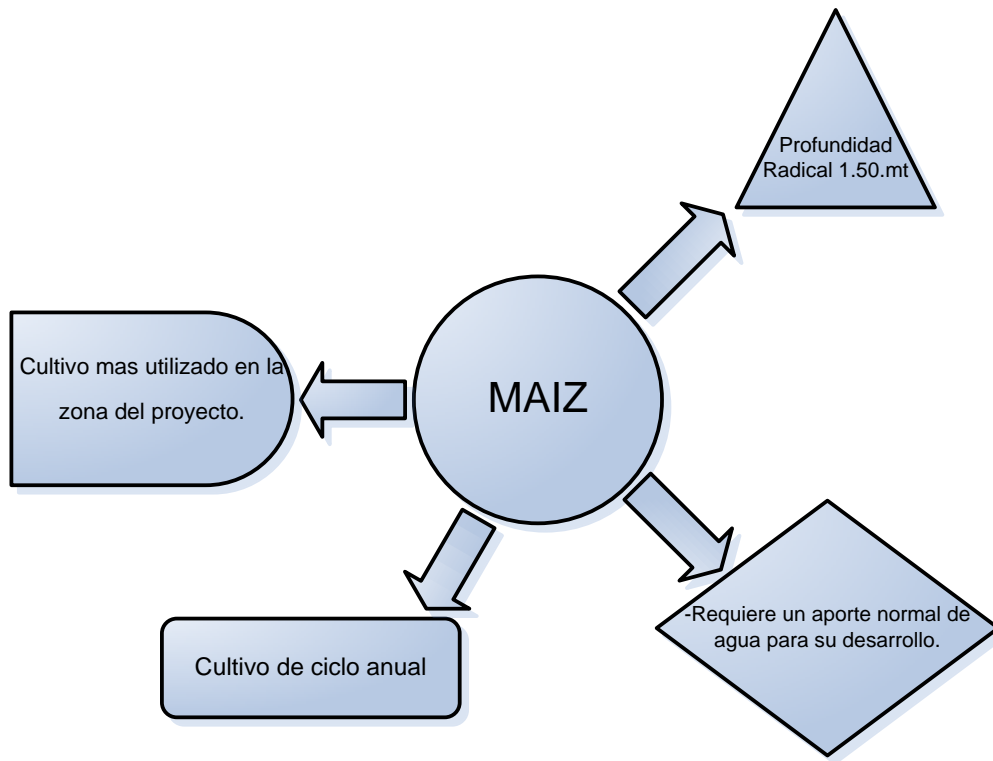
CULTIVOS	PROFUNDIDAD DE LA ZONA RADICULAR (mt.)
Alfalfa	1.50 a 3.00
Alcachofa	1.20
Algodón	0.60 a 1.80
Brócoli	0.60
Col	0.60 a 1.20
Coliflor	0.60 a 1.20
Cebolla	0.45
Cereales de granos pequeños	1.20
Camote	1.20 a 1.80
Cacahuete	0.60
Espinaca	0.60
Espárrago	0.90
Fréjol	0.90
Lechuga	0.30 a 0.45
Maíz dulce	0.90 a 1.20
Maíz	1.50
Nabo	0.90
Papa	0.90 a 1.20
Rábano	0.30 a 0.45
Zanahoria	0.90

Fuente: SILVA, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

5.6.1.2. CULTIVO PATRÓN

El cultivo patrón para el análisis del uso consultivo será el **MAÍZ**, de acuerdo al siguiente análisis que explico en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.1: Análisis del cultivo patrón (MAÍZ)



5.6.2. USO CONSUNTIVO

El uso consuntivo o evotranspiración es la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo.

Cabe distinguir dos formas de evotranspiración:

Evapotranspiración potencial o máxima: cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.

Evapotranspiración real: cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado.

5.6.2.1. CALCULO DEL USO CONSUNTIVO O EVAPOTRANSPIRACIÓN

El uso consuntivo es la cantidad de agua que usan las plantas para crecer, desarrollarse y producir económicamente. El uso consuntivo está constituido por el agua que transpiran las plantas a través de las hojas, el agua que se evapora directamente del suelo y el agua que constituye los tejidos de las plantas. En virtud de que los dos primeros componentes constituyen casi el 99% del uso consuntivo es común y además correcto, mencionar el término “evapotranspiración real” al hacer referencia al uso consuntivo. Penman (1948), citado por Aguilera (1996), afirmó que la cantidad de agua que consume un cultivo de talla baja y uniforme, que cubre totalmente el suelo y que siempre está previsto de humedad aprovechable. Lógicamente, la cantidad de agua por este concepto será mayor que la de uso consuntivo.

Los factores fundamentales que influyen para que el uso consuntivo tenga un determinado valor son:

- ✓ El clima: Temperatura, humedad relativa, vientos, latitud, luminosidad y precipitación.
- ✓ El cultivo: Especie, variedad, ciclo vegetativo, hábitos radiculares, etc.

- ✓ El suelo: Textura, estructura, profundidad del nivel freático, capacidad de retención de humedad.
- ✓ El agua de riego: Su calidad y disponibilidad, prácticas de riego.

Indudablemente que todos estos factores influyen en la cantidad de agua que usan los cultivos; pero los de mayor influencia son: la temperatura, la humedad relativa, los vientos, la latitud del lugar, la luminosidad y el cultivo.

Numerosas formulas nos permiten evaluar la ETP con una aproximación suficiente para muchos estudios hidrológicos.

Algunos de estos métodos son:

Tabla 5.3: Métodos para evaluar el uso consuntivo

MÉTODO	MEDIDAS NECESARIAS	DATOS
Thornthwaite	Temperatura	De la latitud por una tabla se obtiene el N° teórico de horas de sol.
Jensen-Heise	Temperatura, altitud Radiación solar	Tablas de N° teórico de horas sol. La radiación solar se puede estimar.
Hargreaves	Temperatura Radiación solar	La radiación solar se puede estimar con temperaturas máximas y mínimas diarias.
Blanney-Criddle	Temperatura	Tablas de N° teórico de horas sol. Coeficiente que depende del cultivo.
Turc	Temperatura Horas reales de sol	De las horas de sol se obtiene la radiación global incidente con una formula
Penman	Temperatura Horas reales de sol Velocidad, viento Humedad relativa	Por tablas se obtienen otros parámetros necesarios.

Fuente: propia

Por los datos obtenidos anteriormente, en el proyecto se va utilizar la fórmula o el método de Blaney - Criddle

5.6.2.2. MÉTODO DE BLANNEY-CRIDDLE³

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 , el porcentaje mensual de las horas anuales del brillo solar p , y un factor de cultivo, con lo cual se puede estimar el uso consuntivo.

Este método de Blaney – Criddle, tiene dos formas de resolver las cuales vamos a enunciar a continuación:

5.6.2.2.1. PRIMER MÉTODO DE BLANNEY-CRIDDLE

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

$$UC = K * F$$

³ **SILVA**, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

Donde:

UC = Uso Consuntivo (cm.)

K = es el factor cultivo, Coeficiente estacional que depende del tipo de cultivo (Tabla 5.4).

F = $\sum f$ es la sumatoria desde que *i* es igual a 1 hasta *n* de *f*, donde *f* es igual a:

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

T = Temperatura media mensual en grados Fahrenheit.

p = Porcentaje de hora luz (Tabla 5.5).

Cuando los valores se tomen en grados centígrados:

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

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

$$UC = K * F \quad (\text{cm.})$$

Como podemos observar en los parámetros de la fórmula de Blaney – Criddle se tienen incógnitas como **K** (Coeficiente estacional que depende del cultivo) y **p**, (Porcentaje de hora luz) valores que se encuentran establecidos en tablas, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 5.4: 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	0.80 a 0.85
	En invierno	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

Fuente: SILVA, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.

Tabla 5.5: Tanto por ciento de Horas de Sol Diarias (Latitud de 0° a 46° al sur y Latitud de 0° a 60° al Norte).

SUR												Latitud 0°	NORTE											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	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
8.50	7.76	7.76	8.51	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	8.60	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
8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.17	8.17	8.62	8.53	8.88	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
9.05	7.98	8.55	8.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.68	8.70	9.10	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
9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33	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
9.46	8.21	8.60	7.84	7.66	7.20	7.54	7.90	8.11	9.86	9.04	9.58	25	7.53	7.14	9.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85	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
9.81	8.39	8.83	7.69	7.36	6.85	7.21	7.70	8.06	9.01	9.33	9.96	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
9.92	8.45	8.64	7.64	7.27	6.74	7.10	7.63	8.05	9.06	9.42	10.08	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
10.03	8.51	8.65	7.59	7.18	6.62	6.90	7.56	8.04	9.11	9.51	10.21	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
10.15	8.57	8.66	7.54	7.08	6.50	6.87	7.49	8.03	9.16	9.61	10.34	38	6.87	6.79	8.94	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
10.27	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49	40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	7.52
10.40	8.70	8.68	7.44	6.85	6.23	6.64	7.33	8.01	9.26	9.82	10.64	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
10.54	8.78	8.69	7.38	6.73	6.08	6.51	7.25	7.99	9.31	9.94	10.80	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
10.69	8.86	8.70	7.32	6.61	5.92	6.37	7.16	7.96	9.37	10.07	10.97	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

Fuente: SILVA, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática

Para el cálculo del uso consuntivo se debe tener una serie de datos específicos para nuestra zona del proyecto, los cuales vamos a detallar a continuación para realizar los cálculos pertinentes:

Ubicación de la zona del proyecto **Latitud norte : 78° 35' 42"**

Latitud sur : 0° 51' 44"

Esta ubicación en coordenadas geográficas esta referenciada a la carta topográfica de LATACUNGA CT-ÑIII-E4,3891-II

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL:

En las tablas de los datos meteorológicos planteados en el **Capítulo III**, se registran las temperaturas medias de la estación LATACUNGA AEROPUERTO las mismas que son:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
14.93	14.92	14.92	14.69	14.47	13.68	13.21	13.18	13.71	14.73	14.95	14.93

COEFICIENTE ESTACIONAL (K):

Nuestro patrón de cultivo es el maíz, verificamos en la **tabla 5.4** el valor de K, el mismo que es:

$$K=0.75$$

PORCENTAJE DE LUZ (p):

De acuerdo a la ubicación del proyecto se toma **la Latitud Sur 0° 51' 44"**, esto se verifica en la **tabla 5.5** sacando los datos mensuales del porcentaje de horas de sol diarias, que son:

Latitud 0°

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50

Tabla 5.6: Calculo del uso consuntivo UC por el primer Método Blaney-Criddle

CULTIVO *Maiz dulce*
CICLO VEGETATIVO *240 días* **8 meses.**
FECHA SIEMBRA *octubre*
ZONA *latitud 0*

MES	TEMPERATURA oC	p	$f = p((t+17.8)/21.8)$	K	UC=K*F
ENERO	14.93	8.50	12.76 cm.	0.75	9.57 cm.
FEBRERO	14.92	7.66	11.50 cm.	0.75	8.62 cm.
MARZO	14.92	8.49	12.74 cm.	0.75	9.56 cm.
ABRIL	14.69	8.21	12.23 cm.	0.75	9.18 cm.
MAYO	14.47	8.50	12.58 cm.	0.75	9.44 cm.
OCTUBRE	14.73	8.50	12.68 cm.	0.75	9.51 cm.
NOVIEMBRE	14.95	8.22	12.35 cm.	0.75	9.26 cm.
DICIEMBRE	14.93	8.50	12.76 cm.	0.75	9.57 cm.
TOTAL			99.61 cm.		74.71 cm.

Fuente: propia

El valor obtenido por el primer método de cálculo de Blaney-Criddle para uso consuntivo es igual a:

$$UC = 74.71 \text{ cm.}$$

5.6.2.2.2. SEGUNDO MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE

Por otro lado, considerando que la expresión general de Blaney-Criddle sólo permite obtener valores del uso consuntivo en períodos no menores de 30 días y en virtud de que “K” es la constante que varía en función del desarrollo del cultivo, se han obtenido curvas de variación de Kc en función precisamente del desarrollo del cultivo; por lo cual el factor K se transforma en Kc; y por lo tanto la expresión final de la fórmula tal como se usa actualmente es la siguiente:

$$UC = f * K_t * K_c$$

En virtud de que esta fórmula daba valores muy elevados, por haber sido deducida en una región desértica, Phelan (1948), citado por Aguilera (1996), introdujo una corrección por temperatura “K_t” que se calcula como sigue:

t en °F

$$K_t = 0.0173 * t - 0.314$$

t en °C

$$K_t = 0.03114 * t + 0.2396$$

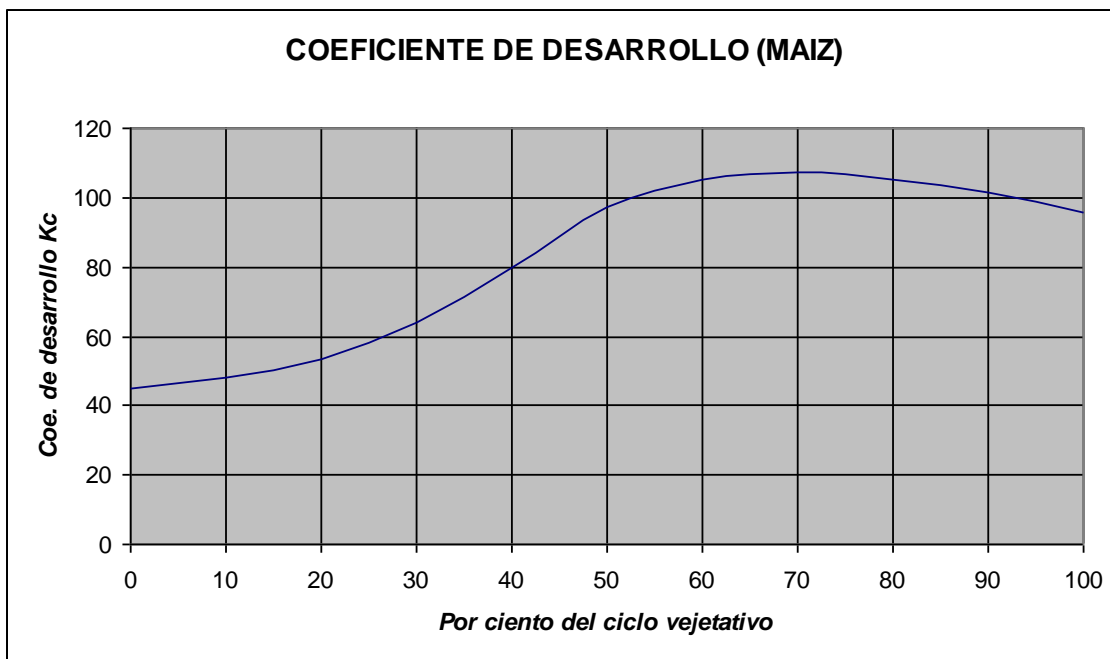
Naturalmente para poder aplicar esta fórmula, es necesario tener las curvas de coeficiente de desarrollo “K_c” para cada cultivo, las cuales deben obtenerse para cada lugar y para cada cultivo ó para lugares similares.

Cuando se aplican de los coeficientes K_t y K_c pueden conducir a valores mayores o menores en relación al coeficiente global. Este resultado, que puede considerarse muy alto o muy bajo, y se debe a que los valores de K_c, 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 (K_t) y de desarrollo (K_c) para encontrar los valores correspondientes, ajustándolos después con un nuevo coeficiente K/K’.

$$K' = \frac{\sum UC}{\sum f}$$

$$K' = \frac{\sum^n (f * K_t) * K_c}{\sum f}$$



Grafica 5.1 Curva del coeficiente de desarrollo “K_c” para el cultivo del maíz

Tabla 5.7: Calculo del uso consuntivo por el segundo Método Blaney-Criddle

CULTIVO *Maiz dulce*
CICLO VEGETATIVO *240 días* *8 meses.*
FECHA SIEMBRA *octubre*
ZONA *latitud 0*
K= *0.75*

MES	TEMP. °C	p	f	Kt	f * Kt	Kc	UC (cm)	K/K'	UCI (cm)
ENERO	14.93	8.50	12.76	0.704	8.99	0.90	8.09	1.25	10.11
FEBRERO	14.92	7.66	11.50	0.704	8.10	1.08	8.71	1.25	10.88
MARZO	14.92	8.49	12.74	0.704	8.97	1.09	9.76	1.25	12.20
ABRIL	14.69	8.21	12.23	0.697	8.53	1.08	9.21	1.25	11.51
MAYO	14.47	8.50	12.58	0.690	8.68	0.99	8.60	1.25	10.74
OCTUBRE	14.73	8.50	12.68	0.698	8.86	0.48	4.28	1.25	5.34
NOVIEMBRE	14.95	8.22	12.35	0.705	8.71	0.58	5.01	1.25	6.26
DICIEMBRE	14.93	8.50	12.76	0.704	8.99	0.68	6.14	1.25	7.67
TOTAL			99.61				59.78 cm.		74.71 cm.

Fuente: propia

Tabla 5.8: Procedimiento en cada columna de la **tabla 5.7**

Primera columna	mes del ciclo de cultivo
Segunda columna	temperatura GC
Tercera columna	p, porcentaje de luz
Cuarta columna	$f = p((t+17.8)/21.8)$
Quinta columna	$Kt = (0.03114*t) + 0.2396$ en GC.
Sexta columna	$f * Kt$
Séptima columna	Kc, de la curva de coeficiente de desarrollo coeficiente estacional
Octava columna	$UC = f * Kt * Kc$
Novena columna	K/K' , $K = \text{coe. estacional global} = 0.75$ $K' = (\sum UC / \sum f)$
Décima columna	$UCI = UC * (K/K')$

Fuente: propia

Con la aplicación de los coeficientes Kc y Kt podemos ver que el valor de UC es 19.97% menor del coeficiente global, como explicamos anteriormente puede que este valor sea un poco bajo razón por la cual se procede ajustar con el nuevo coeficiente $K/K' = 1.25$, ajustándonos un valor más real.

$$\text{Valor global} = 74.71 \text{ cm}$$

$$UC = 59.78 \text{ cm}$$

$$X = \frac{(74.71 - 59.78) * 100\%}{74.71} = 19.97\%$$

5.6.3. BALANCE HÍDRICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.6.3.1. GENERALIDADES

Para poder cuantificar los recursos hidráulicos disponibles de una cuenca hidrográfica y establecer el caudal seguro del respectivo embalse subterráneo (acuífero), es de suma importancia la evaluación de los componentes de un ciclo hidrológico. Esta evaluación recibió distintos nombres a nivel mundial, siendo la más común “evaluación hidrológica” y “balance hidrológico”.

Balance hidrológico es la cantidad de agua que entra a la región o zona considerada en un tiempo dado y es igual a la cantidad de agua que sale de dicha región o zona en el mismo período, más o menos el cambio de almacenamiento dentro de la zona durante este período.

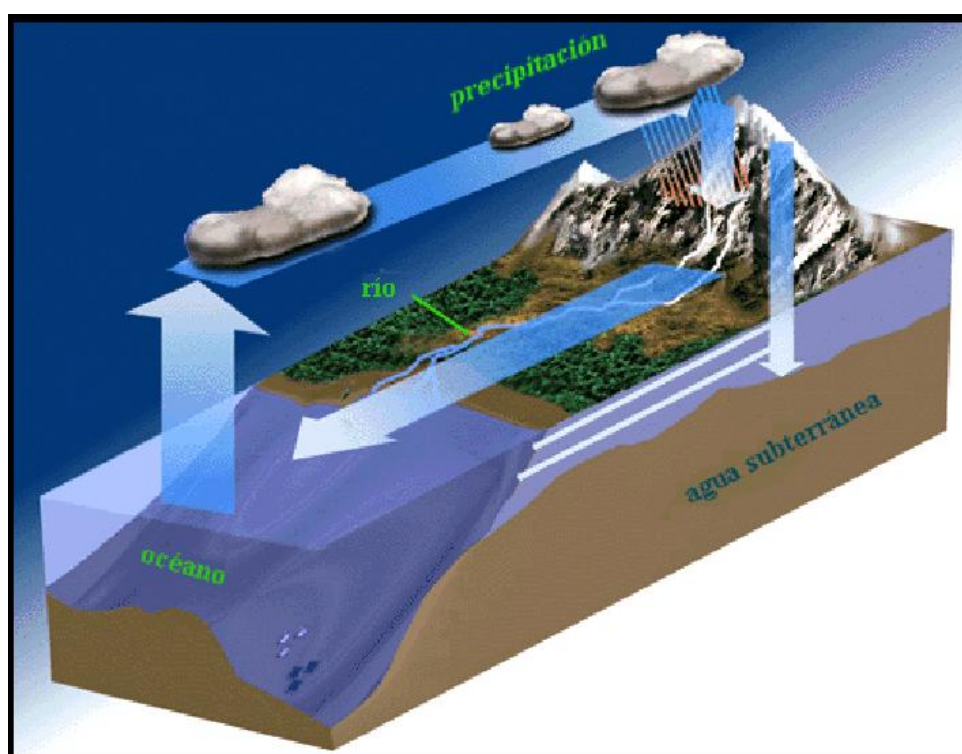


Fig. 5.3. Esquema general de un balance hídrico

5.6.3.2. METODOLOGÍA

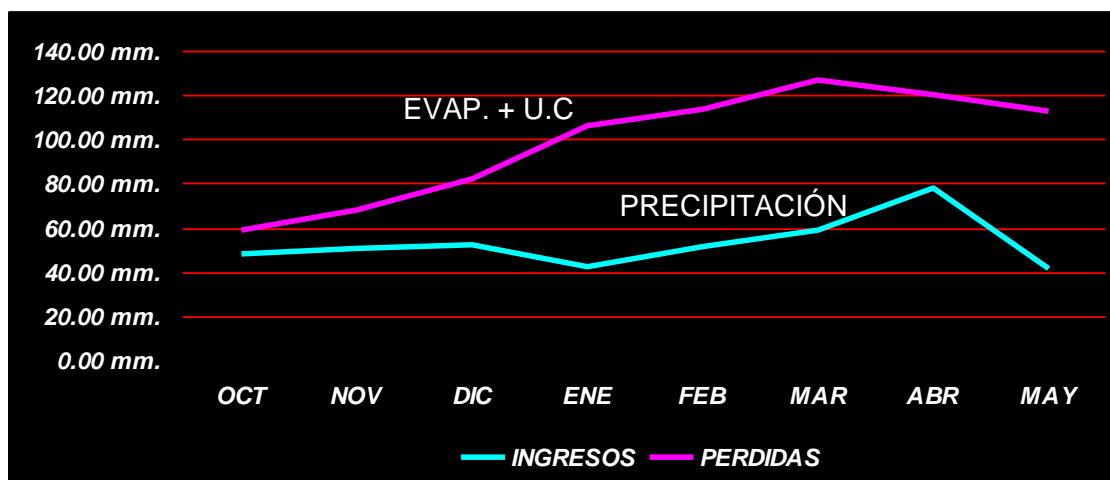
El balance hidrológico utilizado para este estudio, tuvo en cuenta la evaluación de precipitación, temperatura, y evapotranspiración real, basada en las series hidrometeorológicas históricas de la región. Con estos parámetros interrelacionados se determinó el comportamiento de las diferentes fases del ciclo hidrológico, cuantificando el recurso hídrico y su disponibilidad para la zona de estudio.

Tabla 5.8: Balance hídrico mensual para nuestra zona de estudio

CULTIVO	<i>Maiz dulce</i>	
CICLO	<i>240 días</i>	<i>8 meses.</i>
VEGETATIVO		
FECHA SIEMBRA	<i>octubre</i>	
ZONA	<i>latitud 0</i>	

MES	INGRESO PRECIPITA.	PÉRDIDAS			BALANCE HIDRICO MENSUAL (mm.)
		U.C.	EVAPOR.	TOTAL	
ENERO	42.19 mm.	10.11 cm.	5 mm.	106.08 mm.	-63.89 mm.
FEBRERO	51.36 mm.	10.88 cm.		113.79 mm.	-62.43 mm.
MARZO	58.87 mm.	12.20 cm.		126.96 mm.	-68.09 mm.
ABRIL	77.75 mm.	11.51 cm.		120.07 mm.	-42.32 mm.
MAYO	41.52 mm.	10.74 cm.		112.41 mm.	-70.90 mm.
JUNIO	28.03 mm.	0.00 cm.		5.00 mm.	23.03 mm.
JULIO	11.76 mm.	0.00 cm.		5.00 mm.	6.76 mm.
AGOSTO	9.55 mm.	0.00 cm.		5.00 mm.	4.55 mm.
SEPTIEMBRE	31.05 mm.	0.00 cm.		5.00 mm.	26.05 mm.
OCTUBRE	47.71 mm.	5.34 cm.		58.45 mm.	-10.74 mm.
NOVIEMBRE	50.80 mm.	6.26 cm.		67.59 mm.	-16.79 mm.
DICIEMBRE	51.80 mm.	7.67 cm.		81.71 mm.	-29.91 mm.
		74.71 cm.			-304.69 mm.

Fuente: propia

GRAFICA 5.2 Balance hídrico mensual para la zona de proyecto

5.6.3.3. CONCLUSIÓN DEL BALANCE HÍDRICO

Como podemos observar en la **Grafica 5.2** la curva de Evaporación + UC. supera a la curva de precipitación, entonces el agua no satisface las necesidades de las plantas, en general nuestro cultivo patrón es un cultivo medio lo cual saco como conclusión que queda demostrado que es factible la realización de este proyecto por todo lo expuesto anteriormente y así poder cubrir este déficit de agua en los diferentes cultivos.

CAPÍTULO VI

6. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

6.1. CAUDAL DE DERIVACIÓN

En un proyecto de irrigación la parte que comprende el diseño, materiales, etc., si bien es cierto que son de vital importancia en el costo de la obra, pero no es lo más importante puesto que el **CAUDAL**, factor clave en el diseño y el más importante en un proyecto de riego, es un parámetro que se obtiene sobre la base del tipo de suelo, cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, etc., es decir mediante la conjunción de la relación agua – suelo – planta y la hidrología, de manera que cuando se trata de una planificación de aspersión, el diseñador tendrá una visión más amplia y será más eficiente, motivo por lo cual el ingeniero destaca y predomina en un proyecto de irrigación.

Este caudal de agua se lo puede obtener de varias formas como ríos, lagos, manantiales, agua subterránea, etc., siendo este ultimo el que nos entregara el agua para satisfacer las necesidades de la zona a regar.

6.1.1. OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

El agua que se va a utilizar para el riego presurizado de nuestro proyecto proviene del subsuelo, por lo cual se realizó el estudio Geofísico presentado en el **Capítulo IV**, esta agua nos va a permitir solventar las necesidades calculadas de nuestro proyecto expresadas en el caudal necesario que se necesita para el riego.

CAUDAL ESTIMADO DEL ACUÍFERO → 5 Lit./seg.

En cambio para determinar lógicamente nuestro caudal necesario para regar los cultivos se necesita conocer a profundidad, las áreas a ser regadas, tipos de suelos y cultivos a fin de ver que agua necesitan las plantas para su óptimo desarrollo que calcularemos más adelante.

Como esta es una zona donde se siembra un sin número de cultivos (POLI CULTIVO), también hay que determinar las necesidades mensuales para cada uno de estos, agrupándolos después para obtener el caudal total necesario, sin olvidar el porcentaje de pérdidas por las diferentes conducciones.

6.2. DOSIS DE RIEGO

La dosis de riego es la cantidad de agua que debemos aplicar a nuestras plantas en función de sus necesidades específicas. Se suele expresar en litros por metro cuadrado y año (l/m²/año) para pequeñas superficies, y en metros cúbicos por hectárea y año (m³/ha/año) para zonas de cultivo.

6.2.1. DOSIS MÁXIMA DE RIEGO

Las plantas no aprovechan la humedad del suelo hasta cierta profundidad, por lo que más allá de esa profundidad las raíces no pueden absorber, entonces la absorción es variable según la profundidad y el sistema radicular.

La determinación de la dosis máxima de riego, requiere pues del conocimiento de los coeficientes hidráulicos del suelo⁴ y la profundidad útil de las raíces, partiendo de estos datos se la calcula fácilmente.

Debemos anotar que los datos de punto de retención y punto de marchitamiento están estipulados en la **tabla 5.1**, recalando que la zona de nuestro proyecto tiene características franco arenosas, estipulado en el **Capítulo II**.

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

Donde:

⁴ **Capítulo V**, Pág. 76, Relaciones del suelo y del agua, profundidad útil de las raíces.

D_m = Dosis máxima de riego. (m^3/ha)

h = profundidad de las raíces (m^2)

H_{VT} = punto de retención o capacidad de campo

H_{VF} = punto de marchitamiento

Este valor D_m , dosis máxima, como la hemos calculado, como un máximo de la cantidad de agua que hay que dar en cada riego, que en principio no se debe alcanzar nunca, y debe ser un dato teórico para alcanzar la dosis práctica.

6.2.2. DOSIS PRÁCTICA; DOSIS REAL

Ahora vamos a ver que la dosis práctica, que se debe regar para los meses de mayor sequía, no debe sobrepasar la dosis máxima, como explicamos anteriormente esta dosis solo es un parámetro teórico para alcanzar la dosis en cuestión, con estas consideraciones la dosis práctica será 2/3 de la dosis máxima.

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

Donde:

D_m = Dosis máxima de riego. . (m^3/ha)

D_p = Dosis práctica de riego. . (m^3/ha)

h = profundidad de las raíces (m^2)

H_{VT} = punto de retención o capacidad de campo

H_{VF} = punto de marchitamiento

Algunos autores consideran que el punto de marchitamiento está mal definido y es difícil determinar con precisión en la práctica, y proponen lo siguiente, la cual en nuestro diseño no utilizaremos.

$$D_p = \frac{1}{3} * 10000m^2 * h * (H_{VT})$$

D_p entonces es una dosis práctica que hay que dar aproximadamente en cada riego durante los meses de mayor requerimiento. Finalmente las necesidades de las plantas conducen a elegir una dosis real que se determina así:

$$D_r = \frac{Q}{N}$$

$$D_r \leq D_p$$

Donde:

D_r = Dosis real de riego. . (m^3/ha)

D_p = Dosis práctica de riego. . (m^3/ha)

Q = Caudal (m^3/ha)

N = Numero de riegos (# entero)

El número de riegos para satisfacer las necesidades de la planta será:

$$N * Dp = Q$$

Los N riegos se sucederán a intervalos como:

$$N * T = 1mes$$

6.2.3. CÁLCULO DE DOSIS MÁXIMA-DOSIS PRÁCTICA

AGUA DISPONIBLE PARA LAS PLANTAS

PUNTO DE RETENCIÓN	Hvr=	0.18
PUNTO DE MARCHITAMIENTO:	Hvf=	0.06
Agua disponible por m ³ de suelo	(0.18-0.06)=	0.12 m ³ 120 litros
Profundidad útil de riego		1 m

DOSIS MÁXIMA

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

$$D_m = 10000m^2 * 1.0m * (0.18 - 0.06)$$

$$Dm= 1200 m^3/ha$$

DOSIS PRACTICA O REAL

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

$$D_p = \frac{2}{3} * 1200m^3 / ha$$

$$Dp= 800 m^3/ha$$

CONSIDERACIONES 800 m³/ha =0.08 m = 80mm

Se puede considerar esta dosis práctica de 800 m³/ha para todos los riegos, pero se va a considerar en forma individual la dosis máxima y práctica de nuestros cultivos para nuestro diseño, para tener una visión exacta de las necesidades de cada cultivo, los cuales presentaremos en la siguiente tabla:

Tabla 6.1: Cálculo de las dosis máxima y práctica de los cultivos de nuestra zona de riego.

CULTIVOS	PROFUNDIDAD ÚTIL DE LA ZONA RADICULAR h (m)	H_{Vf}	H_{VT}	$(H_{Vf} - H_{VT})$	DOSIS MÁXIMA (m ³ /ha)	DOSIS PRÁCTICA (m ³ /ha)	1 RIEGO (mm.)
ALFALFA	1.8	0.18	0.06	0.12	2160	1440	144
BRÓCOLI	0.6				720	480	48
CEBOLLA	0.45				540	360	36
COL	0.8				960	640	64
COLIFLOR	0.9				1080	720	72
ESPINACA	0.6				720	480	48
FRÉJOL	0.9				1080	720	72
LECHUGA	0.45				540	360	36
MAÍZ	1.5				1800	1200	120
MAÍZ DULCE	1.2				1440	960	96
NABO	0.9				1080	720	72
PAPA	1				1200	800	80
RÁBANO	0.4				480	320	32
ZANAHORIA	0.9				1080	720	72

Fuente: Propia

Para determinar el número mensual de riegos, nos hemos referido a la experiencia de otros sistemas de riego, los cuales determinan los riegos de acuerdo a los cultivos, meses de mayor requerimiento de agua, considerando la siguiente tabla como general para la zona de nuestro proyecto, así como también con la consideración del equivalente de 1 riego de la **tabla 6.1**.

Con esta información vamos adoptar el número de riegos por mes que necesita cada cultivo, y observando los meses con mayor sequía en el **Capítulo III** de

acuerdo a las precipitaciones, los mismos que van desde Junio hasta Septiembre.

Además hay que tener en cuenta que los meses ideales de siembra van desde el mes de octubre hasta el mes de enero en la zona de proyecto, pero esta consideración se contradice un poco ya que la siembra ideal también se debe observar de acuerdo al precio de los productos y a economía en que vive la zona con relación al tiempo, para el productor mientras mejor pagado sea el producto mejor será su remuneración.

Tabla 6.2: Número de Riego mensuales para cada cultivo.

CULTIVOS	E N E	F E B	M A R	A B R	M A Y	J U N	J U L	A G O	S E P	O C T	N O V	D I C
ALFALFA	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1
BRÓCOLI	1	1	1			1	1	2	1		1	1
CEBOLLA	1	1	1				1	1	1			1
COL	1		1			1	1	1				
COLIFLOR	1		1			1	1	1				
ESPINACA	1	1	1			1	1	1	1			1
FRÉJOL	1	1				1	1	1	1	1		
LECHUGA	1	1	1			1	1	1			1	1
MAÍZ	1	1				1	1	1	1	1		1
MAÍZ DULCE	1	1	1		1					1	1	1
NABO	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
ZANAHORIA	1	1	1		1	1	1	2		1	1	1

Fuente: Propia

6.2.4. CÁLCULO DEL CAUDAL MENSUAL A DERIVAR

El cálculo del caudal mensual es la base para nuestro sistema de riego, ya que este nos permitirá establecer cuánta agua vamos a necesitar en nuestra zona de proyecto.

El desarrollo de la siguiente tabla, es sencillo ya que tenemos todos los datos para calcular el caudal, a continuación se va explicar la conformación de la tabla en una forma muy sucinta:

En los enunciados de cada columna se encuentra lo que tenemos que anotar, como el tipo de cultivo, superficie (ha) de cada cultivo a sembrar, dosis de cada cultivo, presentada en la **tabla 6.1**, también se colocan todos los meses en los que se riegan con su respectivo número de riegos.

Para sacar el volumen de cada riego se multiplica la superficie (ha) por la dosis de riego (m^3/ha), con este valor determinamos el volumen mensual de cada cultivo de acuerdo al número de riegos, en cada columna de cada mes se realiza la sumatoria de todos los cultivos, dando en volumen total por mes (m^3), para la determinación del caudal mensual ($m^3/seg.$) se divide para el número de segundos que contiene un mes (2592000seg).

Además debemos tomar en cuenta las pérdidas por transporte, en nuestro caso como es un riego por aspersión, la tubería conduce el agua a presión, y estas pérdidas son bastante menores que por un canal abierto, considerándole en el orden del 5 % de pérdidas. Al caudal mensual total se le suma el **5 % de pérdidas** y obtenemos el caudal mensual a derivar.

Tabla 6.3: Cuadro del cálculo del caudal de derivación.

CULTIVOS	Superficie (ha)	Dosis m ³ /ha	Volumen de cada riego en m ³	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	3	1440	4320.00	1	4320.00	1	4320.00	1	4320.00	1	4320.00	1	4320.00	2	8640.00
BRÓCOLI	3.5	480	1680.00	1	1680.00	1	1680.00	1	1680.00	0		0		1	1680.00
CEBOLLA	3	360	1080.00	1	1080.00	1	1080.00	1	1080.00	0		0		0	
COL	3	640	1920.00	1	1920.00	0		1	1920.00	0		0		1	1920.00
COLIFLOR	3	720	2160.00	1	2160.00	0		1	2160.00	0		0		1	2160.00
ESPINACA	4	480	1920.00	1	1920.00	1	1920.00	1	1920.00	0		0		1	1920.00
FRÉJOL	3	720	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	0		0		0		1	2160.00
LECHUGA	3.5	360	1260.00	1	1260.00	1	1260.00	1	1260.00	0		0		1	1260.00
MAÍZ	8	1200	9600.00	1	9600.00	1	9600.00	0		0		0		1	9600.00
MAÍZ DULCE	9	960	8640.00	1	8640.00	1	8640.00	1	8640.00	0		1	8640.00	0	
NABO	3	720	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	0		0		0	
PAPA	4	800	3200.00	1	3200.00	1	3200.00	1	3200.00	1	3200.00	1	3200.00	2	6400.00
RÁBANO	3.5	320	1120.00	1	1120.00	1	1120.00	1	1120.00	0		0		0	
ZANAHORIA	4	720	2880.00	1	2880.00	1	2880.00	1	2880.00	0		1	2880.00	1	2880.00
57.5															
Volumen Total en m ³					44100.00	40020.00	32340.00	7520.00	19040.00	38620.00					
Caudal Mínimo equivalente (m ³ /seg)					0.0170	0.0154	0.0125	0.0029	0.0073	0.0149					
Pérdidas externas alrededor del 5% (1)					0.0009	0.0008	0.0006	0.0001	0.0004	0.0007					
CAUDAL A DERIVAR en m ³ /seg.					0.0179	0.0162	0.0131	0.0030	0.0077	0.0156					
CAUDAL A DERIVAR en lit/seg.					17.86	16.21	13.10	3.05	7.71	15.64					

Tabla 6.3: (continuación) Cuadro del cálculo del caudal de derivación.

CULTIVOS	Superficie (ha)	Dosis m ³ /ha	Volumen de cada riego en m ³	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	3	1440	4320.00	2	8640.00	2	8640.00	2	8640.00	1	4320.00	1	4320.00	1	4320.00
BRÓCOLI	3.5	480	1680.00	1	1680.00	2	3360.00	1	1680.00	0		1	1680.00	1	1680.00
CEBOLLA	3	360	1080.00	1	1080.00	1	1080.00	1	1080.00	0		0		1	1080.00
COL	3	640	1920.00	1	1920.00	1	1920.00	0		0		0		0	
COLIFLOR	3	720	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	0		0		0		0	
ESPINACA	4	480	1920.00	1	1920.00	1	1920.00	1	1920.00	0		0		1	1920.00
FRÉJOL	3	720	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	0		0	
LECHUGA	3.5	360	1260.00	1	1260.00	1	1260.00	0		0		1	1260.00	1	1260.00
MAÍZ	8	1200	9600.00	1	9600.00	1	9600.00	1	9600.00	1	9600.00	0		1	9600.00
MAÍZ DULCE	9	960	8640.00	0		0		0		1	8640.00	1	8640.00	1	8640.00
NABO	3	720	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	1	2160.00	0		0		1	2160.00
PAPA	4	800	3200.00	2	6400.00	2	6400.00	0		0		0		1	3200.00
RÁBANO	3.5	320	1120.00	0		0		2	2240.00	1	1120.00	1	1120.00	1	1120.00
ZANAHORIA	4	720	2880.00	1	2880.00	2	5760.00	0		1	2880.00	1	2880.00	1	2880.00
57.5															
Volumen Total en m ³				41860.00		46420.00		29480.00		28720.00		19900.00		37860.00	
Caudal Mínimo equivalente (m ³ /seg)				0.0161		0.0179		0.0114		0.0111		0.0077		0.0146	
Pérdidas externas alrededor del 5% (1)				0.0008		0.0009		0.0006		0.0006		0.0004		0.0007	
CAUDAL A DERIVAR en m ³ /seg.				0.01696		0.01880		0.01194		0.01163		0.00806		0.01534	
CAUDAL A DERIVAR en lit/seg.				16.96		18.80		11.94		11.63		8.06		15.34	

Fuente: Formato de tabla tomada del libro: **SILVA**, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática

Hay que acotar que 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 18.80 lit. / Seg.

6.3. DISEÑO HIDRÁULICO, CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO DE RIEGO.

El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y del óptimo trazado de la misma.

Consideremos que una tubería es una sucesión de tubos, accesorios y dispositivos unidos mediante juntas para formar una conducción cerrada, el mismo que necesitaremos para formar nuestro red o circuito por donde se transportara el agua para que esta sea depositada por los aspersores en las áreas de riego.

6.3.1. CALCULO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN

Antes de entrar en el cálculo de la conducción se va a indicar que el proyecto se lo ha dividido en varios ramales los cuales presentaremos más adelante representados en un plano del proyecto.

Para el dimensionamiento de las tuberías tomaremos como referencia el texto de **Manual de Mecánica de Fluidos** del Sr. Ing. Silva Milton.

DATOS: hf, Q, L, u, E

INCÓGNITA: D

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{EC. DARCY-WEISBACH}$$

$$Q = A_1 * V_1 = A_2 * V_2 \quad \text{EC. DE CONTINUIDAD}$$

$$R = \frac{V * D}{\nu} \quad \text{NUMERO DE REYNOLS}$$

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

$$Q = A * V$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

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

reemplazando (1) en (2)

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

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

$$D^5 = C_1 * f$$

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

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

reemplazando (4) en (3)

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

$$R = \frac{C_2}{D}$$

C1 Y C2

CANTIDADES
CONOCIDAS

PROCEDIMIENTO DE SOLUCIÓN⁵:

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.

A continuación voy a presentar una serie de tablas, las cuales nos van a servir como una serie de datos para realizar los cálculos pertinentes, unas indican datos del proyecto los cuales se obtuvieron en base a mediciones y cálculos, otras estiman valores para diferentes fórmulas de cálculo.

⁵ **PROCEDIMIENTO DE SOLUCIÓN**, tomada del **Manual de Mecánica de Fluidos** del Sr. Ing. Silva Milton, Pág.: 132

Tabla 6.4: Distribución de caudales para los ramales del proyecto.

RAMAL	ÁREA REGADA	Q _{MAX}	Q / RAMAL INDIVIDUAL	
1	575812.21530	18.80 lit/seg	18.80 lit/seg	
1.1	54903.97850		1.79 lit/seg	
1.2	24311.69740		0.79 lit/seg	
1.2.1	21287.57040		0.70 lit/seg	
1.2.2	27412.38750		0.90 lit/seg	
1.3	8214.73220		0.27 lit/seg	
1.3.1	113911.70730		3.72 lit/seg	
1.3.2	30852.37750		1.01 lit/seg	
1.3.2.1	55996.59920		1.83 lit/seg	
1.3.2.2	130347.64570		4.26 lit/seg	
1.3.2.3	108573.51960		3.54 lit/seg	
TOTAL	575812.2153			18.80 lit/seg

Fuente propia

Tabla 6.5: Viscosidad en función de la temperatura del agua.

T°	$\nu = \frac{0.01771}{1 + 0.0337 * T + 0.000221 * T^2};$
°C	cm ² /seg
0	0.017710
5	0.015085
10	0.013031
15	0.011387
20	0.010049
25	0.008942
30	0.008014
35	0.007228
40	0.006555
45	0.005975
50	0.005470
55	0.005028
60	0.004639

Fuente: SILVA, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática

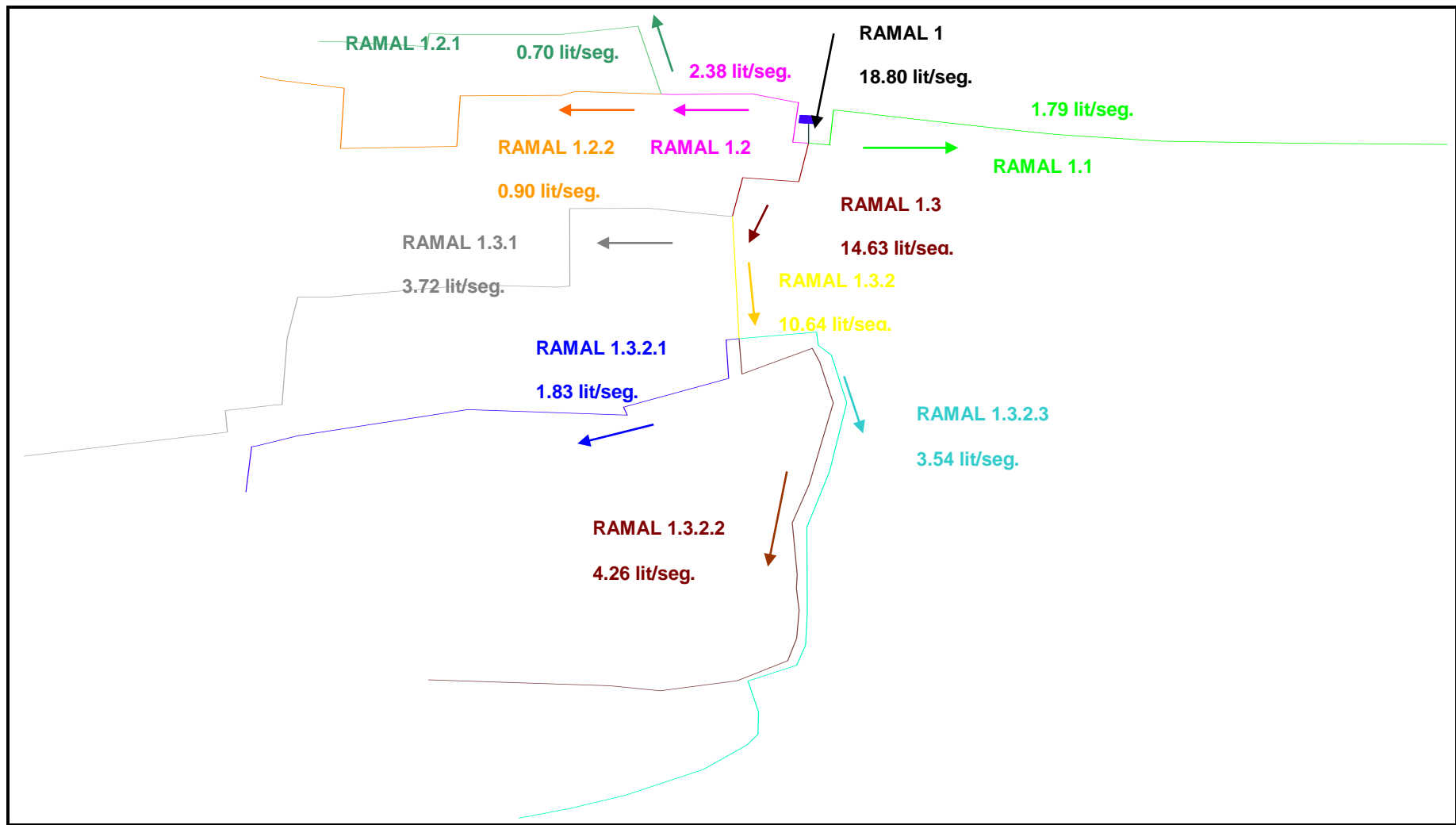


Fig. 6.1: Caudales acumulados de cada ramal en la zona de proyecto

Tabla 6.6: Rugosidad de los materiales (E).

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES				
Material	ϵ (mm.)		Material	ϵ (mm.)
Plástico (PE, PVC)	0.010		Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0.0024		Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0.0015		Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0.0024		Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0.0024		Madera	0,18-0,90
Fundición centrífuga	0.003		Hormigón	0,3-3,0

Fuente: www.miliarium.com/Paginas/Prontu/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga

Tabla 6.7: Cotas del proyecto en cada ramal, hf, caudales, longitud.

RAMAL	Q ACUMULADO lit/seg.	Q m³/seg.	COTA ALTA	COTA BAJA	hf. crítico	Longitud
1	18.80	0.01880	2990 m.	2989 m.	1 m.	25.00 m.
1.1	1.79	0.00179	2989 m.	2964 m.	25 m.	552.13 m.
1.2	2.38	0.00238	2989 m.	2980 m.	9 m.	173.91 m.
1.2.1	0.70	0.00070	2980 m.	2930 m.	50 m.	358.39 m.
1.2.2	0.90	0.00090	2980 m.	2919 m.	61 m.	462.88 m.
1.3	14.62	0.01462	2989 m.	2985 m.	4 m.	144.04 m.
1.3.1	3.72	0.00372	2985 m.	2886 m.	99 m.	821.06 m.
1.3.2	10.64	0.01064	2985 m.	2977 m.	8 m.	155.74 m.
1.3.2.1	1.83	0.00183	2977 m.	2909 m.	68 m.	524.41 m.
1.3.2.2	4.26	0.00426	2977 m.	2933 m.	44 m.	808.28 m.
1.3.2.3	3.54	0.00354	2977 m.	2942 m.	35 m.	829.22 m.
						4855.07

Fuente: Propia

Con todos los datos de las tablas expuestos anteriormente, vamos a calcular el diámetro de las tuberías, adjunto a eso vamos a presentar el Diagrama de

MOODY que se utilizó, donde ya sabemos que se obtiene el factor f (coeficiente de fricción).

La utilización de diagrama de MOODY es muy sencilla, se la hace como indican las flechas de la **Fig. 6.2**, teniendo como datos el número de Reynolds R (eje x) y la relación E/D rugosidad sobre diámetro (eje y), obteniendo f .

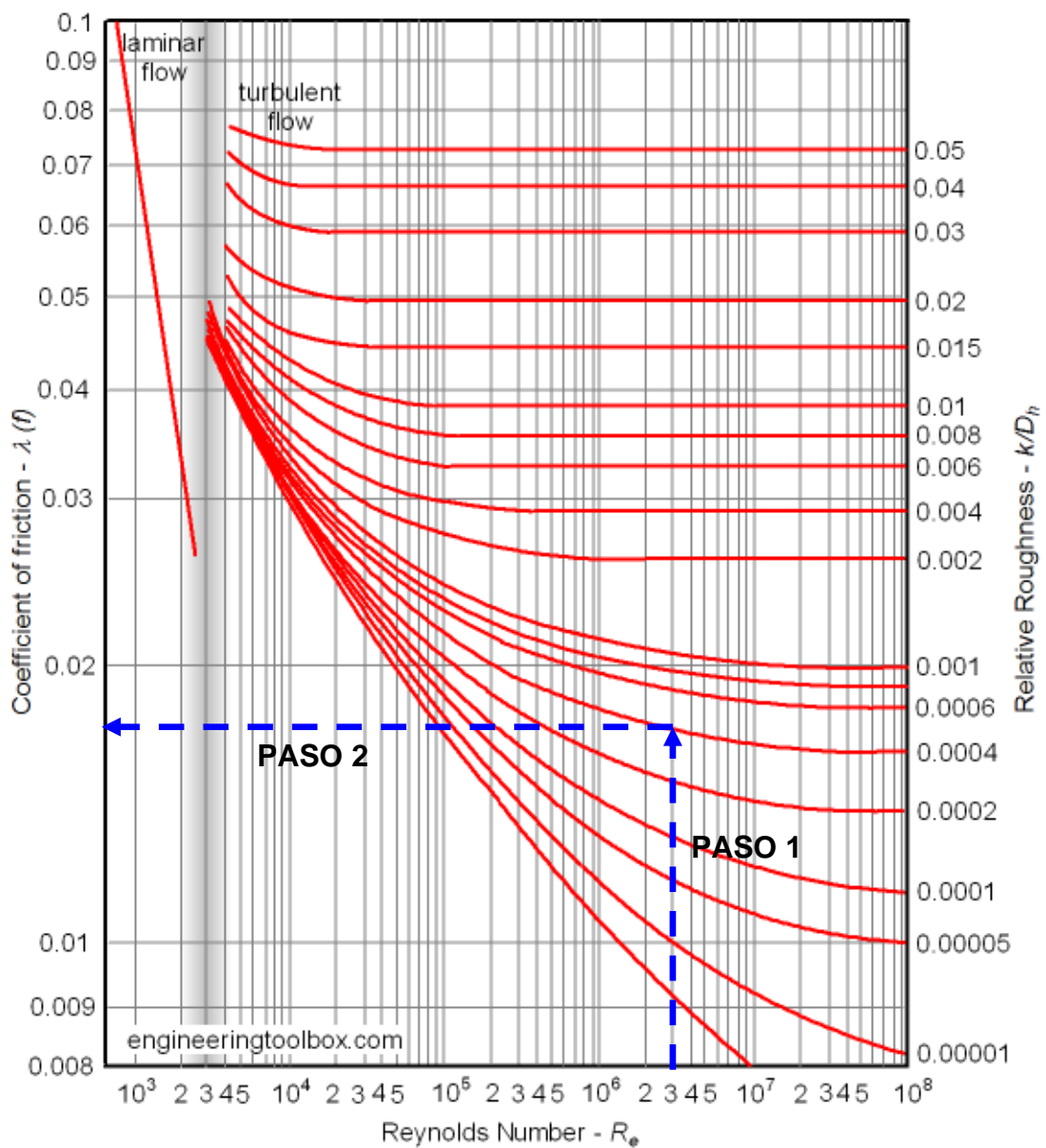


Fig. 6.2 Diagrama de Moody.

Tabla 6.8: Cálculo del diámetro de tuberías

CALCULO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS DE LOS RAMALES

DATOS

$\mu = 0.013 \text{ cm}^2/\text{seg}$ $1.31\text{E}-6 \text{ m}^2/\text{seg.}$
 $E = 1\text{E}-05 \text{ m}$
 $g = 9.81 \text{ m}/\text{seg}^2$

$$C_1 = \frac{8LQ^2}{\pi^2 g \cdot hf} \quad C_2 = \frac{4Q}{\pi V} \quad D^5 = C_1 * f \quad R = \frac{C_2}{D}$$

RAMAL	hf (m)	Q (m ³ /seg)	L (m)	C1 (m ⁵)	C2 (m)	f	D (m)	R	E/D	D (m)	D (plg)	D (mm)	D comercial "
1	1	0.0188	25.00	0.0007301	18272.45	0.02000	0.1079	1.69E+05	0.00009				
						0.01690	0.1043	1.75E+05	0.00010				
						0.01695	0.1044	1.75E+05	0.00010				
						0.01695	0.1044	1.75E+05	0.00010	0.1044	4.108	104.35	4 "
1.1	25	0.0017926	552.13	0.0000059	1742.29	0.02000	0.0411	4.24E+04	0.00024				
						0.02320	0.0423	4.12E+04	0.00024				
						0.02300	0.0423	4.12E+04	0.00024				
						0.02300	0.0423	4.12E+04	0.00024	0.0423	1.664	42.27	2 "
1.2	9	0.0023838	173.91	0.0000091	2316.90	0.02000	0.0448	5.17E+04	0.00022				
						0.02220	0.0458	5.06E+04	0.00022				
						0.02200	0.0457	5.07E+04	0.00022				
						0.02190	0.0457	5.07E+04	0.00022	0.0457	1.798	45.67	2 "
1.2.1	50	0.000695	358.39	0.0000003	675.53	0.02000	0.0225	3.01E+04	0.00045				
						0.02490	0.0235	2.88E+04	0.00043				
						0.02450	0.0234	2.89E+04	0.00043				
						0.02450	0.0234	2.89E+04	0.00043	0.0234	0.921	23.40	1"
1.2.2	61	0.000895	462.88	0.0000005	869.89	0.02000	0.0251	3.46E+04	0.00040				
						0.02410	0.0261	3.33E+04	0.00038				

						0.02420	0.0261	3.33E+04	0.00038				
						0.02420	0.0261	3.33E+04	0.00038	0.0261	1.028	26.12	1¼"
1.3	4	0.0146236	144.04	0.0006363	14213.25	0.02000	0.1049	1.35E+05	0.00010				
						0.01750	0.1022	1.39E+05	0.00010				
						0.01730	0.1019	1.39E+05	0.00010				
						0.01730	0.1019	1.39E+05	0.00010	0.1019	4.013	101.94	4 "
1.3.1	99	0.0037192	821.06	0.0000095	3614.80	0.02000	0.0452	3.14E+05	0.00022				
						0.01690	0.0437	3.25E+05	0.00023				
						0.01680	0.0437	3.25E+05	0.00023				
						0.01680	0.0437	3.25E+05	0.00023	0.0437	1.720	43.69	2 "
1.3.2	8	0.0106362	155.74	0.0001820	10337.78	0.02000	0.0817	1.74E+05	0.00012				
						0.01720	0.0793	1.79E+05	0.00013				
						0.01710	0.0792	1.80E+05	0.00013				
						0.01710	0.0792	1.80E+05	0.00013	0.0792	3.117	79.18	4 "
1.3.2.1	68	0.0018283	524.41	0.0000021	1776.96	0.02000	0.0336	4.23E+05	0.00030				
						0.01690	0.0325	4.38E+05	0.00031				
						0.01680	0.0324	4.38E+05	0.00031				
						0.01680	0.0324	4.38E+05	0.00031	0.0324	1.276	32.41	1½"
1.3.2.2	44	0.0042558	808.28	0.0000275	4136.37	0.02000	0.0560	2.54E+05	0.00018				
						0.01690	0.0541	2.63E+05	0.00018				
						0.01680	0.0541	2.63E+05	0.00018				
						0.01680	0.0541	2.63E+05	0.00018	0.0541	2.128	54.06	2½"
1.3.2.3	35	0.0035449	829.22	0.0000246	3445.40	0.02000	0.0548	2.60E+05	0.00018				
						0.01680	0.0529	2.69E+05	0.00019				
						0.01670	0.0528	2.69E+05	0.00019				
						0.01670	0.0528	2.69E+05	0.00019	0.0528	2.079	52.81	2½"

Fuente: Propia

6.3.2. CÁLCULO DE PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN

En las tuberías también se debe considerar las pérdidas por fricción, para así tener presiones pequeñas que no sobrepasen los límites establecidos ya que esto puede causar daños severos en nuestro sistema de riego

Debemos considerar algunos parámetros necesarios como son:

- ✓ Velocidad máxima recomendable 2 m/s. no mayor a 5 m/s
- ✓ Velocidad mínima recomendable 0.6 m/s.
- ✓ Presión máxima 1,5 Kg. /cm²

6.3.2.1. PERDIDA POR FRICCIÓN

Es la pérdida de energía producto de la resistencia que la cañería opone al paso del agua. La fórmula general tiene la siguiente expresión:

$$hf = J * L$$

Donde:

J = Pérdidas de carga por cada metro de tubería (m).

L = Longitud de la cañería de conducción (m).

Para calcular la pérdida de carga vamos a utilizar la fórmula de: Hazen – Williams

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

Donde:

J = Pérdidas de carga por cada metro de tubería (m).

Q = Caudal (m³/s).

d = Diámetro interior de la tubería (m)

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen - Williams

Tabla 6.9: Coeficiente de rugosidad **C**.

Material	C Hazen-Williams (universal)
Plástico (PE, PVC)	140 –150
Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio	140
Acero	140 –145
Hierro Galvanizado	130
Fundición	130 –140
Hormigón o revest. de Hormigón	120 –140

Fuente: www.afthap.com/descargas/perdidas%20carga.pdf

Tabla 6.10: Diámetros internos en mm. y Plg.

DIÁMETRO (Plg.)	½"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	10"
DIÁMETRO (mm.)	12.7	25.4	31.8	38.1	50.8	63.5	76.2	101.6	127	254

Fuente: Propia

Para calcular la pérdida total vamos a utilizar la formula:

$$P_t = J * L_{total}$$

Donde:

P_t= Pérdida total

J = Pérdidas de carga por cada metro de tubería (m).

L_{total}= Longitud total de la tubería

Para calcular la pendiente del terreno vamos a utilizar la formula:

$$P\% = \frac{DV}{DH}$$

Donde:

P%= Pendiente en porcentaje.

DV= Distancia vertical (m).

DH= Distancia horizontal. (m).

Para calcular el desnivel del terreno vamos a utilizar la formula:

$$M_t = \frac{L_T * P\%}{100}$$

Donde:

Mt= Desnivel del terreno (m).

L_{total}= Longitud total de la tubería (m).

P%= Pendiente en porcentaje.

Para calcular la presión residual vamos a utilizar la formula:

$$\Pr = Pt - Mt$$

Donde:

Pr= Presión residual

Mt= Desnivel del terreno (m).

Pt= Pérdida total

Para calcular la velocidad vamos a utilizar la formula:

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

Donde:

V = Velocidad de escurrimiento (m/s).

Q = Caudal (m³/s).

d = Diámetro interior de la tubería (m).

Para la presión de trabajo observamos la presión total comprobándola con la tabla que a continuación se presenta:

Tabla 6.11: Presión de trabajo por clases de tubería.

CLASE	4	6	10
m.c.a.	40	60	100
PSI (lb/pulg²)	57	85	142
Kg/cm²	4	6	10
bares	3.92	5.9	9.8
Atmósferas	3.87	5.81	9.68

La tubería que hemos de usar en nuestro sistema de riego será tubería **PVC** **clase 10**.

Tabla 6.12: Calculo de pérdidas por fricción en tubos PVC del sistema.

PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR FRICCIÓN EN LAS TUBERÍAS DE PVC

RAMAL	CAUDAL	DIÁMETRO ADOPTADO	C	J	LONG. TOTAL Lt.	PÉRDIDA TOTAL	DH	DV	PENDIENTE	DESNIVEL DEL TERRENO	PRESIÓN RESIDUAL	VELOCIDAD	PRESIÓN DE TRABAJO
	m³/seg	Ø INTERIOR REAL	PVC	m.c.a/1 m		(Pt)			%	Mt = Lt*%	Pr = Pt-Mt	m/s	C 10 100m.c.a
1	0.0188	102 mm.	150	0.0427	25.00 m.	1.07	25.0 m.	1 m.	4.0	1.00 m.	0.068 m.	2.32 m/seg	1.07 m.c.a
1.1	0.0018	51 mm.		0.01605	552.13 m.	8.86	507.4 m.	25 m.	4.9	27.21 m.	-18.34 m.	0.88 m/seg	8.86 m.c.a
1.2	0.0024	51 mm.		0.0272	173.91 m.	4.73	132.6 m.	9 m.	6.8	11.80 m.	-7.07 m.	1.18 m/seg	4.73 m.c.a
1.2.1	0.0007	25 mm.		0.0808	358.39 m.	28.94	280.3 m.	50 m.	17.8	63.93 m.	-34.99 m.	1.37 m/seg	28.94 m.c.a
1.2.2	0.0009	32 mm.		0.0433	462.88 m.	20.02	319.5 m.	61 m.	19.1	88.37 m.	-68.35 m.	1.13 m/seg	20.02 m.c.a
1.3	0.0146	102 mm.		0.0268	144.04 m.	3.87	110.6 m.	4 m.	3.6	5.21 m.	-1.34 m.	1.80 m/seg	3.87 m.c.a
1.3.1	0.0037	51 mm.		0.0619	821.06 m.	50.84	640.3 m.	99 m.	15.5	126.96 m.	-76.12 m.	1.83 m/seg	50.84 m.c.a
1.3.2	0.0106	102 mm.		0.0149	155.74 m.	2.32	155.7 m.	8 m.	5.1	8.00 m.	-5.68 m.	1.31 m/seg	2.32 m.c.a
1.3.2.1	0.0018	38 mm.		0.0674	524.41 m.	35.33	437.7 m.	68 m.	15.5	81.47 m.	-46.14 m.	1.60 m/seg	35.33 m.c.a
1.3.2.2	0.0043	64 mm.		0.0269	808.28 m.	21.71	498.7 m.	44 m.	8.8	71.31 m.	-49.60 m.	1.34 m/seg	21.71 m.c.a
1.3.2.3	0.0035	64 mm.		0.0192	829.22 m.	15.88	633.7 m.	35 m.	5.5	45.79 m.	-29.91 m.	1.12 m/seg	15.88 m.c.a

Fuente: Propia

Tabla 6.13: Diámetros de los tubos PVC adoptados para el sistema.

RAMAL	DIÁMETRO CALCULADO	DIÁMETRO FRICCIÓN	DIÁMETRO ADOPTADO	
1	4"	4 "	4"	102 mm.
1.1	2"	2 "	2"	51 mm.
1.2	2"	2 "	2"	51 mm.
1.2.1	1"	1 "	1"	25 mm.
1.2.2	1¼"	1 "	1¼"	32 mm.
1.3	4"	4 "	4"	102 mm.
1.3.1	2"	2 "	2"	51 mm.
1.3.2	4"	3 "	4"	102 mm.
1.3.2.1	1½"	1 "	1½"	38 mm.
1.3.2.2	2½"	2 "	2½"	64 mm.
1.3.2.3	2½"	2 "	2½"	64 mm.

Fuente: Propia

6.3.3. CALCULO DE PERDIDAS MENORES EN LAS TUBERÍAS DE CONDUCCIÓN

Además de las pérdidas de carga por rozamiento, se producen otro tipo de pérdidas que se originan en puntos singulares de las tuberías (cambios de dirección, codos, juntas, etc.) y que se deben a fenómenos de turbulencia. La suma de estas pérdidas de carga accidentales o localizadas más las pérdidas por rozamiento dan las pérdidas de carga totales.

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación

de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico (K).

Tabla 6.14: Coeficiente K para diferentes accesorios.

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES	
Accidente	K
Válvula esférica (totalmente abierta)	10
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5
Válvula de retención (totalmente abierta)	2
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-
T por salida lateral	1,80
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35

Fuente: www.miliarium.com/Paginas/Prontu/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga

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:

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

Donde:

V= Velocidad (m/s)

P= Presión.

Z= Altura (m)

$h_{f\ 1-2}$ = Σ pérdida de energía

La pérdida de energía $h_{f\ 1-2}$ 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.).
- También tenemos: **CONTRACCIÓN BRUSCA** cuyo coeficiente de contracción para el agua C_c . Se encuentra determinado por WEISBACH en la tabla siguiente:

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

Donde:

h_c = pérdida por contracción

V= Velocidad (m/s)

C_c = Coeficiente de contracción (tabla 6.11)

g= Gravedad (m/seg²)

Tabla 6.15: Coeficiente de contracción Cc.

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

Fuente: SILVA, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática

- **ENTRADA ABOCINADA** que es la pérdida a la entrada de un tubo desde un depósito la cual varía desde:

$$h = 0.01 * \frac{V^2}{2 * g} \approx 0.05 * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h= pérdida por entrada abocinada

V= Velocidad (m/s)

g= Gravedad (m/seg²)

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

Tabla 6.16: Cantidad de accesorios de cada ramal

CANTIDAD DE ACCESORIOS EN CADA RAMAL QUE PRODUCEN PERDIDAS MENORES

RAMAL	Longitud del ramal	Válvula esférica c/250m	Diámetro comercial adoptado	Empalme en T normal	Uniones en la tubería c/6m	Codo a 90G normal	Entrada abocinada normal	Contracción brusca	Tubería de menor diámetro	D1/D2	Cc.	Diferencia de altura hf. (m)
1	25.00 m.	0	101.6 mm.	0	4	0	1	0	-	0.000	1.000	3.00 m.
1.1	552.13 m.	2	50.8 mm.	13	92	3	0	1	101.6	0.500	0.681	25.00 m.
1.2	173.91 m.	1	50.8 mm.	3	29	2	0	1	101.6	0.500	0.681	9.00 m.
1.2.1	358.39 m.	1	25.4 mm.	7	60	4	0	1	50.8	0.500	0.681	50.00 m.
1.2.2	462.88 m.	2	31.8 mm.	5	77	5	0	1	50.8	0.626	0.721	61.00 m.
1.3	144.04 m.	1	101.6 mm.	1	24	2	0	0	-	0.000	1.000	4.00 m.
1.3.1	821.06 m.	3	50.8 mm.	15	137	7	0	1	101.6	0.500	0.681	99.00 m.
1.3.2	155.74 m.	1	101.6 mm.	1	26	0	0	0	-	0.000	1.000	8.00 m.
1.3.2.1	524.41 m.	2	38.1 mm.	5	87	6	0	0	101.6	0.375	0.655	68.00 m.
1.3.2.2	808.28 m.	3	63.5 mm.	16	135	3	0	0	101.6	0.625	0.721	44.00 m.
1.3.2.3	829.22 m.	3	63.5 mm.	22	138	3	0	0	101.6	0.625	0.721	35.00 m.

Fuente: Propia

Tabla 6.17: Perdidas menores de cada accesorio utilizado en los ramales.

PERDIDAS MENORES EN LOS ACCESORIOS

RAMAL	1		2						Σ de perdidas menores hf 1-2
	Longitud del ramal $f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	Valvula esferica c/250m $10 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Empalme en T normal $1.8 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Uniones en la tuberia c/6m $1.8 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Codo a 90G normal $0.9 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Entrada abocinada normal $0.05 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Contraccion brusca $\frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$		
1	246.06 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	7.2 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.05 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	(246.063 f + 7.25) $\frac{V^2}{2g}$	
1.1	10868.80 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	20 $\frac{V^2}{2g}$	23.4 $\frac{V^2}{2g}$	165.6 $\frac{V^2}{2g}$	2.7 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.219 $\frac{V^2}{2g}$	(10868.8 f + 211.92) $\frac{V^2}{2g}$	
1.2	3423.34 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	10 $\frac{V^2}{2g}$	5.4 $\frac{V^2}{2g}$	52.2 $\frac{V^2}{2g}$	1.8 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.219 $\frac{V^2}{2g}$	(3423.34 f + 69.619) $\frac{V^2}{2g}$	
1.2.1	14109.80 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	10 $\frac{V^2}{2g}$	12.6 $\frac{V^2}{2g}$	108 $\frac{V^2}{2g}$	3.6 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.219 $\frac{V^2}{2g}$	(14109.8 f + 134.42) $\frac{V^2}{2g}$	
1.2.2	14556.11 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	20 $\frac{V^2}{2g}$	9 $\frac{V^2}{2g}$	138.1 $\frac{V^2}{2g}$	4.5 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.150 $\frac{V^2}{2g}$	(14556.1 f + 172.25) $\frac{V^2}{2g}$	

PERDIDAS MENORES EN LOS ACCESORIOS

RAMAL	1	2						Σ de perdidas menores hf 1-2
	Longitud del ramal $f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$	Valvula esferica c/250m $10 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Empalme en T normal $1.8 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Uniones en la tubería c/6m $1.8 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Codo a 90G normal $0.9 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Entrada abocinada normal $0.05 \cdot \frac{V^2}{2g}$	Contraccion brusca $\frac{V^2}{2g} \left(\frac{1}{Cc} - 1 \right)^2$	
1.3	1417.75 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	10 $\frac{V^2}{2g}$	1.8 $\frac{V^2}{2g}$	43.2 $\frac{V^2}{2g}$	1.8 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	(1417.75 f + 56.8) $\frac{V^2}{2g}$
1.3.1	16162.69 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	30 $\frac{V^2}{2g}$	27 $\frac{V^2}{2g}$	246.1 $\frac{V^2}{2g}$	6.3 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.219 $\frac{V^2}{2g}$	(16162.7 f + 310.12) $\frac{V^2}{2g}$
1.3.2	1532.83 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	10 $\frac{V^2}{2g}$	1.8 $\frac{V^2}{2g}$	46.8 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	(1532.83 f + 58.6) $\frac{V^2}{2g}$
1.3.2.1	13764.13 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	20 $\frac{V^2}{2g}$	9 $\frac{V^2}{2g}$	156.1 $\frac{V^2}{2g}$	5.4 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.277 $\frac{V^2}{2g}$	(13764.1 f + 191.28) $\frac{V^2}{2g}$
1.3.2.2	12728.76 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	30 $\frac{V^2}{2g}$	28.8 $\frac{V^2}{2g}$	243 $\frac{V^2}{2g}$	2.7 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.150 $\frac{V^2}{2g}$	(12728.8 f + 304.65) $\frac{V^2}{2g}$
1.3.2.3	13058.60 $f \cdot \frac{V^2}{2g}$	30 $\frac{V^2}{2g}$	39.6 $\frac{V^2}{2g}$	248.1 $\frac{V^2}{2g}$	2.7 $\frac{V^2}{2g}$	0 $\frac{V^2}{2g}$	0.150 $\frac{V^2}{2g}$	(13058.6 f + 320.85) $\frac{V^2}{2g}$

Fuente: Propia

Tabla 6.18: Calculo de hf., mediante perdidas menores.

μ= 0.0131 cm²/seg 1.3E-06 m²/seg
 E= 0.00001 m

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

$$R = \frac{V * D}{\nu}$$

RAMAL	D (mm)	P1	Z1 (m)	V1 (m/s)	P2	Z2 (m)	V2	hf 1-2	impongo f	V2 (m/s)	R	E/D	hf (m)
1	102	P atm	1	0.00	$\gamma h / \gamma$	0	?	(246.0629921 f + 7.25) $\frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.188	9.22E+04	0.00010	0.871
					h=D/2				0.0160	1.236	9.58E+04	0.00010	
					h=102/2				0.0161	1.234	9.57E+04	0.00010	
					h= 51 mm.				0.0161	1.234	9.57E+04	0.00010	
1.1	51	P1=P2	25	1.23	P2=P1	0	?	(10868.79724 f + 211.92) $\frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.069	4.14E+04	0.00020	25.023
									0.0225	1.037	4.02E+04	0.00020	
									0.0228	1.033	4.01E+04	0.00020	
									0.0228	1.033	4.01E+04	0.00020	
1.2	51	P1=P2	9	1.23	P2=P1	0	?	(3423.34252 f + 69.62) $\frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.131	4.39E+04	0.00020	9.016
									0.0221	1.103	4.28E+04	0.00020	
									0.0222	1.102	4.27E+04	0.00020	
									0.0222	1.102	4.27E+04	0.00020	
1.2.1	25	P1=P2	50	1.10	P2=P1	0	?	(14109.80315 f + 134.42) $\frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.533	2.97E+04	0.00039	49.960
									0.0250	1.418	2.75E+04	0.00039	
									0.0251	1.416	2.74E+04	0.00039	
									0.0251	1.416	2.74E+04	0.00039	
1.2.2	32	P1=P2	61	1.10	P2=P1	0	?	(14556.10692 f + 172.25) $\frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.605	3.90E+04	0.00031	60.943
									0.0231	1.533	3.72E+04	0.00031	
									0.0234	1.526	3.70E+04	0.00031	
									0.0234	1.526	3.70E+04	0.00031	

RAMAL	D (mm)	P1	Z1 (m)	V1 (m/s)	P2	Z2 (m)	V2	hf 1-2	impongo f	V2 (m/s)	R	E/D	hf (m)
1.3	102	P1=P2	4	1.23	P2=P1	0	?	$(1417.751 f + 56.80) \frac{V^2}{2g}$	0.0200	0.963	7.47E+04	0.00010	4.030
									0.0193	0.969	7.51E+04	0.00010	
									0.0194	0.968	7.51E+04	0.00010	
									0.0194	0.968	7.51E+04	0.00010	
1.3.1	51	P1=P2	99	0.97	P2=P1	0	?	$(16162.69 f + 310.12) \frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.749	6.78E+04	0.00020	98.894
									0.0205	1.738	6.74E+04	0.00020	
									0.0206	1.736	6.73E+04	0.00020	
1.3.2	102	P1=P2	8	0.97	P2=P1	0	?	$(1532.829 f + 58.60) \frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.322	1.03E+05	0.00010	7.954
									0.0172	1.355	1.05E+05	0.00010	
									0.0171	1.356	1.05E+05	0.00010	
1.3.2.1	38	P1=P2	68	1.36	P2=P1	0	?	$(13764.13 f + 191.28) \frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.690	4.91E+04	0.00026	67.954
									0.0215	1.653	4.81E+04	0.00026	
									0.0214	1.656	4.82E+04	0.00026	
									0.0214	1.656	4.82E+04	0.00026	
1.3.2.2	64	P1=P2	44	1.36	P2=P1	0	?	$(12728.76 f + 304.65) \frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.242	6.02E+04	0.00016	44.017
									0.0214	1.223	5.93E+04	0.00016	
									0.0213	1.224	5.93E+04	0.00016	
									0.0213	1.224	5.93E+04	0.00016	
1.3.2.3	64	P1=P2	35	1.36	P2=P1	0	?	$(13058.6 f + 320.85) \frac{V^2}{2g}$	0.0200	1.086	5.27E+04	0.00016	35.035
									0.0212	1.072	5.20E+04	0.00016	
									0.0213	1.071	5.19E+04	0.00016	
									0.0213	1.071	5.19E+04	0.00016	

Fuente: Propia

Tabla 6.19: Resumen de pérdidas

RESUMEN DE TODAS LAS PERDIDAS CALCULADAS EN LOS RAMALES DEL PROYECTO

RAMAL	1	1.1	1.2	1.2.1	1.2.2	1.3	1.3.1	1.3.2	1.3.2.1	1.3.2.2	1.3.2.3
hf Crítico (tabla 6.7)	1.00 m.	25.00 m.	9.00 m.	50.00 m.	61.00 m.	4.00 m.	99.00 m.	8.00 m.	68.00 m.	44.00 m.	35.00 m.

RAMAL	1	1.1	1.2	1.2.1	1.2.2	1.3	1.3.1	1.3.2	1.3.2.1	1.3.2.2	1.3.2.3
hf Calculado (tabla 6.17)	0.87 m.	25.02 m.	9.02 m.	49.96 m.	60.94 m.	4.03 m.	98.89 m.	7.95 m.	67.95 m.	44.02 m.	35.04 m.
hf Fricción (tabla 6.12)	0.07 m.	-18.34 m.	-7.07 m.	-34.99 m.	-68.35 m.	-1.34 m.	-76.12 m.	-5.68 m.	-46.14 m.	-49.60 m.	-29.91 m.
hf_{Real} = hf_{Cal} + hf_{Fric}	0.94 m.	6.68 m.	1.94 m.	14.97 m.	-7.40 m.	2.69 m.	22.77 m.	2.27 m.	21.81 m.	-5.58 m.	5.12 m.

RAMAL	1	1.1	1.2	1.2.1	1.2.2	1.3	1.3.1	1.3.2	1.3.2.1	1.3.2.2	1.3.2.3
	1>0.94	25>6.68	9>1.94	50>14.97	61>-7.40	4>2.69	99>22.77	8>2.27	68>21.81	44>-5.58	35>5.12
hf_{Cri} > hf_R	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Propia

Como expusimos anteriormente en el ítem **6.3.3**, la suma de pérdidas calculadas o localizadas más las pérdidas por rozamiento o fricción nos dan las pérdidas totales o reales como esta realizado en la **tabla 6.19**.

Debemos comprobar que las pérdidas totales o reales no sean mayores que las críticas, esto quiere decir que el agua que se va a transportar fluya con la menor cantidad de pérdidas y también que los diámetros calculados anteriormente cumplen para un buen funcionamiento del sistema.

6.3.4. DISEÑO DE LA BOMBA

Para establecer un diseño de la bomba, se consulto con **HIDROSISTEMAS**, el cual explico que el mejor tipo de equipo para este tipo de trabajo es una **BOMBA SUMERGIBLE**, por la distancia recorrer en la conducción y la altura a sobrepasar, ya que la fuente se encuentra en el subsuelo a 70 m. como se explica en el estudio geofísico en el **CAPITULO IV**.

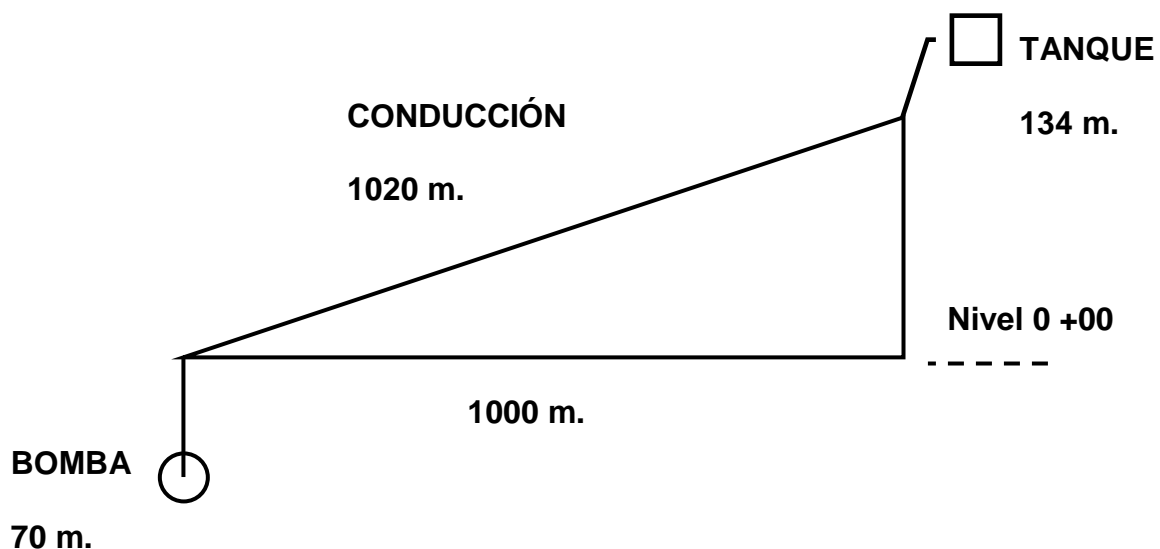
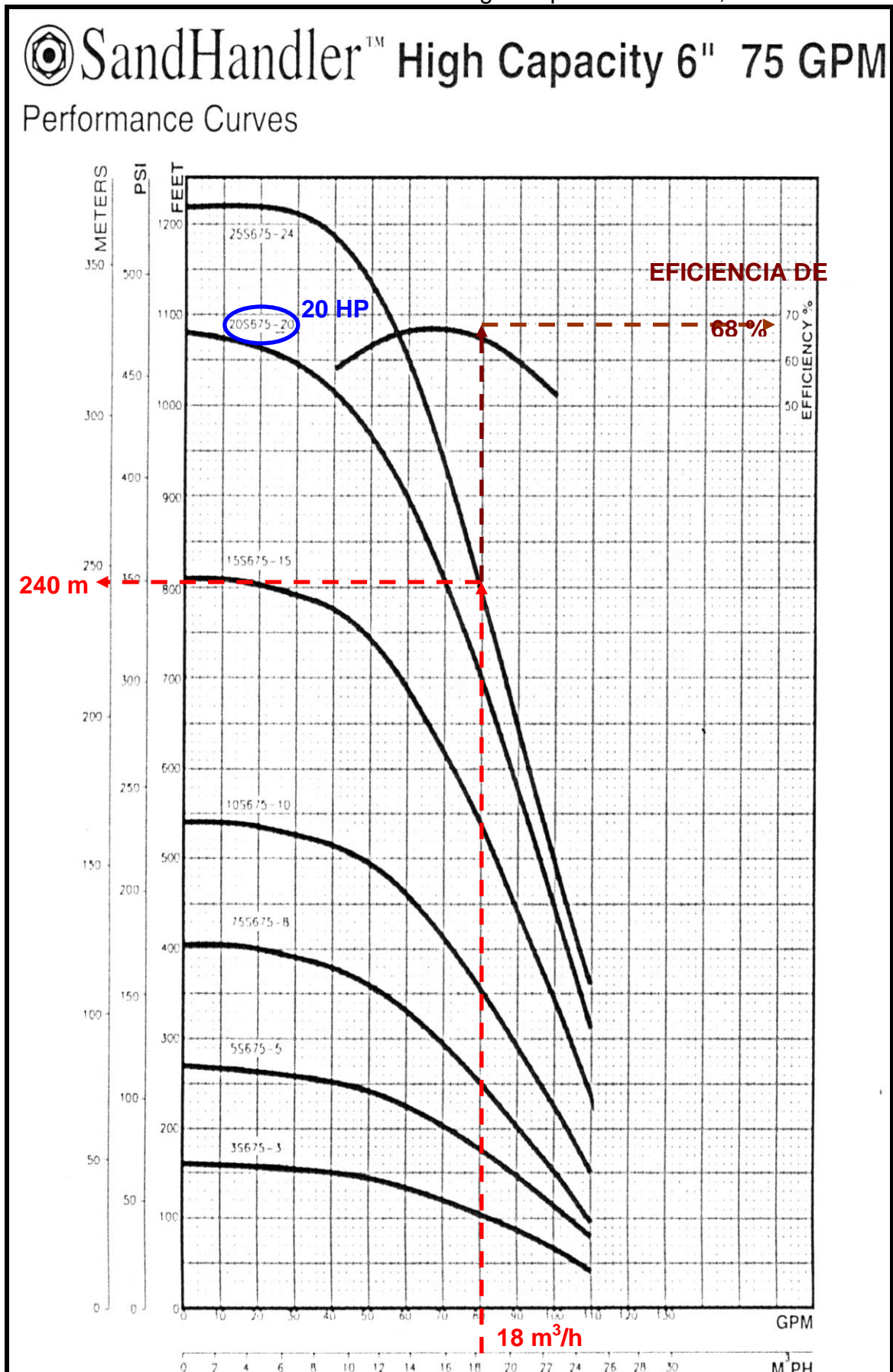


Tabla 6.20: Determinación de bombas sumergibles por medio de Q, altura.



Los datos que tenemos para conocer que características tiene la bomba, principalmente los caballos de fuerza, son:

Q= 5 lit/seg. → 18 m³/h.

Altura= 204 m.

Como vemos en la tabla la bomba que debemos implementar en el sistema de riego es una **BOMBA SUMERGIBLE DE 20 HP**, este tipo de bomba alcanza una altura de trabajo de 240 m con el caudal propuesto de 18 m³/h. al mismo tiempo se puede observar que este tipo de bomba tiene una eficiencia de trabajo del **68%** la cual se encuentra en un rango adecuado.

Tabla 6.21: Determinación de bombas sumergibles por medio de Q, altura.

ACCESORIOS	UNIDAD	Longitud (m)	TOTAL
BOMBA COMPLETA	1 de 15 a 20 HP	-	1 unid.
VÁLVULAS C/250 m	-	4	4 unid.
TUBERÍA de 5" CONDUCCIÓN	-	1020.00	1090. m.
TUBERÍA de 5" POZO	-	70	
UNIONES DE TUBERÍA C/6m	-	182.00	182 unid

NOTA: Hidrosistemas ha presupuestado una bomba de 15 HP, motivo por el cual esta alcanza los límites justos de nuestros parámetros, además este tipo de bombas no se encuentran en el mercado ecuatoriano, por lo cual se tiene que importar.

6.4. EMISORES DE AGUA O ASPERSORES

Los emisores o aspersores de agua son los dispositivos que distribuyen el agua en forma de lluvia, son parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, alcance, partes, tipo de lluvia, etc. deben formar parte del diseño de nuestro estudio.

La elección de la ubicación de los aspersores, es un apartado de suma importancia, en el momento de proyectar un riego a fin de obtener una óptima y regular distribución del agua en la superficie a regar. Se deberá tener una especial atención para asegurarse de que toda la superficie a regar queda efectivamente cubierta. Las áreas irregulares, presencia de árboles, arbustos etc., imponen un ajuste en la ubicación de los aspersores, generando figuras geométricas irregulares o de formas no perfectamente congruentes. Por este motivo es necesario actuar con un poco de subjetividad a la hora de ubicar los aspersores y de escoger la separación adecuada entre ellos, respetando al máximo posible las distancias marcadas por las características dadas por el fabricante.

No se debe escatimar tiempo en reflexionar sobre las posibles soluciones (nunca es única), ya que una buena elección y distribución de los emisores hará que nuestra instalación sea económica y eficaz, es decir, se debe buscar la solución más económica de las que cumplan con las necesidades demandadas por las plantas.

La elección no es sencilla debido a la gran oferta que el mercado del riego pone a nuestra disposición.

Nuestra elección debe estar basada en función de tres parámetros principalmente:

- ✓ Áreas a regar.
- ✓ Tipo de plantas a regar.
- ✓ Caudal y presión disponibles.

Área a regar: Dependiendo de la forma y extensión a regar debemos utilizar uno u otro tipo de emisor. Para grandes extensiones se pondrán aspersores, ya que son los que más radio de alcance tienen (entre 8-13 m y caudales entre 0,4-2 m³/h y en aspersores para grandes superficies entre 12-20 m y caudales entre 1 y 6 m³/h). Para zonas más estrechas conviene colocar difusores debido a su menor radio de alcance (entre 3-5 m y caudales entre 0,3-0,9 m³/h).

Tipos de plantas a regar: Aquí lo que debemos tener en cuenta es la cantidad de suelo ocupado por las raíces de las plantas a regar, por ejemplo si se trata de pasto, las raíces ocuparían la totalidad de la capa superficial del suelo, con lo que deberíamos suministrar el agua sobre toda la superficie a modo de lluvia. Sin embargo si se trata de una planta aislada, como podría ser un árbol o un arbusto, las raíces se encuentran en una zona más o menos localizada, y bastaría la utilización de un sistema que nos suministrara el agua solo en esa

zona, y no derrochar así agua, ni alimentar otro tipo de plantas no deseadas (malas hierbas).

Caudal y presión disponibles: Mas que el caudal, el factor limitante es la presión, ya que si tenemos poco caudal podemos regar aunque necesitemos mayor tiempo de riego, sin embargo si falta presión no podemos regar, a no ser que la elevemos mediante la utilización de una bomba.

Respetaremos siempre las características de los emisores en lo referente a caudal, presión de funcionamiento, alcance, pluviometría.

6.4.1. DATOS TÉCNICOS

Como indicamos anteriormente existe una variada gama de tipos de aspersores, mediante una visita a **ISRARIEGO**, se nos explicó como determinar el tipo de aspersores, esto se da más por el caudal, presión y por la variedad de cultivos de la zona proyectada para el riego, además como hay varios tipos de aspersores se debe observar cuál de ellos se encuentra en el mercado, escogiendo el siguiente tipo de aspersor el cual si se encuentra de venta dentro del mercado ecuatoriano.

Tabla 6.21: Mini Aspersor turbo martillo, de bajo volumen 501 – U (SISTEMAS IRRISTAND), datos técnicos.

BOQUILLA COLOR	P bar.	Q m ³ /ha	Q l/ha	D m
1.8 VERDE	1.5	0.15	150	12
	2	0.17	170	13
	2.5	0.19	190	13
	3	0.21	210	14
	3.5	0.23	230	14

BOQUILLA ESTÁNDAR**ESP. MÁX. 10 mts.****Fuente:** Aspersores Agrícolas Naandan (ISRARIEGO)**CARACTERÍSTICAS:**

- Gotitas de muy fino tamaño para el riego suave de todo tipo de cultivos.
- Excelente distribución de agua.
- Acoples rápidos codificados a color para una fácil identificación.
- Fácil mantenimiento.
- Resistencia a la corrosión y a los agentes externos.

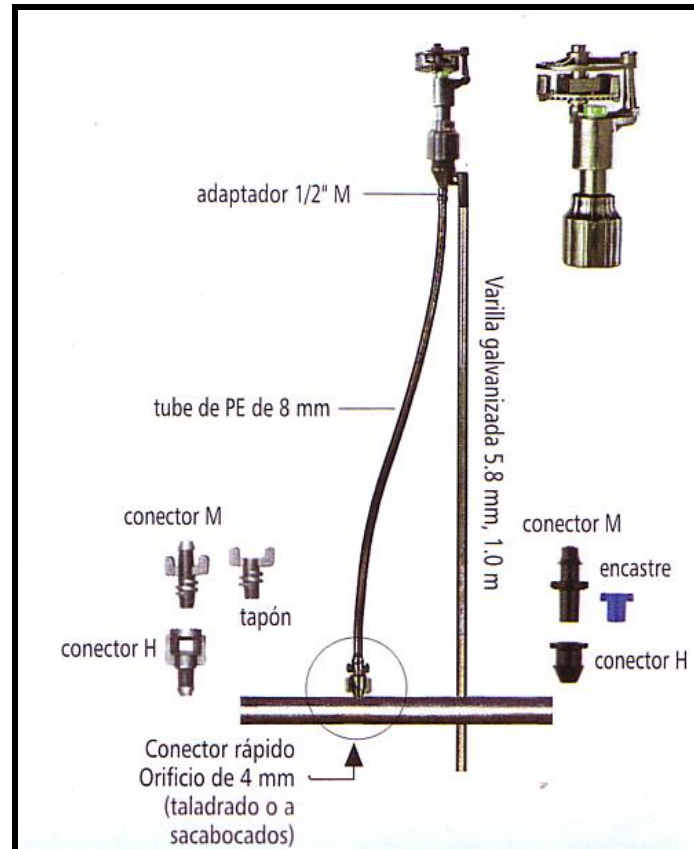


Fig. 6.3: Mini Aspersor turbo martillo, de bajo volumen 501 – U (SISTEMAS IRRISTAND)

6.5. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

La programación de riego tiene por finalidad el ahorro de agua y de energía sin reducir la producción, tratando de responder a las siguientes preguntas:

- ✓ Cuando se debe regar.
- ✓ Cuanta cantidad de agua se debe aplicar en cada riego.
- ✓ Cuanto tiempo se debe aplicar el agua en cada riego.

En el caso de la aspersión, la permeabilidad del suelo no tiene mucha importancia ya que este entrega el agua en forma de lluvia la misma que debe infiltrarse.

Solo hay que respetar una condición la cual es:

La densidad de aspersión del aparato (aspersor) debe ser menor o igual a la velocidad de infiltración K del agua del suelo.

$$\delta \leq K$$

Donde:

δ = densidad de aspersión del aparato.

K = velocidad de infiltración.

Salvo para suelos casi impermeables esta condición se obtiene sin dificultad.

Para nuestro sistema de riego como lo indicamos anteriormente disponemos de un caudal de 5 lit/seg., con este caudal no podremos satisfacer las demandas de riego por lo que se tiene que distribuir en sub. Áreas o sectores, distribuyendo los ramales en tres zonas de riego como detallamos a continuación:

Tabla 6.22: Distribución de sub. áreas para el riego.

SUB. ÁREAS	RAMAL	Q / RAMAL INDIVIDUAL	Q /SUB. ÁREA
1	1.2	0.79 lit/seg.	6.37 lit/seg.
	1.2.1	0.70 lit/seg.	
	1.2.2	0.90 lit/seg.	
	1.3	0.27 lit/seg.	
	1.3.1	3.72 lit/seg.	
2	1.1	1.79 lit/seg.	6.34 lit/seg.
	1.3.2	1.01 lit/seg.	
	1.3.2.3	3.54 lit/seg.	
3	1.3.2.1	1.83 lit/seg.	6.08 lit/seg.
	1.3.2.2	4.26 lit/seg.	
		18.80 lit/seg.	18.80 lit/seg.

Fuente: Propia

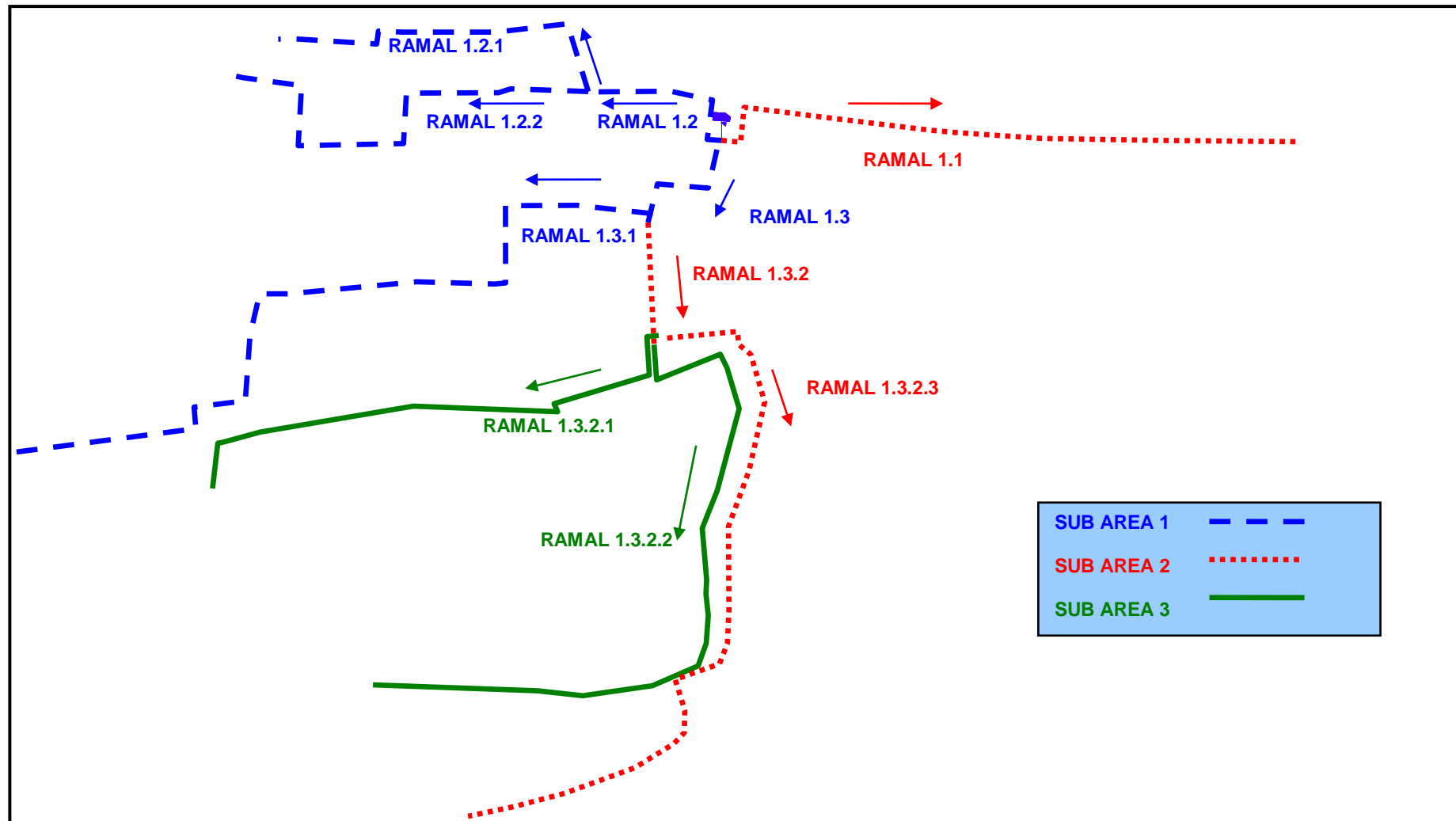


Fig. 6.4: Distribución de sub. áreas en la zona de proyecto

Como podemos observar en la **tabla 6.22** aproximadamente el caudal a distribuir cada día en cada área es de 6.37 lit/seg. (Tomando el caudal mayor), vemos que ese caudal sobrepasa el caudal que tenemos de nuestra fuente que es de 5 lit/seg. , por lo que se tiene que construir un tanque reservorio para suplir este caudal faltante.

Como sabemos nuestro proyecto es un riego por aspersión por bombeo lo cual se va a bombear agua durante 13.5 horas, y el resto del tiempo que es de 10.5 horas se va a entregar la respectiva agua para poder realizar el riego.

CAUDAL NECESARIO DE RIEGO	18.8 Lit/seg.
CAUDAL DEL ACUÍFERO	5 Lit/seg.
TIEMPO DE BOMBEO	13.5 h
TIEMPO DE RIEGO	10.5 h

$$V = Q_{ACUÍFERO} * T$$

$$V = 5 \frac{\text{lit}}{\text{seg}} * 13.5 \text{ h} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}}$$

VOLUMEN DEL TANQUE= 243000 Lit.

CAUDAL A DISTRIBUIR POR DIA

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q = \frac{243000 \text{ lit}}{10.5 \text{ h} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}}}$$

Q= 6.429 Lit/seg.

El caudal obtenido es de **6.429 lit/seg.** El mismo que puede suplir el caudal de las sub. áreas de riego sin ningún problema.

En el proyecto se dará 10.5 horas de agua en el día a partir de las 06h00 hasta las 16h30, y el tiempo restante del día donde no se abastece de riego se bombeará el agua y se almacenará en el tanque reservorio lo cual son 13.5 horas a partir de las 16h30 hasta las 06h00.

La programación de riego se la realizará por el método de distribución por rotación o por turnos.

6.5.1. MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN POR TURNOS

Método utilizado donde las propiedades de los usuarios son bastante fraccionadas, tomando en cuenta que el proyecto consta de 161 lotes en 57.5 ha., este método es el más adecuado para ser aplicado en nuestro proyecto.

6.5.1.1. PRINCIPIO DEL MÉTODO⁶

“No se hace llegar el agua a cada propietario sino 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”.

⁶ Principio del método de distribución, tomado textualmente del libro **EL REGADÍO**, de Maurice Poirre y Charles Ollier, Pág. 226

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.

6.5.2. DENSIDAD DE ASPERSIÓN

El caudal del aparato escogido o del grupo de aparatos funcionando simultáneamente es el módulo “**m**” de riego; la superficie regada por este o estos aparatos es la unidad de parcelaria de riego “**s**”; así, pues, el resultado de dividir estos dos parámetros nos expresa la densidad de riego llamada **densidad de aspersión** y que está fijada independientemente de las características del suelo, y que no tiene que ver con la velocidad de infiltración **K**.

$$\delta = \frac{m}{s}$$

Donde:

δ = Densidad de aspersión expresada comercialmente en mm. /h

En este método de riego (aspersión), cada punto de la parcela regada recibe directamente el agua que se le destina y no peligra de ser privada de ella por el hecho de ser un suelo muy permeable cuyas únicas partes de cota alta absorberían la totalidad del caudal suministrado.

Por tanto, incluso si δ no es más que la mitad o la décima parte de K , el riego se lo hará aun en buenas condiciones; bastara con aumentar en razón inversa la duración t del riego.

Estas consideraciones hacen entender porque en tierras muy permeables el riego por aspersión si es posible y con resultados óptimos.

Por lo general la densidad de aspersión está comprendida entre:

2 mm. /h y 20 mm.

La permeabilidad puede variar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6.23: Parámetros de K y δ de acuerdo a la permeabilidad.

PERMEABILIDAD DEL TIPO DE SUELO	VEL. INFILTRACIÓN K	DENSIDAD DE ASPERSIÓN δ
Tierras con permeabilidad media	10^{-5} m/seg. < $K < 10^{-4}$ m/seg.	10 mm. / h
Tierras compactas e impermeables	$K > 10^{-4}$ m/seg.	< 2 mm. / h

Fuente: El Regadío, Maurice Poirre y Charles Ollier

6.5.3. DOSIS Y DURACIÓN DEL RIEGO

La determinación de la dosis en el caso de riego por aspersión no lleva consigo ninguna sujeción especial en principio, en la práctica es corriente, en tal método, regar cada semana entonces la dosis de riego será igual a cuatro necesidades mensuales.

Sea **dr** esta dosis real expresada en agua en altura, la duración **t** será en función de la dosis y la densidad de aspersión.

$$t = \frac{dr}{\delta}$$

Donde:

t = Tiempo (h)

dr = Dosis real (mm.)

δ = Densidad de aspersión (mm. /h)

Dp= 800 m³/ha
DENSIDAD DE ASPERSIÓN δ= 10 mm./h
VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN K= 1.0E-04 m./seg.

CAUDAL 18.8 Lit. /seg. 0.0188 m³/seg.

CAUDAL EN 1 MES $Q = 0.01880 \frac{m^3}{seg} * \frac{2592000 seg}{1 mes}$

Q= 48729.6 m³/mes

ÁREA PROYECTO 57.58 ha

CAUDAL EN 1 ha $Q = \frac{48729.6 \frac{m^3}{mes}}{57.58 ha}$

$$Q = 846.27590 \text{ m}^3/\text{mes}/\text{ha}$$

$$N = \frac{Q}{Dp}$$

$$N = \frac{846.27 \text{ m}^3 / \text{ha} / \text{mes}}{800 \text{ m}^3 / \text{ha}}$$

$$N = 1.1$$

$$N * T = 1 \text{ mes}$$

$$T = 1$$

$$Dr = \frac{846.27}{1.1}$$

$$Dr = 769.3417261 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\Rightarrow 769.34 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} * 1 \frac{\text{ha}}{10000 \text{m}^2}$$

$$Dr = 0.076934173 \text{ m}$$

ASPERSOR:

$$Q = 230 \text{ lit/h}$$

TIPO DE ASPERSOR

$$m = 230 \frac{\text{lit}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} =$$

$$m = 0.063888889$$

CANTIDAD DE ASPERSORES DEL PROYECTO

292 Unid.

Q TOTAL DE ASPERSORES

$$m = 0.0588 \frac{\text{lit}}{\text{seg}} * 292 =$$

$$m = 18.655555 \text{ Lit/seg.}$$

$$\delta \leq K$$

$$\delta = 10 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} =$$

$$\begin{aligned} \delta &= 2.77778E-06 \\ \delta &= 2.77778E-06 < 1.0E-04 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$t = \frac{Dr}{\delta}$$

$$\frac{0.0769 \text{ m}}{0.010 \text{ m/h}} =$$

$$t = 7.693417261 \text{ h}$$

7h 41 min.

Con las 7 horas calculadas argumento que las 10.5 horas de riego son justificables para dotar de agua al proyecto y así poder dotar del caudal total.

Como se estableció en el capítulo, el sistema de riego se lo hará por turnos, y establecimos las tras sub.-áreas de riego, esto evidencia a simple vista que los riegos se los realizaría como se indica en la siguiente tabla y a su vez con los cálculos se justifica el tiempo de regado.

Tabla 6.24: Distribución semanal

LUNES	→ SUB. ÁREA 1
MARTES	→ SUB. ÁREA 2
MIÉRCOLES	→ SUB. ÁREA 3
JUEVES	→ SUB. ÁREA 1
VIERNES	→ SUB. ÁREA 2
SÁBADO	→ SUB. ÁREA 3
DOMINGO	→ MATTO.

6.5.4. DISPOSICIÓN POR ASPERSORES

Siendo circular la superficie regada por los aspersores, estos círculos deben solaparse o cortarse, no solo para que la totalidad de la superficie del suelo sea regada, sino también para que el riego sea uniforme, como se puede observar en las **Fig. 6.5 y Fig. 6.6**

Para esta ubicación se toma el radio del círculo aproximadamente a los **9/10** del alcance del chorro para tener igualmente en cuenta la acción del viento que lo desplaza.

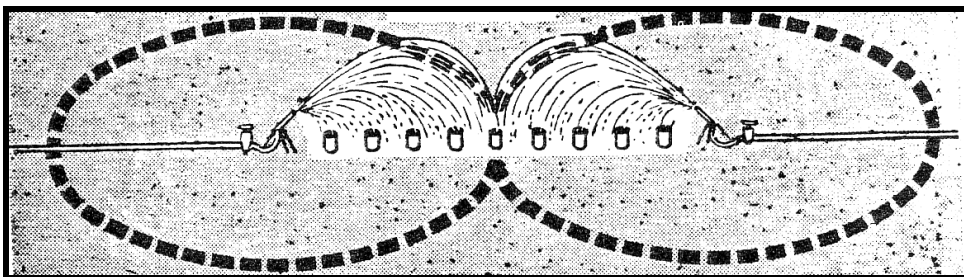


Fig. 6.5 Disposición **no adecuada** de los aspersores, los puntos exteriores no reciben toda el agua precisa, cuando los círculos regados no se cortan.

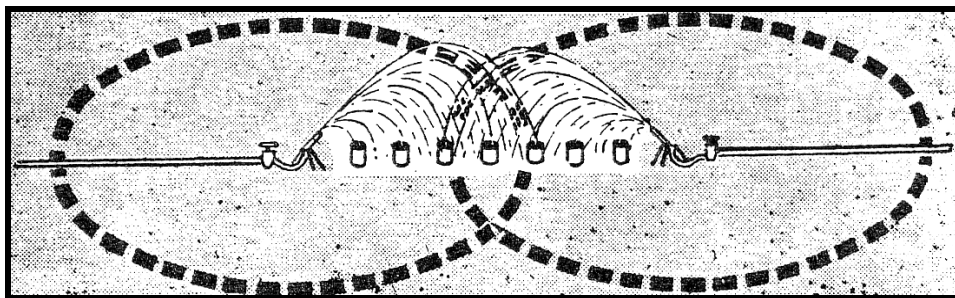


Fig. 6.6 Disposición **adecuada** de los aspersores, los puntos exteriores reciben toda el agua precisa, cuando los círculos regados se cortan.

6.5.5. NUMERO DE MOVIMIENTOS AL DIA DEL SISTEMA

El número de movimientos está establecido por los acoples rápidos que tenga el área a regar, como vemos en la **Fig. 6.7** tenemos 6 acoples rápidos y 3 aspersores en la línea, los cuales regaran las 10.5 horas establecidas para el riego, estos rotaran por todo el terreno hasta cubrir toda el área pero solo en el tiempo establecido, hay que recordar que la rotación depende del dueño de la parcela el mismo que tendrá la responsabilidad de mover la línea para tener una correcta distribución del agua, caso contrario el líquido se desperdiciara y los cultivos no tendrán la adecuada lamina de agua.

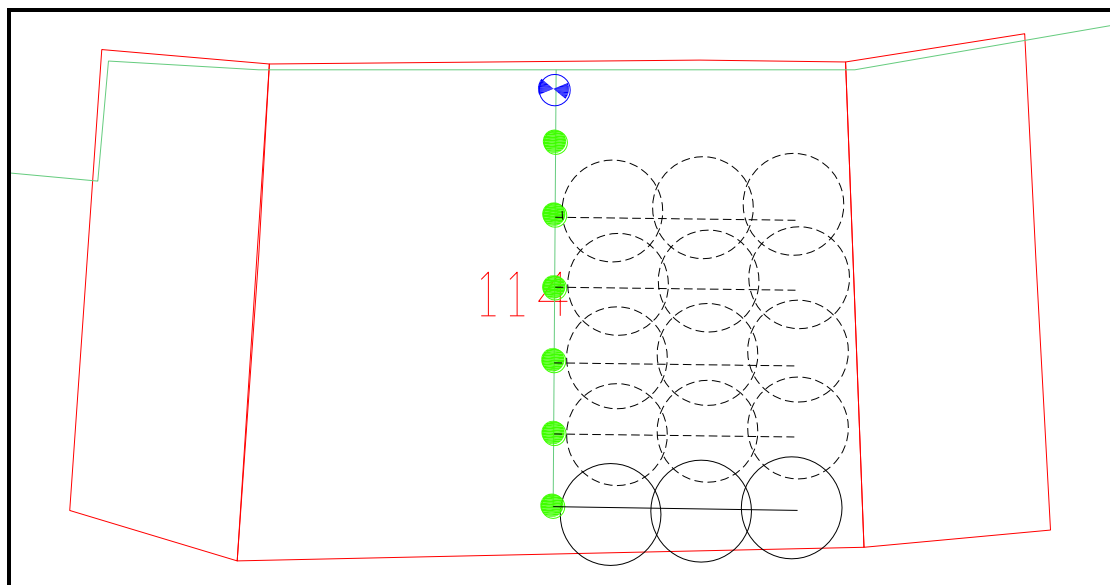


Fig. 6.7 Movimientos de una línea de riego en los acoples rápidos con sus aspersores.

El tiempo en cada acople rápido esta dado por la siguiente expresión:

$$t_{c \text{ acople}} = \frac{\text{tiempo de riego}}{\# \text{movimientos} - \text{dia}}$$

El número de movimientos se encuentra especificado en el **ANEXO “B”**: Distribución de movimientos del Proyecto Riego por aspersión por Bombeo, parroquia Aláquez

El plano del diseño del sistema de riego por aspersión, se encuentra en el **ANEXO “G”** de planos, donde se encuentra detallado todo el sistema.

A continuación se presenta un resumen de las longitudes de tuberías y materiales del sistema de riego:

Tablas 6.25: Resumen de tuberías principales, secundaras y tubería de aspersores del sistema de riego.

RAMAL	DIÁMETRO ADOPTADO	RAMAL DE CONDUCCIÓN m.	NÚM. TUBOS 6m.	UNIONES EN TUBOS C/6m	VÁLVULAS CONDUCCIÓN	Empalme en T normal	Codo a 90G normal
1	4"	25.00 m.	4	4	0	0	0
1.1	2"	552.13 m.	92	92	2	13	3
1.2	2"	173.91 m.	29	29	1	3	2
1.2.1	1"	358.39 m.	60	60	1	7	4
1.2.2	1¼"	462.88 m.	77	77	2	5	5
1.3	4"	144.04 m.	24	24	1	1	2
1.3.1	2"	821.06 m.	137	137	3	15	7
1.3.2	4"	155.74 m.	26	26	1	1	0
1.3.2.1	1½"	524.41 m.	87	87	2	5	6
1.3.2.2	2½"	808.28 m.	135	135	3	16	3
1.3.2.3	2½"	829.22 m.	138	138	3	22	3
TOTAL		4855.07	809	809	19	88	35

RESUMEN PRINCIPALES						
DIÁMETRO	Longitud (m)	TUBOS 6m	UNIONES C/6m	VÁLVULAS	EMPALME T	CODO 90
4"=	324.78	54	54	2	2	2
2"=	1547.11	258	258	6	31	12
2½"=	1637.50	273	273	6	38	6
1½"=	524.41	87	87	2	5	6
1¼"=	462.88	77	77	2	5	5
1"=	358.39	60	60	1	7	4
TOTAL =	4855.07	809	809	19	88	35

RAMAL	DIÁMETRO ADOPTADO	RAMAL DE DISTRIBUCIÓN m.	NÚM. TUBOS 6m.	UNIONES EN TUBOS C/6m	VÁLVULAS CONDUCCIÓN	Empalme en normal T	Codo a 90G normal
1	-	-	-	-	-	-	-
1.1	1"	2616.60	436	436	28	14	14
1.2	1"	807.87	135	135	8	5	2
1.2.1	1"	541.67	90	90	8	0	2
1.2.2	1"	859.98	143	143	9	0	1
1.3	2"	447.33	75	75	4	3	0
1.3.1	1"	3163.07	527	527	34	18	18
1.3.2	2"	671.65	112	112	5	3	2
1.3.2.1	1"	955.05	159	159	6	0	5
1.3.2.2	1"	3143.71	524	524	31	14	13
1.3.2.3	1"	2536.76	423	423	26	2	6
TOTAL		15743.68	2624	2624	159	59	63

RESUMEN						
SECUNDARIAS						
DIÁMETRO	Longitud (m)	TUBOS 6m	UNIONES C/6m	VÁLVULAS	EMPALME T	CODO 90
2"=	1118.98	187	187	9	6	2
1"=	14624.70	2437	2437	150	53	61
TOTAL =	15743.68	2624	2624	159	59	63

RAMAL	L. TUBERÍA ASPERSOR	ACOPLES RÁPIDOS	ASPERSORES	FINAL DE LÍNEA (TAPÓN)
	m.	u.	u.	u.
1	-	-	-	-
1.1	208.60	208	29	28
1.2	131.60	60	14	8
1.2.1	119.00	54	13	8
1.2.2	126.00	80	14	9
1.3	53.20	35	6	4
1.3.1	565.60	245	60	34
1.3.2	198.80	49	18	5
1.3.2.1	180.60	86	17	6
1.3.2.2	658.00	248	66	31
1.3.2.3	547.40	224	55	26
TOTAL	2788.80	1289	292	159

TUB. DE ASPERSOR (manguera)				
DIÁMETRO	Longitud (m)	Acoples rápidos	Aspersores	Final de línea (TAPÓN)
1"=	2788.80	1289	292	159
TOTAL =	2788.80	1289	292	159

6.6. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para nuestro diseño es de fundamental importancia construir un tanque de almacenamiento por lo cual nuestra agua va a ser bombeada desde un pozo, la misma que debe ser depositada en esta estructura.

Por lo tanto el diseño será un tanque cuadrado de superficie (losa de fondo asentada en el suelo) el mismo que abarcara un volumen establecido en los cálculos, dato que es primordial para dar dimensiones a nuestro tanque.

CAUDAL DEL ACUÍFERO	5 Lit/seg.
TIEMPO DE BOMBEO	13.5 horas

$$V = Q_{ACUÍFERO} * T$$

$$V = 5 \frac{\text{lit}}{\text{seg}} * 13.5 \text{ h} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}}$$

VOLUMEN DEL TANQUE=	243000	litros
VOLUMEN DEL TANQUE=	243.0	m³

El diseño a detalle del Tanque de almacenamiento se encuentran en el **ANEXO “C”**: DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO, con su respectivo plano estructural, en el **ANEXO “G”** de planos

CAPÍTULO VII

7. PRESUPUESTO

7.1. PRESUPUESTO DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN SECUNDARIAS, REGANTES Y CONDUCCIÓN DE LA BOMBA

Valor presupuestado: \$ 105,820.16

PROFORMA N° 1 “ANEXO D”

7.2. PRESUPUESTO DE LA BOMBA

Valor presupuestado: \$ 8,739.36

PROFORMA N° 2 “ANEXO D”

7.3. PRESUPUESTO DEL TANQUE

Valor presupuestado: \$ 23,420.18

“ANEXO C”

PRESUPUESTO	COSTOS
LÍNEAS DE CONDUCCIÓN, SECUNDARIAS, REGANTES, CONDUCCIÓN DE LA BOMBA	105,820.16
PRESUPUESTO DE LA BOMBA	8,739.36
PRESUPUESTO DEL TANQUE DE RESERVA	43,707.90
10% DE IMPREVISTOS	15,826.74
PRESUPUESTO GENERAL	174,094.16

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- ✓ El proyecto presentado mejorara la calidad de vida de la población de San Antonio de Aláquez, en los barrios Chaguana, el Calvario y Barrio Centro, proporcionándoles un mejor acceso a los recursos hídricos de acuerdo con los valores culturales existentes, visión de desarrollo y capacidad de autogestión.
- ✓ El uso de sistemas de riego por aspersión permite cultivar productos rentables en diferentes épocas.
- ✓ El tiempo empleado por el usuario en el riego es significativamente menor y existe ahorros significativos de mano de obra.
- ✓ El nivel de organización necesario es menor, el sistema es de fácil manejo cuyos actores pueden ser hombres, mujeres y niños.
- ✓ El riego por aspersión mejora la uniformidad del riego.
- ✓ No se requiere un alto nivel de instrucción para su manejo.
- ✓ Permite al usuario tener tiempo adicional para otras actividades productivas.
- ✓ Posibilita la siembra oportuna de los cultivos.

- ✓ Permite obtener mayores productividades y más ingresos económicos.
- ✓ Cuando las fuentes de agua están ubicadas distantes al terreno y en un mayor desnivel, se requiere más carga de presión incrementando los costos.
- ✓ Requiere contar con dinero en efectivo (Caja Chica) para ejecutar acciones de mantenimiento y reposición.
- ✓ El caudal es el parámetro más importante para determinar las posibilidades de aprovechamiento de un río o arroyo, etc., por tal motivo es importante la determinación de sus variaciones a lo largo del tiempo.
- ✓ La estación meteorológica utilizada para realizar los cálculos para el balance hídrico fue la estación LATACUNGA AEROPUERTO, por encontrarse más cercana a la zona de proyecto.
- ✓ El estudio geofísico que se realizó en la zona de estudio fue realizado por el INAMHI, (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), ya que este es un organismo especializado en este tipo de estudios.
- ✓ El método utilizado en el estudio de prospección geofísica en Aláquez es el Geoeléctrico o de resistividad eléctrica.
- ✓ El agua que dotara al proyecto para el riego será subterránea, y esta tendrá que ser bombeada por lo que generara un costo elevado de energía o combustible.
- ✓ La principal fuente de recarga, para los estratos en la zona de estudio son las precipitaciones.
- ✓ Interpretados los sondajes realizados en la zona se puede determinar que si se toma la decisión de perforar se realice un pozo de observación

de 70 metros para determinar las características hidrodinámicas e hidrogeológicas.

- ✓ En el estudio se estableció que el acuífero tendrá un rendimiento probable entre 1 y 5 l/s.
- ✓ El riego por aspersión se lo puede utilizar en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos muy permeables que exigen riesgos frecuentes y poco copiosos.
- ✓ La eficiencia de la aspersión es del orden del 80%, frente al riego de superficie que varía entre 40-70%.
- ✓ El cultivo patrón para el análisis del uso consultivo será el MAÍZ, por ser el cultivo más desarrollado en la zona, requiere de un aporte normal de agua para su desarrollo.
- ✓ El método utilizado para el cálculo del uso consultivo es el método de Blanney-Criddle.
- ✓ Queda demostrado que es factible la realización de este proyecto ya que el UC + evotranspiración es mayor a la precipitación teniendo un déficit de agua en los diferentes cultivos.
- ✓ La zona es de policultivo por lo cual se necesita los requerimientos de agua para cada uno de ellos.
- ✓ La dosis practica real calculada es de 800 m³/ha.
- ✓ Para determinar el número mensual de riegos, nos hemos referido a la experiencia de otros sistemas de riego.
- ✓ El caudal máximo a derivar en nuestro proyecto es de 18.80 lt. / seg. y las dimensiones de las obras de transporte de agua se determinan en función de este caudal.

- ✓ El cálculo de las tuberías se las determino en base a su hf critico, a la fricción y a las perdidas menores o localizadas.
- ✓ Los difusores de agua o aspersores a utilizar es el Mini Aspersor turbo martillo, de bajo volumen 501 – U (SISTEMAS IRRISTAND).
- ✓ Para nuestro sistema de riego hemos establecido tres sub. áreas de riego por que el caudal no satisface la necesidad total de riego.
- ✓ Los días de riego serán de lunes a viernes, y el domingo será para mantenimiento del sistema.
- ✓ Para el almacenamiento de agua se construirá un tanque de reserva para la distribución de la misma.

8.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Es importante una tener una buena metodología y técnica constructiva, de modo que se garantice la resistencia de los materiales, una correcta colocación de las tuberías e impermeabilidad en las juntas, un correcto colado y fundición de hormigón y la adecuada disposición de la armadura para evitar fisuras, que atenta directamente con la durabilidad de la obra.
- ✓ Se deberá realizar un mantenimiento periódico al sistema, con el fin de garantizar un funcionamiento óptimo durante su período de diseño.
- ✓ Es importante educar a la gente del uso adecuado del sistema, ya que los aparatos se encuentran a la intemperie y necesitan de cuidado de toda la comunidad.

- ✓ Se debe realizar la limpieza respectiva del tanque de almacenamiento para evitar así taponamientos del sistema, así como también establecer un mantenimiento por si este ha sufrido algún daño estructural por agentes externos.
- ✓ Se recomienda que los días domingos se realice el mantenimiento semanal respectivo del sistema.
- ✓ Se debe cumplir el horario semanal ya que el tiempo está calculado para todas las parcelas por lo tanto los usuarios respetaran la hora del turno establecido.
- ✓ En caso de daño de algún sitio de las parcelas estas se deben cerrar inmediatamente para que el agua no sea desperdiciada, motivo por el cual se ha dispuesto de válvulas en todas las parcelas.
- ✓ Establecer alianzas estratégicas entre las ONGs y entidades del Estado y con las Universidades, así estas podrán brindar su ayuda y apoyar a la comunidad en lo tecnológico sin altos costos.
- ✓ Se recomienda tener presente que el éxito del riego por aspersión depende mucho de la capacidad de reinversión, de la participación de todos los involucrados, del conocimiento técnico y de la visión de mercado.
- ✓ En la zona del proyecto se establece el minifundio por lo cual los usuarios deben respetar todos los cultivos establecidos en los meses del año.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **SILVA** Milton, Manual de Mecánica de Fluidos, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.
- ✓ **SILVA**, Milton, Manual de Riego y Drenaje, Universidad Central del Ecuador – Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática.
- ✓ Plan de Desarrollo Parroquial, Aláquez 2006.
- ✓ **FUENTES** José Luís, Técnicas de Riego, 2003 Madrid, cuarta edición.
- ✓ **POIREE** Maurice y **OLLIER** Charles, El Regadío, redes, teoría, técnica y economía de los riegos, tercera edición, Barcelona.
- ✓ **TARJUELO** José, El Riego por Aspersión y su Tecnología.
- ✓ **SANDOVAL** Ramiro, 1993, Principios de la Hidráulica.
- ✓ http://www.euroresidentes.com/jardinaria/sistemas_de_riego/riego/riego_por_aspersion.htm
- ✓ http://www.ccquito.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=100
- ✓ http://www.situngurahua.gov.ec/ihidrico/hidrico/memoria_final/glosario_8.html
- ✓ <http://www.electroecuatoriana.com/espanol/promotordiesel.htm>
- ✓ <http://mail.iniap>
- ✓ ecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=856&qtype=search&dbinfo=TE SIST&words=AUTOR-%20VASQUEZ%20ESPINOZA%2C%20JULIO
- ✓ <http://www.fimcp.espol.edu.ec/sitefimcp/web/c-protag-materias.asp?idmat=177>

- ✓ <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/agricultura/irrigacion.pdf>
- ✓ http://www.euroresidentes.com/jardineria/sistemas_de_riego/riego/riego_por_aspersion.htm
- ✓ http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/riego_aspersion.htm
- ✓ <http://miguiiaargentina.com.ar/riego-por-aspersion/empresas-guia.html>
- ✓ http://www.sira-arequipa.org.pe/principal/inftecnica/manuales/riego_por_goteo.pdf
- ✓ http://es.wikipedia.org/wiki/Riego_por_aspersi%C3%B3n
- ✓ http://www.sugarcane.crops.com/s/drip_irrigation/
- ✓ <http://books.google.com/books?id=gjxTOmG2zgYC&pg=PA97&lpg=PA97&dq=riego+por+aspersion+por+bombeo&source=web&ots=X4Ey5FKXhZ&sig=xKIUVXiDJer-ivTPdSnQO7XNxa4#PPA28,M1>
- ✓ http://books.google.com/books?id=wPe4Hay95wUC&pg=RA1-PA139&lpg=RA1-PA139&dq=riego+por+aspersion+por+bombeo&source=web&ots=02LV5JXH8M&sig=DnT4JdVwd_FmBf33H6agqeSU9vg#PPA9,M1
- ✓ <http://www.monografias.com/trabajos15/estudio-hidrologico/estudio-hidrologico.shtml>
- ✓ <http://www.constantina.org/Sima/P%C3%A1gina19.htm>
- ✓ http://www.clabsa.es/ESP/AiguesSubterranyes_Hidrogeol%C3%B2gic
- ✓ <http://ingenieriageologica.mforos.com/265926/3449196-estudio-hidrogeologico/>

BIOGRAFÍA DEL AUTOR

Nombre: HERRERA PALACIOS WILLIAM JACOBO.

Lugar y Fecha de Nacimiento: Quito, 18 de Mayo de 1978.

Formación Académica

Primaria: Escuela “Pensionado Borja N° 3”, Quito 1984 - 1990

Secundaria: Academia Militar “Borja N° 3”, Quito, Especialidad Físico Matemático 1990 - 1996.

Superior: Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro”, Subteniente de Arma - especialidad Ingeniería 1996 – 2000.
Escuela Politécnica del Ejército - Facultad de Ciencias Militares - Licenciado en Ciencias Militares
Escuela Politécnica del Ejército - Facultad de Ingeniería Civil - Ingeniero Civil 2003 - 2008.
Instituto de Idiomas - Suficiencia en el Idioma Inglés 2005-2008.

Cursos Militares: Subteniente de Arma especialidad Ingeniería 1996 - 2000 - Escuela Superior Militar “Eloy Alfaro”.
Curso de Selva 1997. - ESCIFT - Coca - Provincia de San Francisco de Orellana.
Curso de Paracaidismo - ESFE - 1997, Latacunga.
Curso de Comandos - ESFE - 1997, Latacunga.
Curso Básico de Desminado Humanitario - La Balvina - 2004, Quito.
Curso Internacional de Tigres XXI – Escuela de Selva- 2003. – Coca – Provincia de Orellana

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

TNTE. DE E. Herrera P. William J.

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

Sr. Ing. Jorge Zúñiga

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO

Sra. AB. Laura López

Lugar y Fecha: Sangolquí, 22 de Agosto del 2008

ANEXOS

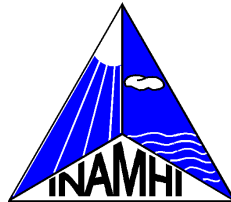
ANEXO A

ESTUDIO GEOFÍSICO

ESTUDIO GEOFÍSICO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

SECRETARÍA NACIONAL DEL AGUA



INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA



INVESTIGACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA EN ALÁQUEZ

QUITO - ECUADOR
JUNIO 2008

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Objetivos

Metodología

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación del Área

SINOPSIS GEOLÓGICA

Estratigrafía

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Generalidades

Sondajes Eléctricos

INTERPRETACIÓN DE SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES

CONCLUSIONES

ANEXOS Y MAPAS

INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento indispensable para la vida y como tal influye directamente en el desarrollo de la humanidad. Este recurso natural con valor económico y ecológico es de primordial importancia para la sustentación de la vida, la salud e integridad de la humanidad. Este líquido vital está amenazado en forma creciente por las tensiones cada vez mayores causadas por la actividad agrícola e industrial y por la agresión que supone la explosión demográfica que sufren las diferentes zonas rurales que no cuentan con un adecuado suministro de servicios básicos como dotación de agua potable.

Es así que los estudios hidrogeológicos apoyados con geofísica de superficie, juegan un papel importante en la investigación, aportando elementos de juicio básicos para la búsqueda y localización de los recursos hídricos subterráneos,

Bajo esta perspectiva la comunidad de Aláquez consciente de la problemática, ha considerado como fundamento prioritario realizar los estudios pertinentes para localizar fuentes de agua subterránea que permitan bajo una adecuada planificación, dotar de para actividades avícolas y agrícolas. Solicitaron al INAMHI para que técnicos hidrogeólogos realicen el estudio de prospección geofísica y cuyo resultado se expone en el presente informe.

Objetivos

La falta de recurso hídrico en la zona, especialmente para el desarrollo agrícola, hace necesario buscar alternativas viables que permitan solucionar este problema, estableciéndose como objetivo fundamental el estudio de las características hidrogeológicas de la zonas, con el fin de identificar zonas acuíferas que permitan explotar los recursos hídricos subterráneos

Metodología

Para cumplir con el objetivo propuesto, se establece como acción inmediata a desarrollarse la investigación de las zonas acuíferas a través del desarrollo de un estudio de Prospección Geofísica de la zona; esta Actividad permite conocer las características de los materiales del subsuelo, y sus condiciones hidrogeológicas, así como la potencia del acuífero, para el efecto se procedió a la realización de sondajes eléctricos verticales, empleando la configuración SCHLUMBERGER, con una apertura de electrodos AB de 600 metros.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO:

Ubicación del Área de Estudio:

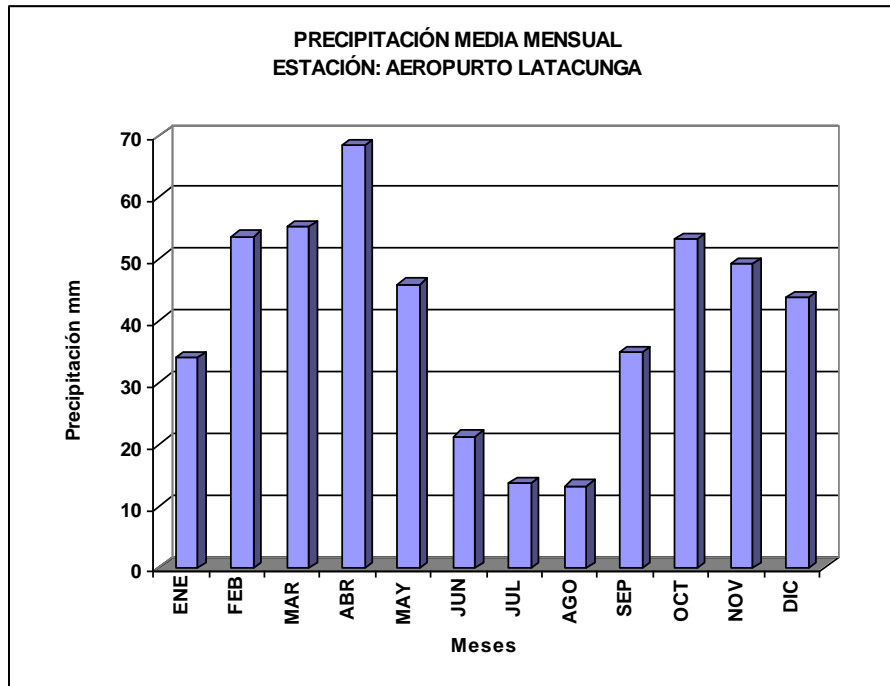
La zona objeto de la evaluación y reconocimiento hidrogeológico, se halla ubicada íntegramente en el sector de Aláquez perteneciente a la Provincia de Cotopaxi.

Características Climáticas:

Para definir las características climáticas de la zona y el grado de influencia que los fenómenos meteorológicos ejercen sobre el área investigada es necesario establecer una estadística de los parámetros medidos y proceder a su respectivo análisis. Esta información fue obtenida de la estación Aeropuerto Latacunga, la que por su proximidad geográfica, se la considera representativa del sector.

La precipitación es el parámetro meteorológico, que mayor influencia tiene en la recarga de los acuíferos y saturación de las capas del subsuelo, Los resultado pluviométricos que más interesan a la hidrología subterránea, son los referentes a las precipitaciones medias mensuales.

La pluviometría anual de la zona es de 486.3 mm, sin embargo se debe considerar que la precipitación no se distribuye homogéneamente a lo largo del año, al contrario la influencia de esta es temporal.



Del análisis de la información pluviométrica se determina que en el sector de Aláquez y sus alrededores, en el año se observan dos periodos: de septiembre a mayo con mayor intensidad de precipitación y un período con menor precipitación que corresponde al verano que se extiende de junio a agosto, se ha determinado que el mes más lluvioso es abril.

SINOPSIS GEOLÓGICA

La descripción de la geología se la realiza a nivel regional, con el fin de comprender los fenómenos cuya influencia es determinante para el desarrollo de formaciones potencialmente acuíferas, el detalle descriptivo de la geología de la zona se basó en la recopilación de estudios anteriores y fundamentalmente en la descripción realizada en la Hoja Geológica de Latacunga elaborada por la DGGM en el año de 1980.

La zona alta de relieve montañoso está constituida por rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias que constituyen las formaciones Yunguilla y Pisayambo.

La zona baja, de relieve más plano, está constituida por depósitos del Cuaternario que han cubierto los estratos de rocas más antiguas. Conformando una sucesión alternativa de estratos con materiales transportados por el agua y la fusión de glaciares que se han acomodado al antiguo relieve constituyendo una estratificación entre lapilli, cangagua, tobas y ceniza volcánica.

Los depósitos cuaternarios más recientes están representados por materiales laharíticos, distribuidos en forma de terrazas, y pequeños depósitos aluviales.

Estratigrafía y Litología:

Las rocas aflorantes son principalmente de origen volcánico, datadas desde el Cretácico representado por la Formación Yunguilla, hasta los sedimentos cuaternarios que se han depositado en la zona.

Formación Latacunga (Pleistoceno):

Una gran variedad de depósitos sedimentarios fluvio-lacustres constituyen la formación Latacunga. Litológicamente está conformada por limos, arenas, tobas y conglomerados dispuestos en forma irregular y caótica. Estos depósitos afloran en franjas dispuestas en los sectores central y oriental del área de interés. Se presentan sobre la formación Pisayambo.

Cangahua (Cuaternario):

La cangahua está constituida litológicamente por una ceniza volcánica de coloración café amarillenta

Depósitos Laharíticos (Holoceno):

Producto de los flujos de lodo generados durante las últimas erupciones del volcán Cotopaxi (siendo el más reciente el de 1677), que rellenaron grandes áreas bajas del valle de Latacunga, se presentan estos depósitos que están constituidos por bloques de andesita sin graduación, arenas, pómez y en menor grado arcillas y tobas.

Estos depósitos afloran en las partes que conforman la planicie de la Victoria y su litología es fácilmente identificar en los taludes de las quebradas Carnicero, Talagche y Picisi.

La potencia de los lahares es variable, sin tener un valor máximo estimado debido a la dificultad de diferenciación que presentan con los materiales de la formación Latacunga, cuya litología es parecida.

Depósitos aluviales (Holoceno):

Pequeños depósitos de material aluvial contemporáneos que están compuestos por material de arrastre fluvial suelto y mal clasificado, se encuentran en los cauces de las quebradas que bisectan la amplia planicie de la Victoria.

Geomorfología:

El área de investigación forma parte del valle central localizado entre las cordilleras Occidental y Central o real de los Andes, es decir en el interior del "Graben" Interandino cuya dirección es aproximadamente N-S.

Geomorfológicamente la zona se presenta ondulada con una topografía relativamente regular con bajos desniveles, áreas que están cubiertas por los depósitos laharíticos y fluvio lacustres (Formación Latacunga). Hacia el nor-occidente, en el sector del Tejar la pendiente es más pronunciada y se halla recubierta por sedimentos volcánicos finos con presencia de material arcilloso, en la que se observa los efectos de una erosión hídrica laminar. Estos sedimentos se hallan recubriendo a materiales metamorfizados, por efecto de un fallamiento regional evidenciado en la zona.

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Generalidades:

Los métodos de prospección geofísica, se caracterizan por el estudio de las variaciones en el espacio de un parámetro físico de las rocas o los suelos, el método que con más frecuencia se utiliza en los estudios hidrogeológicos es la prospección eléctrica o de resistividades.

El método de prospección eléctrica estudia las variaciones de resistividad cuando se hace pasar una corriente eléctrica en el suelo.

El método eléctrico o de las resistividades es apropiado para determinar las características hidrogeológicas que se buscan en el terreno. Permite determinar la naturaleza, la morfología y la profundidad del sustrato así como la litología de las capas del subsuelo.

Este método se basa en el estudio de las variaciones de un parámetro físico de las rocas: su aptitud más o menos grande de conducir la corriente eléctrica.

La resistividad de las rocas depende esencialmente de su contenido en agua y de la composición química de ésta. Sin embargo, la estructura de una roca, la cual condiciona su contenido de agua, es función de su naturaleza litológica. Por lo tanto la resistividad del terreno depende de tres factores: naturaleza litológica de las rocas, contenido en agua y la composición química del agua.

Metodología de Sondajes Eléctricos Verticales

En el presente estudio se utilizó el dispositivo Schlumberger para determinar resistividades aparentes, resistividades verdaderas y espesores de diferentes complejos o unidades geoeléctricas, en la propiedad del Sr. José Garcés.

El método consiste en introducir corriente eléctrica al subsuelo desde la superficie, por medio de dos electrodos **A** y **B**, llamados electrodos de corriente y medir la caída de potencial eléctrico con dos electrodos **M** y **N**, llamados electrodos de potencial (**Fig. 1**).

Tanto los electrodos de corriente como los de potencial, se desplazan horizontalmente y en línea recta, alejándose de forma equidistante desde el punto **O** en donde se realiza la medida. La investigación así obtenida es perpendicular a este punto; mientras más grande es la distancia de los electrodos de corriente (**A-B**), mayor será la profundidad de investigación.

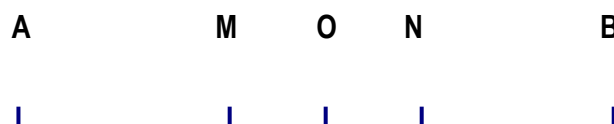


Fig. 1

Este método permite comprender mejor la estructura del subsuelo de forma indirecta, gracias al estudio de resistividades eléctricas de las formaciones que la componen, ya que la respuesta eléctrica dependerá

esencialmente de la composición mineralógica, propiedades físico mecánicas y grado de saturación de los materiales componentes del subsuelo.

Para alcanzar este objetivo es necesario que se cumplan tres condiciones siguientes:

Las diversas formaciones litológicas tienen que ser caracterizadas por diferentes resistividades eléctricas.

La corriente eléctrica enviada desde la superficie debe penetrar con profundidad hasta alcanzar los objetivos que se hayan propuesto estudiar.

Las deformaciones del campo eléctrico o si se prefiere las perturbaciones al recorrido de la corriente por las heterogeneidades del subsuelo, deben ser medibles a partir de la superficie.

Los sondeos eléctricos verticales (SEV) se ejecutaron adoptando la configuración Schlumberger, con una semiseparación entre electrodos de emisión de corriente de hasta 600 m., con lo cual se ha investigado una profundidad efectiva de aproximadamente 80m.

En el área de estudio se realizaron 2 sondeos eléctricos verticales (SEV) que cubrieron las zonas de mayor interés hidrogeológico.

Para visualizar la disposición de los estratos resistivos con detenimiento y fundamentados en la interpretación geofísica se elaboró un perfil geoelectrico, el que se presenta en el anexo al presente informe.

INTERPRETACIÓN DE SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES

La modelación de los sondeos eléctricos verticales se realizó empleando el programa IPI2Win elaborado por la Universidad Estatal de Moscú Facultad de Geología, el mismo que en base a ecuaciones polinómicas integra los pares de valores X y Y de resistividad aparente y AB/2 respectivamente; este programa nos permite interpretar un máximo de 10 capas resistivas por sondeo, determinando en cada una el valor de la resistividad y su espesor.

Modelación de Sondeos Eléctricos Verticales

Los resultados de la modelación de los dos sondeos eléctricos verticales, son tabulados en el cuadro, en el que se puede visualizar los valores de resistividad verdadera, espesor de cada estrato geoelectrico, la profundidad a partir de la superficie del terreno. El error es menor al 10% que esta dentro del rango aceptable y coordenadas de ubicación de los sondeos. Las curvas de campo se pueden visualizar en los anexos.

SEV N°	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA VERDADERA (Ohm.m)	ESPESOR (metros)	PROFUNDIDAD DE LA UNIDAD GEOELÉCTRICA (metros)	ERROR (%)	COORDENADAS
1	149 32 85 34	1 1.07 45.3	1 2.07 47.37	2.7	766692 E 9903450 N
2	56 27 87 26	5.2 8 40	5.2 13.2 53.2	3.9	766603 E 9903268 N

Sondajes Verticales (Sev 1 y Sev 2). En los sondajes Sev 1 y Sev 2 se determina que existen cuatro horizontes geoelectrónicos resistivos que se describe a continuación.

Estrato **A** con una potencia promedio de 3.1 metros, y resistividad promedio de 102.5 ohm/m que asumimos que es la capa vegetal.

Luego un estrato **B** con una potencia promedio de 4.5 m y una resistividad aparente promedio de 29.5 ohm/m que nos indica la presencia de un estrato probablemente constituido por toba, y arena fina con un cierto grado de humedad.

Subyaciendo a este encontramos un estrato **C** de una roca de resistividad promedio de 86 ohm/m y espesor promedio de 42.6 m, por su valor de resistividad se considera que este horizonte geoelectrónico tiene interés hidrogeológico constituyéndose en un acuífero con rendimientos probables entre **1 y 5 l/s**.

A continuación encontramos un estrato **D** de una roca de resistividad promedio de 30 ohm/m, por su valor de resistividad se considera que este horizonte geoelectrónico no tiene interés hidrogeológico, constituyéndose la base del depósito lahárítico, probablemente constituido de ceniza volcánica y presencia de limo.

Interpretados los sondajes realizados en la zona se puede determinar que si se toma la decisión de perforar se realice un pozo de observación de 70 metros para determinar las características hidrodinámicas e hidrogeológicas, se recomienda la perforación en el sitio donde se realizó el sondaje Sev 1.

Conclusiones:

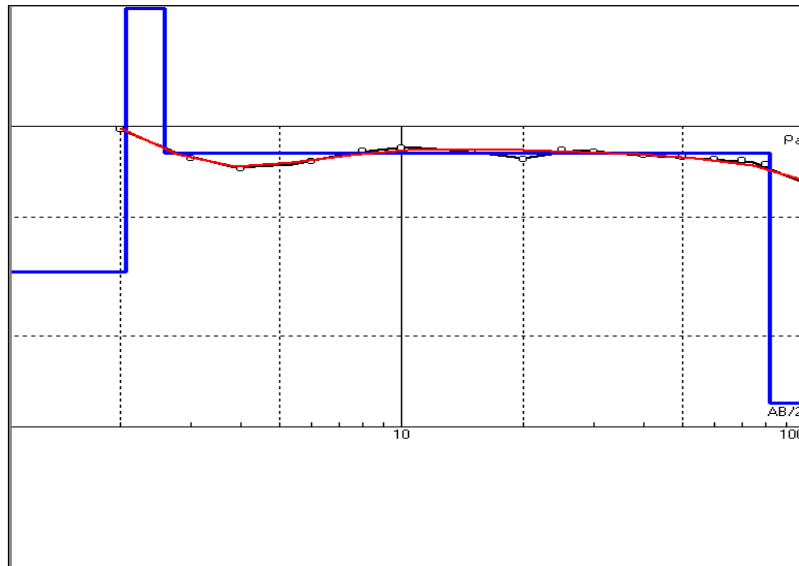
- Este estudio constituye una información puntual de superficie, a través del cual se ha determinado las resistividades aparentes y verdaderas, así como los espesores de las diferentes unidades geoelectrónicas.

- La principal fuente de recarga, que produce la saturación de los estratos indicados son las precipitaciones que ocurren con mayor frecuencia e intensidad en los meses de septiembre a mayo.
- Interpretados los sondajes realizados en la zona se puede determinar que si se toma la decisión de perforar se realice un pozo de observación de 70 metros para determinar las características hidrodinámicas e hidrogeológicas.
- La perforación se recomienda en el sitio donde se realizó el sondaje Sev 1. (En la galería de fotos se observa el sector).

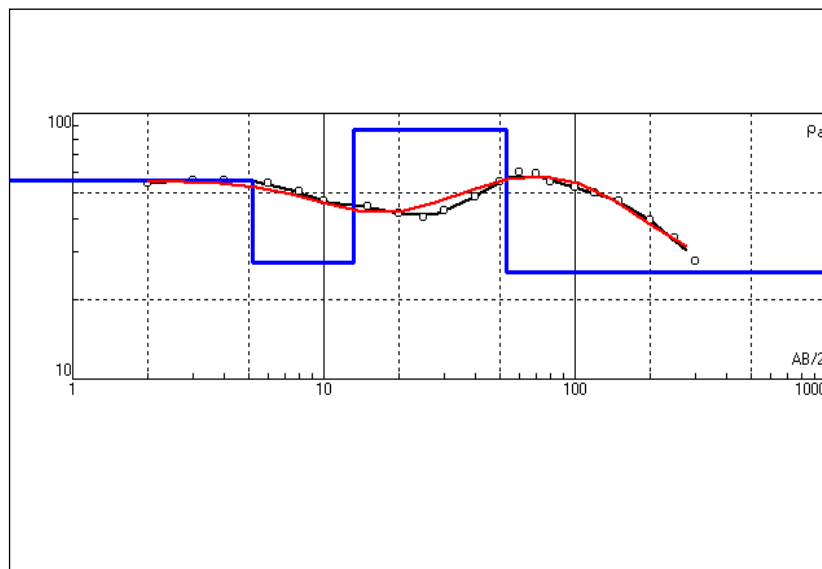
ANEXOS Y MAPAS

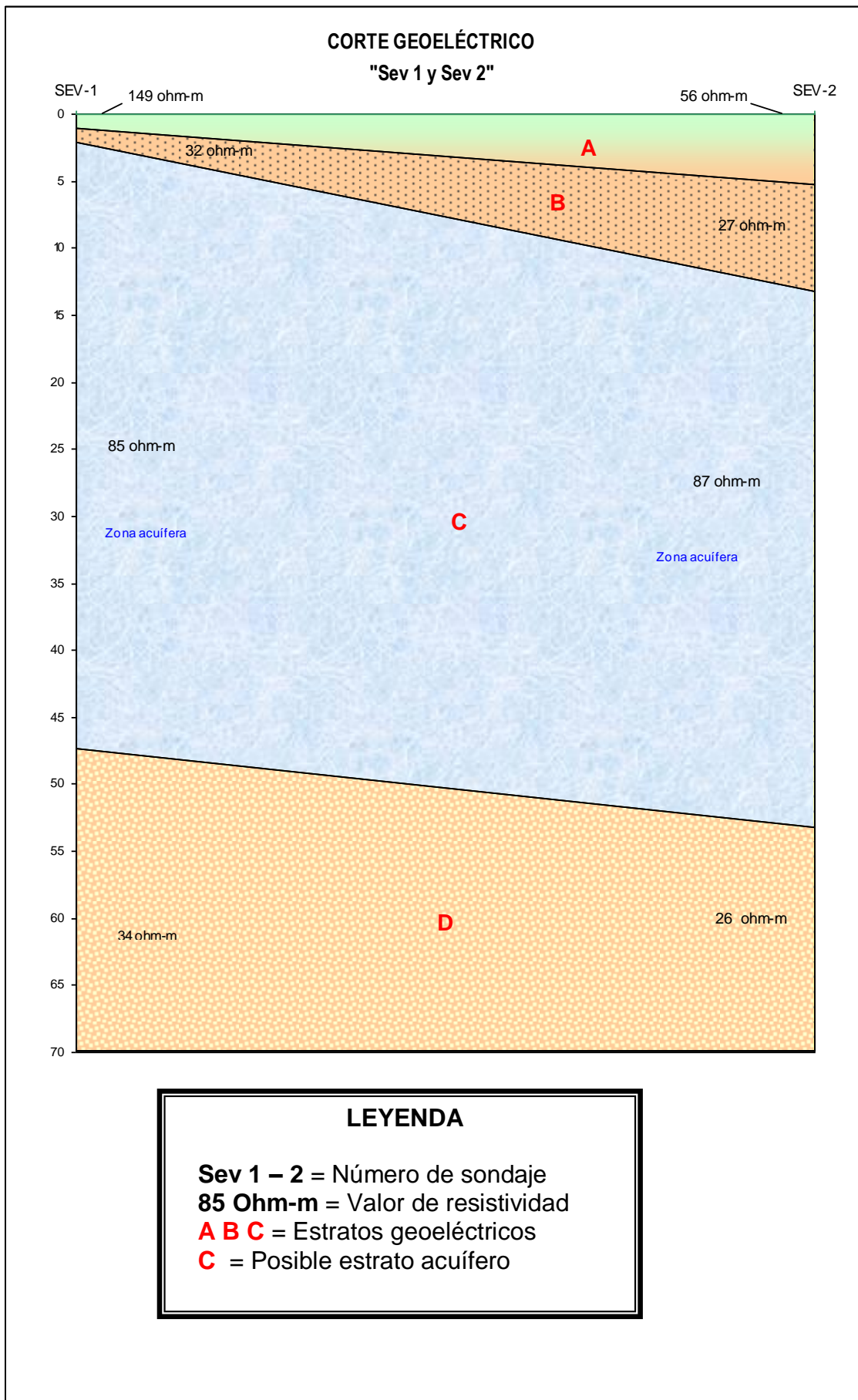
CURVAS DE CAMPO

SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL N°1 (SEV-1)

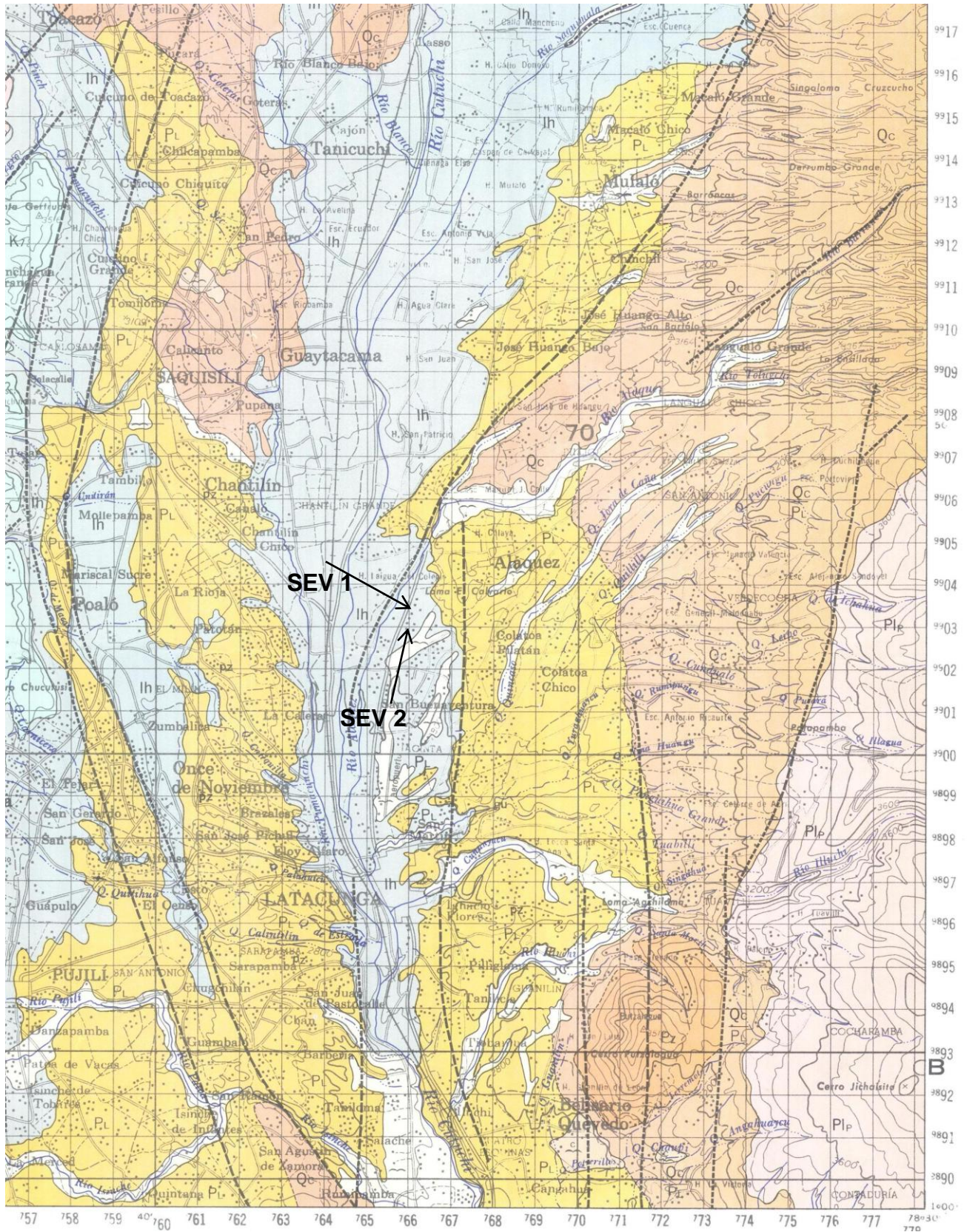


SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL N°2 (SEV-2)

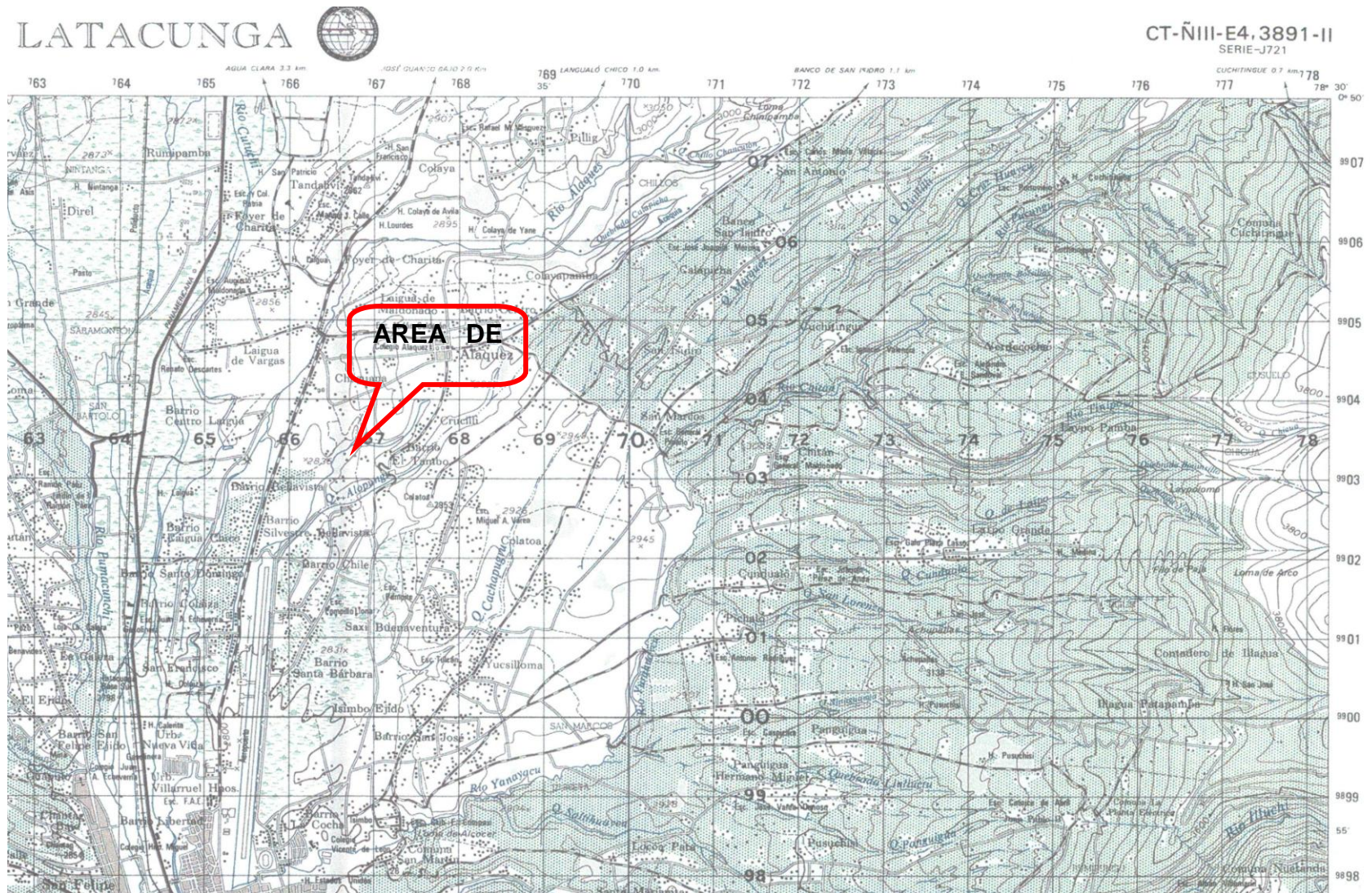




MAPA GEOLÓGICO Y UBICACIÓN DE SONDAJES



UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



GALERÍA DE FOTOS



Sev 1



Sev 2

ANEXO B

NUMERO DE MOVIMIENTOS

ANEXO C

DISEÑO DEL TANQUE DE RESERVA

TANQUE CUADRADO CON JUNTA RIGIDA

Altura= h= 3.00 m
 Lado mayor= L= 10.00 m
 Lado menor= l= 10.00 m
 Δh= 0.50 m

$$P = 1.24 * h * \Delta h * \frac{\varphi}{\varphi + 1} \quad \varphi = \frac{6 * h^4}{\lambda^4} \quad \lambda = \frac{L+l}{2} \quad k = \frac{l}{L}$$

$$P = 0.029 * h \quad \varphi = 0.049 \quad \lambda = 10 \quad k = 1$$

$$M_E = -\frac{P}{12} * \frac{L^2 + k * l^2}{k + 1} \quad M_L = \frac{P * L^2}{8} + M_E \quad M_I = \frac{P * l^2}{8} + M_E$$

$$M_E = -8.33 * P$$

$$T_L = \frac{P * l}{2} \quad T_I = \frac{P * L}{2} \quad A_s = \frac{27 * 1.7 * M}{d} = 3.06 * M$$

DOVELA	h	P	M _E	M _L	M _I	T _L	T _I
1	0.50	0.01	-0.12	0.06	0.06	0.07	0.07
2	1.00	0.03	-0.24	0.12	0.12	0.14	0.14
3	1.50	0.04	-0.36	0.18	0.18	0.22	0.22
4	2.00	0.06	-0.48	0.24	0.24	0.29	0.29
5	2.50	0.07	-0.60	0.30	0.30	0.36	0.36
6	3.00	0.09	-0.72	0.36	0.36	0.43	0.43

DOVELA	As _{ME}	As _{ML}	As _{MI}	As _{TL}	As _{TI}
1	-0.37	0.18	0.18	0.03	0.03
2	-0.73	0.37	0.37	0.06	0.06
3	-1.10	0.55	0.55	0.10	0.10
4	-1.47	0.73	0.73	0.13	0.13
5	-1.83	0.92	0.92	0.16	0.16
6	-2.20	1.10	1.10	0.19	0.19

FONDO

$$Q_{\text{max fondo}} = \frac{1.24 * h}{\varphi + 1} = 3.55$$

$$M_A = -\frac{Q * h^2}{6} = -5.32$$

$$M_F = \frac{1.24 * h * L^2}{8} + M_A = 41.18$$

$$M_F = \frac{1.24 * h * l^2}{8} + M_A = 41.18$$

$$T_F = \frac{Q * h}{2} = 5.32$$

$$M_{nom} = M_u$$

$$39 \cdot 100 \cdot 0.90 \cdot d^2 = 9.05$$

$$d = 16.05 \text{ "+" } 5 \text{ cm recubr}$$

$$h = 21.05$$

$$h = 20.0 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 15.0 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_u = 9.05 \text{ T-m}$$

$$A_s = 18.7 \text{ cm}^2$$

\rightarrow 7 \varnothing 14mm
 \downarrow
 1 \varnothing 14mm @ 20cm

BASE

$$A_s = \frac{T_U}{\phi \cdot f_y} = \frac{T_U}{0.90 \cdot 4.2} = 2.39 \text{ cm}^2 \longrightarrow 4 \varnothing 8\text{mm @ sentido}$$

$$\frac{L/2}{L/2 - x} = \sqrt{\frac{M_a + M_f}{M_f}}$$

$$x = 29.5 \text{ cm}$$

$$\frac{l/2}{l/2 - x} = \sqrt{\frac{M_a + M_f}{M_f}}$$

$$x = 29.5 \text{ cm}$$

$$\downarrow$$

$$x = 20.0 \text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.5}{4200} \cdot b \cdot d$$

$$\text{abajo } 2.6 \text{ cm}^2$$

$$\downarrow$$

$$3 \varnothing 12\text{mm}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.5}{4200} \cdot b \cdot d$$

$$5.2 \text{ cm}^2$$

$$\downarrow$$

$$5 \varnothing 12\text{mm}$$

$$\downarrow$$

$$1 \varnothing 12\text{mm @ 20cm}$$

$$A_{s_{temp}} = 0.0018 \cdot b \cdot t$$

$$\text{temp } 1.8 \text{ cm}^2$$

$$\downarrow$$

$$4 \varnothing 8\text{mm}$$

$$\downarrow$$

$$1 \varnothing 8\text{mm @ 20cm}$$

ANÁLISIS DE COLUMNAS**ANÁLISIS DE CARGAS:****P.P. Losa**

$$\text{Nervios: } 3.60 \times 0.10 \times 0.15 \times 2400 = 129.60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carpeta: } 1.00 \times 1.00 \times 0.05 \times 2400 = 120.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Bloques: } 8 \mid 0.20 \times 0.40 \times 0.15 \mid \times 1000 = 96.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga Viva: } = 200.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga Total: } = 545.60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Área de aporte de columna} = 23.52 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga por columna: } 12833 \text{ Kg} = 12.83 \text{ T}$$

CAPACIDAD MÁXIMA DE COLUMNA:

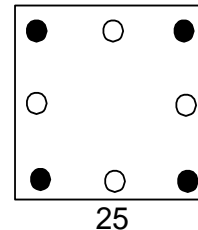
$$\circ 4 \phi 12 \text{ mm}$$

$$\bullet 4 \phi 14 \text{ mm}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

25



$$P_{\max} = P_u = 0.80 * \phi * [0.85 * f'c (A_g - A_{st}) + A_{st} * f_y]$$

$$A_g = 30 \times 30 = 625 \text{ cm}^2$$

$$\phi = 0.70$$

$$A_{st} = 8 * 1.13 = 9.04 \text{ cm}^2$$

$$P_{\max} = 82833 \text{ kg}$$

$$\text{Carga última a resistir de las columnas } P_u = 19249 \text{ kg}$$

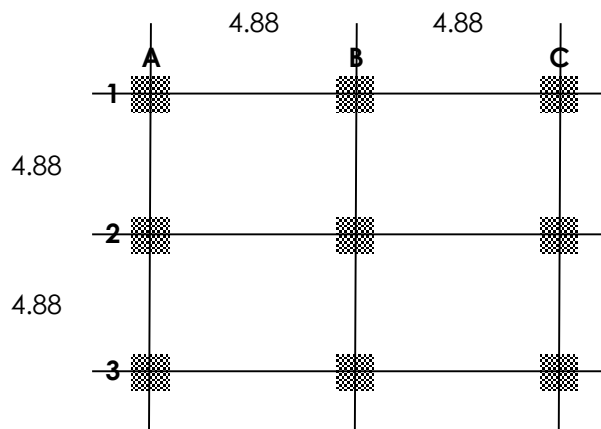
$$19249 < 82833 \quad \text{OK}$$

DISEÑO DE VIGAS

DATOS

f'c	=	210	kg/cm ²
fy	=	4200	kg/cm ²
s_s	=	15	T/m ²
# de Pisos	=	1	
Alfura de Piso	=	3	m

Luces entre Ejes



ANÁLISIS DE CARGAS

LOSA BIDIRECCIONAL ALIVIANADA

h = 20 cm

CARGA MUERTA

Peso Propio Losa	Nervios:	129.60	kg/m ²
	Carpeta:	120.00	kg/m ²
	Bloques:	96.00	kg/m ²
		345.60	kg/m ²

345.60	kg/m²
---------------	-------------------------

CARGA VIVA

Carga Viva	200.00	kg/m²
-------------------	---------------	-------------------------

TOTAL	545.60	kg/m²
--------------	---------------	-------------------------

Pu	823.84
----	--------

PREDIMENSIONAMIENTO
LOSA BIDIRECCIONAL
ACI 318-02

h Losa Maciza

$$h_{min} = \frac{L_n * (800 + 0.0712 * f_y)}{36000}$$

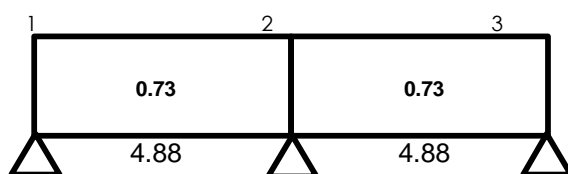
L_n = 4.88 m
h_{min} = 14.88 cm

h Losa Alivianada

h	
Losa Alivianada	Losa Maciza
cm	cm
15	10.88
20	14.50
25	18.06
30	21.54

h = 20 cm

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS
EJES A, B, C, 1, 2, y 3



M:	1.08	1.23	1.92	1.23	1.08
Mu:	1.62	1.85	2.88	1.85	1.62

Mu = 2.88 Tm

$$\frac{M_u}{\phi} = \frac{M_u}{0.9} = 3.20$$

+ 30% de sismo = 4.16

$$MR \geq \frac{M_{ext} \cdot u}{\phi} ; MR = R_u \cdot b \cdot d^2$$

$$R_u \cdot b \cdot d^2 \geq 4.16 \times 10^5 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

Imponemos: b = 20 cm
 r = 0.0108
 R_u = 39.7 Kg/cm²

$$d = \sqrt{\frac{MR}{R_u \cdot b}}$$

d = 22.89
 r = 5.00 cm
 h = d + r = 27.89 cm

Asumo: h = 30 cm
 b = 25 cm

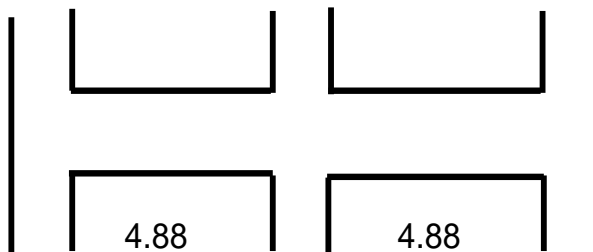
SECCION VIGA	25	x	30
---------------------	-----------	----------	-----------

DIMENSIONES VIGA

h = 30 cm
 b = 25 cm
 d = 26 cm

0.0033	Cuantía	0.0107
--------	---------	--------

2. Diseño



Mu	1.621 T-m	1.852 T-m	2.881 T-m	1.852 T-m	1.621 T-m
b	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm
d	26 cm	26 cm	26 cm	26 cm	26 cm
ρ	0.0026	0.0030	0.0048	0.0030	0.0026
ρ_{min}	0.0033	0.0033	0.0048	0.0033	0.0033
ρ_{asum}	0.0033	0.0033	0.0048	0.0033	0.0033
As	2.17 cm ²	2.17 cm ²	3.11 cm ²	2.17 cm ²	2.17 cm ²
	2Φ12	2Φ12	4Φ12	2Φ12	2Φ12
ASUMO	4Φ12	4Φ14	4Φ14	4Φ14	4Φ14

VIGA	h=	35	cm
	b=	25	cm

DISEÑO DE LOSA DE CUBIERTA

Análisis de Cargas

CARGA MUERTA

Peso Propio Losa

Nervios: 3.60 x 0.10 x 0.15 x 2400 = 129.60 Kg/m²

Carpeta: 1.00 x 1.00 x 0.05 x 2400 = 120.00 Kg/m²

Bloques: 8 0.20 x 0.40 x 0.15 x 1000 = 96.00 Kg/m²

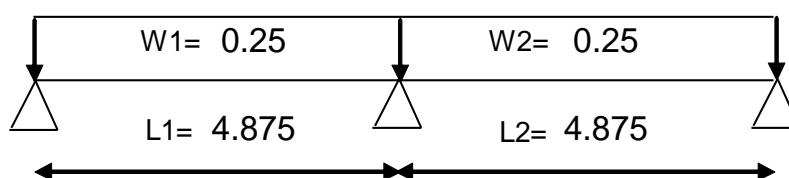
CARGA VIVA = 200.00 Kg/m²

CT = 0.55 T/m²

Diseño Losa Método 3 ACI

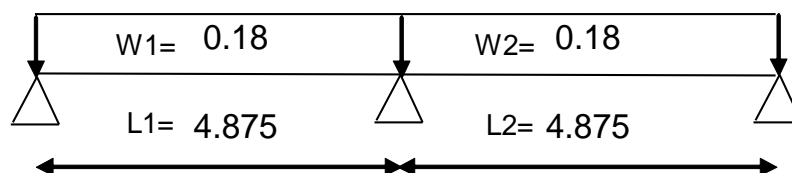
Factor Mayoración = 1.50
 W c/nervio = 0.27 T/m
 Wu = 0.41 T/m

NERVIO A, C, 1, 3



Mu	0.365 T-m	0.417 T-m	0.648 T-m	0.417 T-m	0.365 T-m
b	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
d	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm
ρ	0.0035	0.0040	0.0064	0.0040	0.0035
ρ_{min}	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
ρ_{asum}	0.0035	0.0040	0.0064	0.0040	0.0035
As	0.59 cm ² 1Φ10mm	0.68 cm ² 1Φ10mm	1.09 cm ² 1Φ12mm	0.68 cm ² 1Φ10mm	0.59 cm ² 1Φ10mm

NERVIO 2, B



Mu	0.261 T-m	0.299 T-m	0.465 T-m	0.299 T-m	0.261 T-m
b	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm
d	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm	17 cm
ρ	0.0025	0.0028	0.0045	0.0028	0.0025
ρ_{min}	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
ρ_{asum}	0.0033	0.0033	0.0045	0.0033	0.0033
As	0.56 cm ² 1Φ10mm	0.56 cm ² 1Φ10mm	0.76 cm ² 1Φ10mm	0.56 cm ² 1Φ10mm	0.56 cm ² 1Φ10mm

VOLÚMENES DE LA OBRA**MEJORAMIENTO**

ANCHO	LARGO	ESPESOR	Volumen
10	10	0.4	40 m3

HORMIGÓN 180

ANCHO	LARGO	ESPESOR	Volumen
10	10	0.05	5 m3

HORMIGÓN 210

ANCHO	ALTO	ESPESOR	Volumen
Paredes			
10	3	0.2	6 m3
			24 m3
Cartelas			14 m3
Fondo			
10	10	0.2	20 m3
Losa			
10	10	0.104	10 m3
			68.4 m3

VARILLA F 8mm

En el tanque 626.40 Kg

VARILLA F 10mm

En el tanque 774.40 Kg

VARILLA F 12mm

En el tanque 1012.00 Kg

VARILLA F 14mm

En el tanque 5307.20 Kg

VARILLA F 16mm

En el tanque 240.00 Kg

ENCOFRADO

200 m2

PRESUPUESTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

TABLA DE CANTIDADES Y PRESUPUESTO					
Indirectos:		20%			
TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Mejoramiento Suelo e=1.0m	m3	40.00	26.10	1043.87
2	Relleno Compactado (Material Excavación)	m3	40.00	4.57	182.68
3	Hormigón f´c=210kg/cm2	m3	68.41	129.90	8886.45
4	Hormigón f´c=180kg/cm2	m3	5.00	120.00	600.01
5	Varilla Corrugada Antisísmica f=8mm	kg	626.40	3.66	2290.92
6	Varilla Corrugada Antisísmica f=10mm	kg	774.40	3.60	2784.25
7	Varilla Corrugada Antisísmica f=12mm	kg	1012.00	3.60	3638.51
8	Varilla Corrugada Antisísmica f=14mm	kg	5307.20	3.60	19081.31
9	Varilla corrugada antisísmica A-42S. D=16-32mm	kg	240.00	3.60	862.89
10	Encofrado Tanque Almacenamiento	m2	200.00	18.00	3599.89
11	Bloque Alivianamiento 15x20x40	U	280	2.63	737.12
TOTAL					43707.90

ANEXO D

PROFORMAS DEL SISTEMA DE RIEGO

**PROFORMA N° 1: SISTEMA DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN,
SECUNDARIAS, REGANTES Y CONDUCCIÓN DE LA BOMBA.**

PROFORMA N° 2 : BOMBA SUMERGIBLE.

**PROFORMA N° 1: SISTEMA DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN,
SECUNDARIAS, REGANTES Y CONDUCCIÓN DE LA BOMBA.**

PROFORMA Nº 2 : BOMBA SUMERGIBLE.

ANEXO E

FOTOS



Fig. C.1 Recorrido de los terrenos de Aláquez



Fig. C.2 Siembra de maíz en Aláquez



Fig. C.3 Foto realizando la topografía del sector de Aláquez



Fig. C.4 Pobladores del sector colaboraron en la topografía.



Fig. C.5 Ing. Becerra (INAMHI), realizando estudio geofísico.



Fig. C.6 Tendida del equipo de sondeo eléctrico.

ANEXO F

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ACERO DE REFUERZO

DEFINICIÓN.-

El trabajo consiste en el corte, figurado y colocación de barras de acero, para el refuerzo de estructuras, muros, canales, pozos especiales, disipadores de energía, alcantarillas, descargas, etc.; de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos en cada caso y/o las ordenes del ingeniero fiscalizador.

ESPECIFICACIONES.-

El Constructor suministrará dentro de los precios unitarios consignados en su propuesta, todo el acero en varillas necesario, estos materiales deberán ser nuevos y aprobados por el Ingeniero Fiscalizador de la obra. Se usarán barras redondas corrugadas con esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm², grado 60, de acuerdo con los planos y cumplirán las normas ASTM-A 615 o ASTM-A 617. El acero usado o instalado por el Constructor sin la respectiva aprobación será rechazado.

Las distancias a que deben colocarse las varillas de acero que se indique en los planos, serán consideradas de centro a centro, salvo que específicamente se indique otra cosa; la posición exacta, el traslape, el tamaño y la forma de las varillas deberán ser las que se consignan en los planos.

Antes de precederse a su colocación, las varillas de hierro deberán limpiarse del óxido, polvo, grasa u otras substancias y deberán mantenerse en estas condiciones hasta que queden sumergidas en el hormigón.

Las varillas deberán ser colocadas y mantenidas exactamente en su lugar, por medio de soportes, separadores, etc., preferiblemente metálicos, o moldes de HS, que no sufran movimientos durante el vaciado del hormigón hasta el vaciado inicial de este. Se deberá tener el cuidado necesario para utilizar de la mejor forma la longitud total de la varilla de acero de refuerzo.

A pedido del ingeniero fiscalizador, el constructor esta en la obligación de suministrar los certificados de calidad del acero de refuerzo que utilizará en el proyecto; o realizará ensayos mecánicos que garanticen su calidad.

FORMA DE PAGO.-

La medición del suministro y colocación de acero de refuerzo se medirá en kilogramos (kg) con aproximación a la décima.

Para determinar el número de kilogramos de acero de refuerzo colocados por el Constructor, se verificará el acero colocado en la obra, con la respectiva planilla de aceros del plano estructural.

CONCEPTOS DE TRABAJO.-

ACERO REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm² (CORTE Y COLOCADO) kg

ENCOFRADO

DEFINICIÓN.-

Se entenderá por encofrados las formas volumétricas, que se confeccionan con piezas de madera de monte cepillada o contrachapada, metálicas o de otro material resistente para que soporten el vaciado del hormigón con el fin de amoldarlo a la forma prevista.

ESPECIFICACIONES.-

Los encofrados contruidos de madera pueden ser rectos o curvos, de acuerdo a los requerimientos definidos en los diseños finales; deberán ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión, resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente en su posición correcta y los suficientemente impermeables para evitar la pérdida de la lechada.

Los encofrados para tabiques o paredes delgadas, estarán formados por tableros compuestos de tablas y bastidores o de madera contrachapada de un espesor adecuado al objetivo del encofrado, pero en ningún caso menores de 1 cm.

Los tableros se mantendrán en su posición, mediante pernos, de un diámetro mínimo de 8 mm roscados de lado a lado, con arandelas y tuercas.

Estos tirantes y los espaciadores de madera, formarán el encofrado, que por si solos resistirán los esfuerzos hidráulicos del vaciado y vibrado del hormigón. Los apuntalamientos y riostras servirán solamente para mantener a los tableros en su posición, vertical o no, pero en todo caso no resistirán esfuerzos hidráulicos.

Al colar hormigón contra las formas, éstas deberán estar libres de incrustaciones de mortero, lechada u otros materiales extraños que pudieran contaminar el hormigón. Antes de depositar el hormigón; en las superficies del encofrado se deberán utilizar desmoldante para encofrados, el cual deberá ser fabricado con materiales que no sean nocivos para el hormigón ni para el medio ambiente..

Los encofrados metálicos pueden ser rectos o curvos, de acuerdo a los requerimientos definidos en los diseños finales; deberán ser lo suficientemente fuertes para resistir la presión, resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente en su posición correcta y los suficientemente impermeables para evitar la pérdida de la lechada. En caso de ser tablero metálico de tol, su espesor no debe ser inferior a 2 mm.

Las formas se dejarán en su lugar hasta que la fiscalización autorice su remoción, y se removerán con cuidado para no dañar el hormigón.

La remoción se autorizará y efectuará tan pronto como sea factible; para evitar demoras en la aplicación del compuesto para sellar o realizar el curado con agua, y permitir la más pronto posible, la reparación de los desperfectos del hormigón.

Con la máxima anticipación posible para cada caso, el Constructor dará a conocer a la fiscalización los métodos y material que empleará para construcción de los encofrados. La autorización previa del Fiscalizador para el procedimiento del colado, no relevará al Constructor de sus responsabilidades en cuanto al acabado final del hormigón dentro de las líneas y niveles ordenados.

Después de que los encofrados para las estructuras de hormigón hayan sido colocados en su posición final, serán inspeccionados por la fiscalización para comprobar que son adecuados en construcción, colocación y resistencia, pudiendo exigir al Constructor el cálculo de elementos encofrados que ameriten esa exigencia.

Las formas se dejarán en su lugar hasta que el Ingeniero Fiscalizador autorice su remoción, y se removerán con cuidado para no dañar el hormigón.

TNTE. DE E. HERRERA WILLIAM

La remoción se autorizará y efectuará tan pronto como sea factible; para evitar demoras en el sellado y/o curado con agua, y permitir lo más pronto posible, la reparación de los desperfectos del hormigón.

FORMA DE PAGO.-

Los encofrados se medirán en metros cuadrados (m2) con aproximación de dos decimales.

CONCEPTOS DE TRABAJO.-

ENCOFRADO MADERA CEPILLADA m2

HORMIGONES

DEFINICIÓN.-

Se entiende por hormigón al producto endurecido resultante de la mezcla de: cemento Portland, agua y agregados pétreos (áridos), en proporciones adecuadas; a esta mezcla pueden agregarse aditivos con la finalidad de obtener características especiales determinadas en los diseños o indicadas por la fiscalización.

ESPECIFICACIONES.-

Generalidades

Estas especificaciones técnicas, incluyen los materiales, herramientas, equipo, fabricación, transporte, manipulación, vertido, encofrado a fin de que los hormigones producidos tengan perfectos acabados, resistencia, y estabilidad requeridos.

Clases de Hormigón

Las clases de hormigón a utilizarse en la obra serán aquellas señaladas en los planos u ordenada por el Fiscalizador.

La clase de hormigón está relacionada con la resistencia requerida, el contenido de cemento, el tamaño máximo de agregados gruesos, contenido de aire y las exigencias de la obra para el uso del hormigón.

Se reconocen 6 clases de hormigón, conforme se indica a continuación:

TIPO DE HORMIGÓN	f'c (Kg/cm2)
HS	380
HS	350
HS	280
HS	210
HS	180
HS	140
H Ciclópeo	60% HS 180 + 40% Piedra

El hormigón de 380, 350 y 280 kg/cm2 de resistencia está destinado al uso de obras expuestas a la acción del agua, líquidos agresivos y en los lugares expuestos a severa o moderada acción climática, como congelamientos y deshielos alternados.

El hormigón que se coloque bajo el agua será de 280 kg/cm2 con un 25 % adicional de cemento.

TNTE. DE E. HERRERA WILLIAM

El hormigón de 210 kg/cm² está destinado al uso en secciones de estructura o estructuras no sujetas a la acción directa del agua o medios agresivos, secciones masivas ligeramente reforzadas, muros de contención.

El hormigón de 180 kg/cm² se usa generalmente en secciones masivas sin armadura, bloques de anclaje, collarines de contención, replantillos, contrapisos, pavimentos, bordillos, aceras.

El hormigón de 140 kg/cm² se usará para replantillos, muros, revestimientos u hormigón no estructural.

Todos los hormigones a ser utilizados en la obra deberán ser diseñados en un laboratorio calificado por la Entidad Contratante. El contratista realizará diseños de mezclas, y mezclas de prueba con los materiales a ser empleados que se acopien en la obra, y sobre esta base y de acuerdo a los requerimientos del diseño entregado por el laboratorio, dispondrá la construcción de los hormigones.

Los cambios en la dosificación contarán con la aprobación del Fiscalizador.

Normas

Forman parte de estas especificaciones todas las regulaciones establecidas en el Código Ecuatoriano de la Construcción.

Materiales

CEMENTO

Todo el cemento será de una calidad tal que cumpla con la norma INEN 152: Requisitos, no deberán utilizarse cementos de diferentes marcas en una misma fundición. A criterio del fabricante, pueden utilizarse aditivos durante el proceso de fabricación del cemento, siempre que tales materiales, en las cantidades utilizadas, hayan demostrado que cumplen con los requisitos especificados en la norma INEN 1504.

El cemento será almacenado en un lugar perfectamente seco y ventilado, bajo cubierta y sobre tarimas de madera. No es recomendable colocar más de 14 sacos uno sobre otro y tampoco deberán permanecer embodegados por largo tiempo. El cemento Portland que permanezca almacenado a granel más de 6 meses o almacenado en sacos por más de 3 meses, será nuevamente maestreado y ensayado y deberá cumplir con los requisitos previstos, antes de ser usado.

AGREGADO FINO

Los agregados finos para hormigón de cemento Portland estarán formados por arena natural, arena de trituración (polvo de piedra) o una mezcla de ambas.

La arena deberá ser limpia, sílica (cuarzosa o granítica), de mina o de otro material inerte con características similares. Deberá estar constituida por granos duros, angulosos, ásperos al tacto, fuertes y libres de partículas blandas, materias orgánicas, esquistos o pizarras. Se prohíbe el empleo de arenas arcillosas, suaves o disgregables. Igualmente no se permitirá el uso del agregado fino con contenido de humedad superior al 8 %.

Los requerimientos de granulometría deberá cumplir con la norma INEN 872: Aridos para hormigón. Requisitos. El módulo de finura no será menor que 2.4 ni mayor que 3.1; una vez que se haya establecido una granulometría, el módulo de finura de la arena deberá mantenerse estable, con variaciones máximas de ± 0.2 , en caso contrario el fiscalizador podrá disponer que se realicen otras combinaciones, o en último caso rechazar este material.

Las exigencias de granulometría serán comprobadas por el ensayo granulométrico especificado en la norma INEN 697.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma INEN 856.

El peso unitario del agregado se determinará de acuerdo al método de ensayo estipulado en la norma INEN 858.

El árido fino debe estar libre de cantidades dañinas e impurezas orgánicas, para lo cual se empleará el método de ensayo INEN 855. Se rechazará todo material que produzca un color más oscuro que el patrón. La cantidad de sustancias perjudiciales en el árido fino no debe exceder los límites que se estipula en la norma INEN 872 para árido fino.

AGREGADO GRUESO

Los agregados gruesos para el hormigón de cemento Portland estarán formados por grava, roca triturada o una mezcla de estas que cumplan con los requisitos de la norma INEN 872.

Para los trabajos de hormigón, consistirá en roca triturada mecánicamente, será de origen andesítico, preferentemente de piedra azul.

Se empleará ripio limpio de impurezas, materias orgánicas, y otras sustancias perjudiciales, para este efecto se lavará perfectamente. Se recomienda no usar el ripio que tenga formas alargadas o de plaquetas.

También podrá usarse canto rodado triturado a mano o ripio proveniente de cantera natural siempre que tenga forma cúbica o piramidal, debiendo ser rechazado el ripio que contenga mas del 15 % de formas planas o alargadas.

Los agregados para el hormigón de cemento Portland cumplirán las exigencias granulométricas que se indican en la tabla 3 de la norma INEN 872.

Las exigencias de granulometrías serán comprobadas por el ensayo granulométrico INEN 696.

El peso específico de los agregados se determinará de acuerdo al método de ensayo INEN 857.

La cantidad de sustancias perjudiciales en el árido grueso no debe exceder los límites que se estipula en la norma INEN 872.

AGUA

El agua para la fabricación del hormigón será potable, libre de materias orgánicas, deletéreos y aceites, tampoco deberá contener sustancias dañinas como ácidos y sales, deberá cumplir con la norma INEN 1108 Agua Potable: Requisitos. El agua que se emplee para el curado del hormigón, cumplirá también los mismos requisitos que el agua de amasado.

AMASADO DEL HORMIGÓN

Se recomienda realizar el amasado a máquina, en lo posible una que posea una válvula automática para la dosificación del agua.

La dosificación se la hará al peso. El control de balanzas, calidades de los agregados y humedad de los mismos deberá hacerse por lo menos a la iniciación de cada jornada de fundición.

El hormigón se mezclará mecánicamente hasta conseguir una distribución uniforme de los materiales. No se sobrecargará la capacidad de las hormigoneras utilizadas; el tiempo mínimo de mezclado será de 1.5 minutos, con una velocidad de por lo menos 14 r.p.m.

El agua será dosificada por medio de cualquier sistema de medida controlado, corrigiéndose la cantidad que se coloca en la hormigonera de acuerdo a la humedad que contengan los agregados. Pueden utilizarse las pruebas de consistencia para regular estas correcciones.

MANIPULACIÓN Y VACIADO

La manipulación y vaciado del hormigón en ningún caso deberá tomar un tiempo mayor a 30 minutos.

Previo al vaciado, el constructor deberá proveer de canalones, elevadores, artesas y plataformas adecuadas a fin de transportar el hormigón en forma correcta hacia los diferentes niveles de consumo. En todo caso no se permitirá que se deposite el hormigón desde una altura tal que se produzca la separación de los agregados.

El equipo necesario tanto para la manipulación como para el vaciado, deberá estar en perfecto estado, limpio y libre de materiales usados y extraños.

CONSOLIDACIÓN

El hormigón armado o simple será consolidado por vibración y otros métodos adecuados aprobados por el fiscalizador. Se utilizarán vibradores internos para consolidar hormigón en todas las estructuras. Deberá existir suficiente equipo vibrador de reserva en la obra, en caso de falla de las unidades que estén operando.

El vibrador será aplicado a intervalos horizontales que no excedan de 75 cm, y por períodos cortos de 5 a 15 segundos, inmediatamente después de que ha sido colocado. El apisonado, varillado o paletado será ejecutado a lo largo de todas las caras para mantener el agregado grueso alejado del encofrado y obtener superficies lisas.

PRUEBAS DE CONSISTENCIA Y RESISTENCIA

Se controlará periódicamente la resistencia requerida del hormigón, se ensayarán en muestras cilíndricas de 15.3 cm (6") de diámetro por 30.5 cm (12") de altura, de acuerdo con las recomendaciones y requisitos de las especificaciones ASTM, C172, C192, C31 y C39.

La cantidad de ensayos a realizarse, será de por lo menos uno por cada 6 m³ de Hormigón (2 cilindros por ensayo, 1 probado a los 7 días y el otro a los 28 días).

Los ensayos que permitan ejercer el control de calidad de las mezclas de concreto, deberán ser efectuados por el fiscalizador, inmediatamente después de la descarga de las mezcladoras. El transporte de los cilindros para los ensayos se lo hará de manera adecuada.

Si el transporte del hormigón desde las hormigoneras hasta el sitio de vaciado, fuera demasiado largo y sujeto a evaporación apreciable, se tomará las muestras para las pruebas de consistencia y resistencia junto al sitio de la fundición.

CURADO DEL HORMIGÓN

El constructor, deberá contar con los medios necesarios para efectuar el control de la humedad, temperatura y curado del hormigón, especialmente durante los primeros días después de vaciado, a fin de garantizar un normal desarrollo del proceso de hidratación del cemento y de la resistencia del hormigón. El curado del hormigón podrá ser efectuado siguiendo las recomendaciones del Comité 612 del ACI.

De manera general, se podrá utilizar los siguientes métodos: esparcir agua sobre la superficie del hormigón ya suficientemente endurecida; utilizar mantas impermeables de papel, compuestos químicos líquidos que formen una membrana sobre la superficie del hormigón y que satisfaga las especificaciones ASTM - C309, también podrá utilizarse arena o aserrín en capas y con la suficiente humedad.

El curado con agua, deberá realizárselo durante un tiempo mínimo de 14 días. El curado comenzará tan pronto como el hormigón haya endurecido. El agua que se utilice en el curado, deberá satisfacer los requerimientos de las especificaciones para el agua utilizada en las mezclas de hormigón.

FORMA DE PAGO.-

TNTE. DE E. HERRERA WILLIAM

El hormigón será medido en metros cúbicos con 2 decimales de aproximación, determinándose directamente en la obra las cantidades correspondientes. En este rubro se debe incluir el precio del encofrado respectivo.

CONCEPTOS DE TRABAJO.-

HORMIGÓN SIMPLE $f'c=180$ kg/cm² m³

HORMIGÓN SIMPLE $f'c=210$ kg/cm² m³

SUMINISTRO E INSTALACIÓN TUBERÍA PLÁSTICA PVC

DEFINICIÓN.-

Comprende el suministro, instalación y prueba de la tubería plástica para el riego la cual corresponde a conductos circulares provistos de un empalme adecuado, que garantice la hermeticidad de la unión, para formar en condiciones satisfactorias una tubería continua.

ESPECIFICACIONES.-

La tubería plástica a suministrar deberá cumplir con las siguientes normas:

NORMA NTE INEN 1373 TUBERÍAS DE PVC PARA PRESIÓN, UNIDO POR CEMENTADO SOLVENTE O SELLADO ELASTOMERITO

La superficie interior de la tubería deberá ser lisa. En el precio de la tubería a ofertar, se deberá incluir las uniones correspondientes

Instalación y Prueba de la tubería plástica

Corresponde a todas las operaciones que debe realizar el constructor, para instalar la tubería y luego probarla, a satisfacción de la fiscalización.

Entiéndase por tubería de plástico todas aquellas tuberías fabricadas con un material que contiene como ingrediente principal una sustancia orgánica de gran peso molecular. La tubería plástica de uso generalizado, se fabrica de materiales termoplásticos.

Dada la poca resistencia relativa de la tubería plástica contra impactos, esfuerzos internos y aplastamientos, es necesario tomar ciertas precauciones durante el transporte y almacenaje.

Las pilas de tubería plástica deberán colocarse sobre una base horizontal durante su almacenamiento, y se la hará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. La altura de las pilas y en general la forma de almacenamiento será la que recomiende el fabricante.

Debe almacenarse la tubería de plástico en los sitios que autorice el Ingeniero Fiscalizador de la Obra, de preferencia bajo cubierta, o protegida de la acción directa del sol o recalentamiento.

No se deberá colocar ningún objeto pesado sobre la pila de tubos de plástico.

Dado el poco peso y gran manejabilidad de las tuberías plásticas, su instalación es un proceso rápido, a fin de lograr el acoplamiento correcto de los tubos para los diferentes tipos de uniones, se tomará en cuenta lo siguiente:

Uniones soldadas con solventes: Las tuberías de plásticos de espiga y campana se unirán por medio de la aplicación de una capa delgada del pegante suministrado por el fabricante.

Se limpia primero las superficies de contacto con un trapo impregnado con solvente y se las lija, luego se aplica una capa delgada de pegante, mediante una brocha o espátula. Dicho pegante deberá ser uniformemente distribuido eliminando todo exceso, si es necesario se

TNTE. DE E. HERRERA WILLIAM

aplicará dos o tres capas. A fin de evitar que el borde liso del tubo remueva el pegante en el interior de la campana formada, es conveniente preparar el extremo liso con un ligero chaflán. Se enchufa luego el extremo liso en la campana dándole una media vuelta aproximadamente, para distribuir mejor el pegante. Esta unión no deberá ponerse en servicio antes de las 24 horas de haber sido confeccionada.

Uniones de sello elastomérico: Consisten en un acoplamiento de un manguito de plástico con ranuras internas para acomodar los anillos de caucho correspondientes. La tubería termina en extremos lisos provisto de una marca que indica la posición correcta del acople. Se coloca primero el anillo de caucho dentro del manguito de plástico en su posición correcta, previa limpieza de las superficies de contacto. Se limpia luego la superficie externa del extremo del tubo, aplicando luego el lubricante de pasta de jabón o similar.

Se enchufa la tubería en el acople hasta más allá de la marca. Después se retira lentamente las tuberías hasta que la marca coincide con el extremo del acople.

Uniones con adhesivos especiales: Deben ser los recomendados por el fabricante y garantizarán la durabilidad y buen comportamiento de la unión.

La instalación de la tubería de plástico dado su poco peso y fácil manejabilidad, es un proceso relativamente sencillo.

Procedimiento de instalación

Las tuberías serán instaladas de acuerdo a las alineaciones y pendientes indicadas en los planos. Cualquier cambio deberá ser aprobado por el Ingeniero Fiscalizador.

La pendiente se dejará marcada en estacas laterales, 1,00 m fuera de la zanja, o con el sistema de dos estacas, una a cada lado de la zanja, unidas por una pieza de madera rígida y clavada horizontalmente de estaca a estaca y perpendicular al eje de la zanja.

La instalación de la tubería se hará de tal manera que en ningún caso se tenga una desviación mayor a 5,00 (cinco) milímetros, de la alineación o nivel del proyecto, cada pieza deberá tener un apoyo seguro y firme en toda su longitud, de modo que se colocará de tal forma que descansa en toda su superficie el fondo de la zanja, que se lo prepara previamente utilizando una cama de material granular fino, preferentemente arena. Nos se permitirá colocar los tubos sobre piedras, calzas de madero y/o soportes de cualquier otra índole.

La instalación de la tubería se comenzará por la parte inferior de los tramos y se trabajará hacia arriba, de tal manera que la campana quede situada hacia la parte más alta del tubo.

Los tubos serán cuidadosamente revisados antes de colocarlos, rechazándose los deteriorados por cualquier causa.

Entre dos bocas de visita consecutivas la tubería deberá quedar en alineamiento recto, a menos que el tubo sea visitable por dentro o que vaya superficialmente, como sucede a veces en los colectores marginales.

Prueba hidrostática accidental.

Esta prueba consistirá en dar a la parte mas baja de la tubería, una carga de agua que no excederá de un tirante de 2 m. Se hará anclando con relleno de material producto de la excavación, la parte central de los tubos y dejando completamente libre las juntas de los mismos. Si las juntas están defectuosas y acusaran fugas, el Constructor procederá a descargar las tuberías y rehacer las juntas defectuosas. Se repetirán estas pruebas hasta que no existan fugas en las juntas y el Ingeniero Fiscalizador quede satisfecho.

Prueba hidrostática sistemática.

Esta prueba se hará en todos los casos en que no se haga la prueba accidental. Consiste en vaciar, en el pozo de visita aguas arriba del tramo por probar, el contenido de 5 m³ de agua, que desagüe al mencionado pozo de visita con una manguera de 15 cm (6") de diámetro, dejando correr el agua libremente a través del tramo a probar. En el pozo de visita aguas abajo, el Contratista colocará una bomba para evitar que se forme un tirante de agua. Esta prueba tiene por objeto comprobar que las juntas estén bien hechas, ya que de no ser así presentarían fugas en estos sitios. Esta prueba debe hacerse antes de rellenar las zanjas. Si se encuentran fallas o fugas en las juntas al efectuar la prueba, el Constructor procederá a reparar las juntas defectuosas, y se repetirán las pruebas hasta que no se presenten fallas y el Ingeniero Fiscalizador apruebe.

FORMA DE PAGO.-

El suministro, instalación y prueba de las tuberías de plástico se medirá en metros lineales, con dos decimales de aproximación. Su pago se realizará a los precios estipulados en el contrato.

Se tomará en cuenta solamente la tubería que haya sido aprobada por la fiscalización. Las muestras para ensayo que utilice la Fiscalización y el costo del laboratorio, son de cuenta del contratista.

CONCEPTOS DE TRABAJO.-

TUBERÍA PLÁSTICA PARA PRESIÓN 20MM A. 315MM (MAT.TRAN.INST) m

ANEXO G

PLANOS

PLANO 1: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO.

PLANO 2: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO