

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LA INFRAESTRUCTURA
HIDRAULICA DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL DISTRITO DE
CARACOTO, PROVINCIA SAN ROMAN, REGION PUNO, 2022**

TESIS:

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. Eduardo, Condori Valencia

Bach. Henry Raúl, Borda Valencia

Bach. Nataly Elizabeth, Esquivel Olivares

ASESOR:

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

TRUJILLO – PERÚ

2023

HOJA DE FIRMAS

Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

Autores:

Bach. Eduardo, Condori Valencia

Bach. Henry Raúl, Borda Valencia

Bach. Nataly Elizabeth, Esquivel Olivares

Ing. Enrique Durand Bazán

PRESIDENTE

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

SECRETARIO

Ing. Laura Salazar Gamboa

VOCAL

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación, si bien ha emplazado de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desprendida de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de inquietud y desesperación, primero y antes que todo, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortificar mi corazón e alumbrar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Eduardo, Condori Valencia
Henry Raúl, Borda valencia
Nataly E., Esquivel Olivares

AGRADECIMIENTO

A Dios

Por proporcionarme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mí camino.

A mis Padres

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a mis padres son quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto les agradezco, mi mayor inspiración, gracias a mis padres he concluido con mi mayor meta.

Los autores.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
I. INTRODUCCION	17
1.1. Realidad Problemática.....	17
1.2. Formulación del Problema	18
1.3. Justificación	19
1.4. Objetivos	21
1.1.1. Objetivo General	21
1.1.2. Objetivos Específicos	21
1.5. Antecedentes.....	22
1.6. Bases Teóricas.....	25
1.6.1. Canales.....	25
1.7. Definición de términos Básicos.....	27
1.8. Formulación de Hipótesis	29
1.9. Propuesta de aplicación profesional	29
1.9.1. Normas Técnicas a Adoptarse en el proyecto.....	29
II. MATERIALES Y METODOS	30
2.1. Material de Estudio	30
2.1.1. Población	30
2.1.2. Población y muestra	31
2.1.3. Recopilación y análisis de datos	31
2.1.4. Tipo y Diseño de Investigación.....	32
III. RESULTADOS.....	33
3.1. Aspectos generales.....	33
3.1.1. Accesibilidad.....	36
3.1.2. Beneficiarios.....	36
3.1.3. Características Físicas	37
3.1.3.1. Clima y vegetación	37
3.2. Propuesta del proyecto.....	186
3.3. Estudio topográfico.....	38
3.3.1. Generalidades	38
3.3.2. Información tipográfica disponible.....	40
3.3.3. Información topográfica detallada	40
3.3.4. Levantamiento topográfico.....	41
3.3.4.1. Reconocimiento de Campo.....	43
3.3.4.2. Elecciones de Vértices de Red de Apoyo	43

3.3.4.3.	Monumentación de Vértices	44
3.3.4.4.	Levantamiento Planimétrico y Altimétrico.	45
3.3.4.5.	Relleno Topográfico.....	47
3.3.4.6.	Cálculos y Compensaciones de la Red de Apoyo.....	48
3.3.4.7.	Dibujo Del Plano Topográfico	49
3.3.4.8.	Ubicación de los puntos de inflexión horizontal (PIs).....	50
3.3.4.9.	Trazo y Replanteo de la Poligonal abierta de eje canal.....	51
3.3.4.10.	Personal de Trabajo, Equipo y materiales.	51
3.3.4.11.	Puntos de Inflexión (PI), y ángulos de deflexión (α).....	52
3.3.4.12.	Punto Obligado de Tangente o Punto de Paso (PP).	55
3.3.5.	Nivelación	55
3.3.5.1.	Nivelación de Estacas	55
3.3.5.2.	Seccionamiento de estacas.....	57
3.3.5.3.	Monumentacion y Nivelación de BMs.....	57
3.3.5.4.	Dibujos y planos finales de estudio.....	58
3.4.	Estudio de Hidrología.....	60
3.4.1.	Generalidades	60
3.4.2.	Oferta De Agua	63
3.4.2.1.	Generación de Caudales Medios Mensuales	63
3.4.2.2.	Modelo Lutz Schölz	64
3.4.2.3.	Ecuación de Balance Hídrico.....	65
3.4.2.4.	Coeficiente de Escurrimiento.....	66
3.4.2.5.	Precipitación efectiva.....	68
3.4.2.6.	Retención de la cuenca.....	70
3.4.2.7.	Relación entre descargas y retención	70
3.4.2.8.	Coeficiente de agotamiento	71
3.4.2.9.	Almacenamiento hídrico.....	73
3.4.2.10.	Determinación del caudal mensual para un año promedio	74
3.4.2.11.	Generación de caudales mensuales para periodos extendidos	74
3.4.2.12.	Test estadísticos	76
3.4.2.13.	Restricciones del modelo.....	76
3.4.3.	Aplicación del Modelo Lutz Schölz.....	77
3.4.3.1.	Disponibilidad de Recurso Hídrico en el Proyecto	82
3.4.3.2.	Disponibilidad Hídrica de la Presa Lagunillas.....	83
3.4.3.3.	Disponibilidad Hídrica Río Verde	84
3.4.3.4.	Disponibilidad Hídrica del Sistema Integral Lagunillas y del Proyecto de riego	85
3.4.4.	Caudal de Diseño.....	87

3.4.4.1.	Método Empíricos.....	89
3.4.4.2.	Método Racional.....	89
3.4.4.3.	Método Mac Math.....	92
3.4.4.4.	Métodos Estadísticos.....	93
3.4.4.5.	Método Estadístico de Gumbel.....	94
3.4.4.6.	Hidrograma Unitario.....	96
3.4.4.7.	Cálculo del caudal pico del hidrograma.....	97
3.4.4.8.	Determinación de caudal de diseño.....	101
3.4.5.	Demanda de Agua.....	102
3.4.5.1.	Evapotranspiración del Cultivo de referencia (ET).....	104
3.4.5.2.	Procesos de Evaporación.....	105
3.4.5.3.	Unidades de la ETo.....	108
3.4.5.4.	Factores que afectan la Evapotranspiración.....	109
3.4.5.5.	Conceptos de Evapotranspiración.....	111
3.4.5.6.	Determinación de la evapotranspiración.....	113
3.4.5.7.	Método de Penman Modificado.....	118
3.4.5.8.	Presión de Vapor (ea – ed).....	119
3.4.5.9.	Calendario de Siembra y Cosecha.....	120
3.4.5.10.	Coeficiente de Cultivo.....	121
3.4.5.11.	Etapa de germinación.....	121
3.4.5.12.	Etapa de crecimiento vegetativo.....	122
3.4.5.13.	Fase intermedia.....	122
3.4.5.14.	Fase final o de madurez.....	122
3.4.5.15.	Cédula de cultivos.....	123
3.4.5.16.	Programación de Riego.....	125
3.4.5.17.	Evapotranspiración del cultivo o real.....	125
3.4.5.18.	Precipitación efectiva.....	126
3.4.5.19.	Lámina neta de riego (Ln).....	126
3.4.5.20.	Lámina bruta de riego (Lbr).....	127
3.4.5.21.	Módulo de Riego (Mr).....	127
3.4.5.22.	Balance hídrico.....	128
3.4.6.	Calidad de Agua.....	128
3.4.6.1.	Efectos de la calidad de agua sobre la agricultura.....	129
3.4.6.2.	Salinidad.....	129
3.4.6.3.	Permeabilidad.....	130
3.4.6.4.	Toxicidad.....	130
3.4.6.5.	Varios.....	131

3.4.6.6.	Evaluación de la calidad de agua para riego según la F.A.O	131
3.4.6.7.	Directrices para la interpretación de la calidad de agua para el riego.	131
3.4.6.8.	Cálculo de la relación de Absorción de Sodio Ajustada.	133
3.4.6.9.	Evaluación de la calidad de agua para riego según U.S.D.A.	134
3.4.6.10.	Clasificación de las aguas para riego.....	139
3.4.6.11.	Peligro de Salinidad.....	140
3.4.6.12.	Peligro del sodio. -	140
3.4.6.13.	Diagrama para la clasificación de aguas para riego.	141
3.4.6.14.	Calidad de Agua en el Proyecto de Irrigación.....	145
3.8.	Estudio de Geología y Geotecnia.....	145
3.8.1.	Generalidades	¡Error! Marcador no definido.
3.8.2.	Geomorfología.....	146
3.8.2.1.	Geomorfología regional.....	146
3.8.2.2.	Geomorfología local.....	147
3.8.2.3.	Unidades geomorfológicas	147
3.8.2.4.	Sistema antropico	147
3.8.2.5.	Sistema fluvial	147
3.8.2.6.	Sistema sedimentario.....	149
3.8.2.7.	Deslizamiento de taludes.....	149
3.8.3.	Estratigrafía y litología	150
3.8.3.1.	estratigrafía local.....	150
3.8.3.2.	pérmico	150
3.8.3.3.	Terciario.....	151
3.8.3.4.	Cuaternario.....	153
3.8.3.5.	Intrusivo	155
3.8.4.	Geología estructural.....	156
3.8.5.	Geotecnia del canal principal b.....	156
3.8.5.1.	Introducción	¡Error! Marcador no definido.
3.8.5.2.	Ensayos de mecánica de suelos.....	157
3.8.5.3.	Geotecnia del canal principal b	158
3.8.5.3.1.	descripción de suelos encontrados en el canal principal b	158
3.8.5.3.2.	Características geotécnicas del canal principal b.....	159
3.8.5.3.3.	Descripción de suelos expansivos en el canal principal b.....	166
3.8.5.3.4.	Identificación de tramos críticos del c.p. b	167
3.8.5.4.	Conformación de terraplén para canal principal b.....	168
3.8.5.4.1.	Descripción de material para la conformacion de terraplen	169
3.8.6.	Estudio de canteras	170

3.8.6.1.	introducción	170
3.8.6.2.	Ensayos de mecánica de suelos.....	171
3.8.6.3.	Trabajos realizados	171
3.8.6.4.	Material de agregado para el proyecto.....	172
3.8.6.4.1.	material agregado ma-01 (puente quimsachata).....	172
3.8.6.4.2.	material agregado ma-02 (rio cabanillas).....	174
3.8.6.5.	cantera para material de relleno.....	175
3.8.6.5.1.	material de relleno mr – 01 (deza)	175
3.8.6.5.2.	material de relleno mr – 02 (cerro huarachi).....	176
3.8.6.5.3.	Material de relleno mr – 04.....	177
3.8.6.5.4.	Material de relleno mr – 05 (pataqueña).....	178
3.8.6.5.5.	Material de relleno mr – 06 (jatun huaycco).....	179
3.8.6.6.	Canteras de roca para el proyecto.....	180
3.8.6.6.1.	Cantera de roca cr-01 (kangara).....	180
3.8.6.6.2.	Cantera de roca cr-02 (hacienda)	181
3.8.6.7.	Fuentes de agua	182
3.8.6.7.1.	Fuente de agua rio cabanillas.	182
3.8.6.7.2.	fuelle de agua subterranea (fa-2) (opcional)	182
3.8.6.8.	Diseño de mezcla de concreto	183
3.8.6.8.1.	Diseño de mezcla de concreto de la cantera rio cabanillas.	183
IV.	DISCUSIÓN	187
V.	CONCLUSIONES	188
VI.	RECOMENDACIONES.....	190
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	¡Error! Marcador no definido.
VIII.	ANEXOS.....	192

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 01 Poblacion beneficiaria del proyecto	30
TABLA N° 02 Operacionalizacion de variables.....	32
TABLA N° 03 Colindantes el area de estudio	36
TABLA N° 04 Distancias al area de proyecto	36
TABLA N° 05 Propuesta del proyecto	38
TABLA N° 06 Resumen irrigacion pasanacollo	39
TABLA N° 07 Coordenadas de triangulacion topografica	59
TABLA N° 08 Limite superior para la precipitacion efectiva.....	69
TABLA N° 09 Limite coeficientes para el calculo de la precipitacion efectiva ..	70
TABLA N° 10 Calculo de los coeficientes de agotamiento (a)	72
TABLA N° 11 Lamina de agua acumulada en los tres tipos de almacen hidrico.....	73
TABLA N° 12 Caudales medios mensuales para la calibracion del modelo Lutz Scholts	77
TABLA N° 13 Precipitacion areal promedio mensual de estaciones hidrometricas	78
TABLA N° 14 Recarga promedio cuenca lagunillas MMC por meses.....	83
TABLA N° 15 Almacenamiento presa lagunillas MMC por meses	83
TABLA N° 16 Disponibilidad hidrica presa lagunillas MMCpor meses	84
TABLA N° 17 Caudales medio mensuales rio verde	85
TABLA N° 18 Disponibilidad hidrica rio verde en MMC	85
TABLA N° 19 Disponibilidad hidrica en el sistema integral lagunillas en MMC	86
TABLA N° 20 Disponibilidad hidrica en el sistema lagunillas en m ³ /seg	86
TABLA N° 21 Disponibilidad hidrica del proyecto de irrigacion.....	87

TABLA N° 22 Valores de coeficiente de escorrenteria.....	91
TABLA N° 23 Factor de escorrenteria Mac Math.....	93
TABLA N° 24 Valores de Y_n y_n en funcion de N	94
TABLA N° 25 Valores en funcion de D	96
TABLA N° 26 Clasificacion hidrolologica de los suelos- SUCS	100
TABLA N° 27 Curvas de escorrenteria para los complejos de suelo Cobertura (CN).....	100
TABLA N° 28 Estimacion caudal maximo hidrograma unitario	101
TABLA N° 29 Caudales generados bocatoma del proyecto modelo Lutz Scholz.....	102
TABLA N° 30 Presion saturante de vapor(ea) en mbar en funcion a la temperatura media del aire en C°	119
TABLA N° 31 Calendario agricola para hectareas mejoradas	120
TABLA N° 32 Calendario agricola para hectareas a incorporar	120
TABLA N° 33 Calendario agricola irrigacion	121
TABLA N° 34 Coeficientes de cultivo(K_c)ponderado hectareas mejoradas .	122
TABLA N° 35 Coeficientes de cultivo(K_c)ponderado hectareas mejoradas	123
TABLA N° 36 Coeficientes de cultivo(K_c)ponderado irrigacion canteria.....	123
TABLA N° 37 Cedula de cultivo para hectareas mejoradas.....	124
TABLA N° 38 Cedula de cultivo para hectareas a incorporar	124
TABLA N° 39 Cedula de cultivo irrigacion del proyecto	124
TABLA N° 40 Distribucion de la precipitacion efectiva.....	126
TABLA N° 41 Demanda de agua hectareas mejorada	128
TABLA N° 42 Directrices para interpretar la calidad de agua para riego	132
TABLA N° 43 Valores para calcular el pH_c	134
TABLA N° 44 Resultados de analisis de agua rio cabanillas	145

TABLA N° 45 Sistema de unidades geomorfológicas	147
TABLA N° 46 Tipo de roca.....	150
TABLA N° 47 Ensayos para cada estructura.....	157
TABLA N° 48 Resumen de los materiales en el area de estudio	158
TABLA N° 49 Caracterizacion geotecnica del canal principal.....	160
TABLA N° 50 Descripcion de suelos expansivos.....	167
TABLA N° 51 Identificacion de tramos criticos	168
TABLA N° 52 Distribucion granulometrica.....	169
TABLA N° 53 Fuente de agua	182
TABLA N° 54 Tipo de mescla.....	184
TABLA N° 55 Material de agregado rio cabanillas	185

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01 Ubicación geografica del proyecto	34
FIGURA N° 02 Ubicación de la cuenca	35
FIGURA N° 03 Reconocimiento de campo zona de canal principal.....	44
FIGURA N° 04 Monumentacion e vertices e concreto y barrilla de acero De 25 cm.....	45
FIGURA N° 05 Levantamiento planimetrico del area de riego	46
FIGURA N° 06 Caudales generados y aforados puente isla cabanillas.....	82
FIGURA N° 07 Representacion esquematica de una estoma.....	106
FIGURA N° 08 Reparticion de la evaporacion y transpiracion durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual.....	106
FIGURA N° 09 Factores que afectan la evapotranspiracion con referencia a conceptos de ETo	108
FIGURA N° 10 Evaporacion del cultivo de referencia ETo bajo condiciones Estandar ETc y bajo condiciones no estandar ETc aj.....	112
FIGURA N° 11 Representacion esquematica de la variacion diurna de los Componentes del balance de energia sobre una superficie transpirante Con suficiente cantidad de agua en un dia soleado	114
FIGURA N° 12 Balance de agua en el suelo de la zona radicular	116
FIGURA N° 13 Monograma para determinar el valor del SAR del agua para riego y para estimular el valor correspondiente para el PSI del suelo que esta en equilibrio con dicha agua	139
FIGURA N° 14 Diagrama para la clasificacion de las aguas para riego.....	144
FIGURA N° 15 Litoestratigrafia	155
FIGURA N° 16 Tramo 0+000 - 4+500	160
FIGURA N° 17 Tramo 4+500 – 6+500.....	162

FIGURA N° 18 Tramo 6+500 – 6+900.....	163
FIGURA N° 19 Tramo 6+900 – 10+300.....	164
FIGURA N° 20 Tramo 10+300 – 12+300	165

RESUMEN

En este informe de tesis denominado “Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno, 2022”., constituye uno de los proyectos del Sistema Integral Hídrico Lagunillas, de la Cuenca Coata.

La fuente principal del recurso hídrico del Sistema de Riego, es el río Cabanillas regulado por la Presa Lagunillas, donde actualmente se tiene una captación rustica y temporal, encauzada con piedras, sacos de hormigón, y la mayor parte del cauce del río es encauzado con el material del mismo río utilizando maquinaria pesada, debido a que el cauce del río es grande, por ello la Comisión de regantes cada año después del periodo de lluvias realizan esta captación rustica y los costos de captación son elevados por el uso de maquinarias. Actualmente en el Sistema de Riego, a través de la captación rustica, logra captar un caudal de 0.6 m³/seg., y este caudal solo abastece para regar 584.02 has del área de cultivo que se encuentra en la cabecera del Sistema de Riego, quedando un área potencial de 3,446.61 has sin riego; por lo que es prioridad la construcción de un Sistema captación adecuado (bocatoma) y garantizar la captación de un caudal de 3.5 m³/seg., y dar uso la dotación según la Presa Lagunillas e incorporar al riego las áreas potenciales del ámbito del Sistema de Riego.

Los canales de riego que se tienen actualmente son en tierra y/o rusticas con pérdidas por filtración y/o percolación profunda, tienen una alta rugosidad por el crecimiento de vegetación en los taludes del canal, a esto se suma la colmatación excesiva por sedimentación; además el nivel hidráulico de los canales se encuentran debajo del nivel de las áreas de cultivo a regar; factores que implican que la eficiencia de conducción y distribución sean bajísimas es decir solo de 20% mientras que en canales de revestidos puede alcanzar hasta un 50%.

La solución diseñada determina el caudal en el canal principal es de 2.50 m³/seg. El agua de buena calidad se puede usar para riego sin restricciones en todo tipo de suelos, no presenta problemas de sodicidad

Palabras Clave: Recurso hídrico, Sistema de riego, Captación.

ABSTRACT

In this thesis report called "Improvement and Expansion of the hydraulic infrastructure of the Irrigation System in the district of Caracoto, province of San Román, Puno Region", constitutes one of the fundamental projects of the Lagunillas Integral Water System, of the Coata Basin.

The main source of the Irrigation System's water resources is the Cabanillas River, regulated by the Lagunillas Dam, where there is currently a rustic and temporary catchment, channeled with stones, concrete bags, and most of the riverbed is channeled with the material from the river itself using heavy machinery, because the riverbed is large, therefore the Irrigation Commission every year after the rainy season carry out this rustic collection and collection costs are high due to the use of machinery.

Currently in the Irrigation System, through rustic catchment, it manages to capture a flow of 0.6 m³/sec., and this flow only supplies to irrigate 584.02 hectares of the cultivation area that is located at the head of the Irrigation System, leaving a potential area of 3,446.61 hectares without irrigation; Therefore, the construction of an adequate catchment system (intake) is a priority and guarantee the catchment of a flow of 3.5 m³/sec., and make use of the provision according to the Lagunillas Dam and incorporate into irrigation the potential areas of the scope of the Irrigation.

Irrigation channels that are currently available are on land and/or rustic with losses due to filtration and/or deep percolation, they have a high roughness due to the growth of vegetation on the slopes of the channel, to this is added excessive clogging due to sedimentation; In addition, the hydraulic level of the canals is below the level of the cultivated areas to be irrigated; factors that imply that the efficiency of conduction and distribution are very low, that is, only 20%, while in coated channels it can reach up to 50%.

Keywords: Water resource, Irrigation system, Catchment.

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad Problemática

El agua no se distribuye uniformemente en el tiempo y el espacio. A veces se encuentran grandes volúmenes lejos de los centros de población o cuando están próximas, pueden resultar impropias para el consumo. A veces pequeños ríos tienen aguas en condiciones satisfactorias, pero no son aprovechables porque en ciertas épocas del año, su flujo es nulo. (PEDRO RODRIGUEZ RUIZ, 2008).

Actualmente se tiene construido 5.05 Km., de canal de derivación construida artesanalmente, en la progresiva 5+050 Km., se tiene un partididor artesanal donde se tiene dos canales principales, uno hacia el margen derecho y otro hacia el margen izquierdo; estas infraestructuras no permiten una distribución adecuada del agua hacia las áreas de riego, por lo que conllevan a conflictos entre regantes o usuarios de riego; por lo que es prioridad la construcción de canal de derivación, canales principales hacia el margen izquierdo y derecho, los canales laterales y drenes superficiales; esto con la finalidad de incorporar las áreas potenciales netas al riego y solucionar el problema central del ámbito del proyecto.

Por otra parte, se tiene deficiente en la gestión del agua por parte de los usuarios de riego, a causa de un deficiente manejo administrativo y una débil organización de los usuarios de riego e insuficientes elementos que fortalezcan la correcta operación y mantenimiento de las infraestructuras de riego existentes.

Así mismo el manejo agronómico de cultivos en el ámbito de Proyecto es deficiente, debido a las inadecuadas prácticas culturales, es decir los agricultores no están manejando eficientemente en cuanto al uso de semillas agrícolas de calidad, uso de fertilizantes, rotación de cultivos, manejo de siembra, cosecha, etc.; Por otra parte se tiene la baja eficiencia de riego a nivel de parcelas que es de 15% y la mayor parte de cultivos se desarrolla en secano; a esto se suma el deficiente manejo de suelos agrícolas; además el manejo de cultivos es desarrollada con una tecnología tradicional y como consecuencia se tiene los bajos rendimientos de los cultivos.

Además el manejo del ganado vacuno y ovino en el ámbito de Proyecto es deficiente, por los siguientes aspectos: la raza de estas especies son criollos en su mayoría, esto por el escaso conocimiento de técnicas de mejoramiento genético en animales; la campaña de sanidad animal se realiza pocas veces, por el desconocimiento del calendario sanitario y limitado recurso económico de parte de los productores; a esto se suma la deficiente alimentación porque no se tiene la instalación de pastos cultivados y forrajeros en mayores áreas; razones por lo que los rendimientos de la producción pecuaria son bajísimos, además esta actividad se conduce con una tecnología tradicional y la producción se desarrolla en condiciones de secano.

Como consecuencia existe áreas potenciales de cultivo sin riego, hay abandono de las actividades agropecuarias, migración de productores hacia las ciudades de Juliaca, Arequipa, Puno, Lima Cusco, en busca de mejores oportunidades de vida, debido a los bajos ingresos económicos de los productores. Así mismo se tiene los bajos niveles de oferta de sus productos agropecuarios trae como efecto los mínimos márgenes de comercialización y una agricultura sin criterio empresarial ello implica que la producción no tenga rentabilidad. En consecuencia, el retraso socioeconómico de los productores del Sistema de riego.

1.2. Formulación del Problema

Pregunta General

¿Cuál es el diseño del Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno?

Problema Específico

A. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio de topografía, para el diseño de Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno?

B. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio Hidrológico, para el diseño de Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno?

C. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio de Geológico y de Geotecnia, para el diseño de Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno?

1.3. Justificación

El Sistema Integral Hídrico Lagunillas, es uno de los proyectos más importantes en la región, el mismo que tiene construido una Presa con una capacidad de almacenamiento de 500 MMC de volumen útil, con un caudal de descarga de 25.0 m³/seg., para afianzar el río Cabanillas, y regar las áreas de los sectores y/o irrigaciones: Cabana-Vilque-Mañazo, Cabanilla, Yanarico, y Cantería.

Actualmente la Presa Lagunillas, viene almacenando el recurso hídrico para el riego de las áreas de las diferentes irrigaciones del sistema integral, pero sin embargo el caudal destinado para el Sistema de Riego en estudio según la distribución actual planteado es de un caudal de 3.5 m³/seg.; debo indicar que actualmente solo se viene captando un caudal de 0.600 m³/seg., debido a que no se cuenta con infraestructura del sistema de riego adecuado.

Es importante implementar en aspectos del desarrollo rural a los productores agropecuarios para un cambio efectivo en el desarrollo agropecuario regional, socializando sus conocimientos unos a otros, así como su participación en la implementación de los futuros usuarios de riego.

Justificación legal

DECRETO SUPREMO N° 004-2006-AG EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA CONSIDERANDO: Que, mediante la Ley N° 28585 se declara de necesidad y de utilidad pública la creación del Programa de Riego Tecnificado para promocionar el reemplazo progresivo de los sistemas de riego tradicionales en el sector agrícola en general.

CAPÍTULO II

DE LA ARTICULACIÓN NACIONAL, REGIONAL Y LOCAL

Artículo 6.- Ente Rector Créase en el Ministerio de Agricultura el Programa de Riego Tecnificado, el que se constituye en ente rector en materia de riego tecnificado. Son funciones del Ente Rector:

- a) Establecer los estándares técnicos (definición, características y especificaciones) para los sistemas de riego tecnificado.
- b) Velar por el cumplimiento de los estándares técnicos en la formulación, supervisión, ejecución, operación y mantenimiento de los sistemas de riego tecnificado.
- c) Establecer las estrategias y modalidades más competitivas para la tecnificación del riego en los ámbitos locales y regionales y promover el uso de tecnologías más avanzadas.
- d) Brindar información sobre otras modalidades de financiamiento existentes en el ámbito nacional, para implementar sistemas de riego tecnificado.
- e) Brindar asesoramiento relacionadas con el riego tecnificado.
- f) Promover la capacitación y fortalecimiento de los gobiernos regionales, en materia de riego tecnificado.
- g) Gestionar y promover líneas de financiamiento para la ejecución de proyectos de tecnificación de riego.

Artículo 7.- Articulación regional y local Los Gobiernos Regionales y Locales, en sus respectivos ámbitos territoriales, tienen a su cargo:

- a) Planificar y ejecutar programas y proyectos para la promoción del uso de riego tecnificado entre los productores y organizaciones agrarias.
- b) Ejecutar las estrategias y modalidades más competitivas para la tecnificación de riego.

- c) Presentar proyectos de riego tecnificado en los concursos promovidos por el ente rector.
- d) Financiar y/o brindar coberturas con sus propios recursos, y en el marco de lo establecido en el presente reglamento para proyectos de riego tecnificado.
- e) En sus ámbitos llevar a cabo concursos públicos para la ejecución de proyectos de riego tecnificado.
- f) Brindar información sobre modalidades de financiamiento existentes para implementar sistemas de riego tecnificado.
- g) Aprobar los expedientes técnicos de los proyectos seleccionados a través de los concursos.
- h) Supervisar y dar la conformidad a la ejecución de los proyectos.

1.4. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar el diseño para el Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno.

1.1.2. Objetivos Específicos

A. Objetivo Especifico

Realizar el estudio de topografía, para el diseño de Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno.

B. Objetivo Especifico

Realizar el estudio de Hidrología, para el diseño de Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno.

C. Objetivo Especifico

Realizar el estudio de Geología y Geotecnia, para el diseño de Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román, Región Puno.

1.5. Antecedentes

Anrango, B. A. & Bolaños, S. R. (2017).

En su trabajo de titulación “Rediseño del canal de riego La Victoria ubicado en las parroquias San Roque, Atuntaqui, Chaltura, Natabuela e Imbaya del cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura”. Las condiciones actuales del canal de riego La Victoria a lo largo de sus 16 697m, presenta problemas y deterioros, que al solucionarlos mejorarán la eficiencia y aportarán con datos veraces para mejorar la administración técnica y financiera. En lo técnico permitirá optimizar y aprovechar al máximo el recurso agua, disminuyendo la infiltración, derrumbes, contaminación y azolvamientos. En tal sentido con una evaluación previa se diseñó tuberías de PVC, con un diámetro de 1.0m, así como todas las obras complementarias de la conducción tales como canales, túneles, rejillas y losetas para embaulamiento. Varias de estas obras protegerán de la contaminación ambiental y proveerán de seguridad a los moradores de los sectores aledaños. El presupuesto referencial es de \$ 532153,15 dólares americanos. Se estima que el canal riega 1000 hectáreas y beneficia a 2000 familias por lo que se hace imprescindible mejorar el sistema, cuidar el caudal y optimizar el riego para mantener la productividad de la zona, lo que redundará positivamente en la economía de la población.

Dávalos, J. P. & Yépez, I. E. (2017).

En su trabajo de graduación “Evaluación y mejoramiento del canal principal del sistema de riego Pisque de la Comunidad Guachala, Parroquia Cangahua”. El presente Estudio Técnico tiene por objeto la evaluación y mejoramiento del canal principal del sistema de Riego el Pisque. El trazo del sistema de riego el Pisque cruza por las parroquias (Guachalá, Santa Rosa de Cusubamba, Otón, Ascazubi,

El Quinche, Checa, Yaruqui, Pifo y Puembo) del nor-orienté de la provincia de Pichincha. Los estudios y diseños están orientados exclusivamente al canal principal del sistema de Riego, el cual conduce y distribuye el recurso hídrico a las poblaciones aledañas. Durante los recorridos e inspecciones del proyecto se determinó que en algunos sectores existen problemas técnicos en la infraestructura del canal, los cuales afectan directamente a la conducción del líquido vital, razón por la cual se procedió a establecer alternativas y soluciones ingenieriles orientadas a garantizar las condiciones de funcionabilidad del canal. Para tal efecto se estableció alternativas de diseño mismas que contribuyan en el correcto funcionamiento del canal, a partir de las cuales se realizó un análisis técnico-económico, cuya solución más idónea fue la construcción del revestimiento del canal con hormigón, un muro de gaviones, un embaulamiento del canal; obras que garantizan la estabilidad estructural de toda la infraestructura. Cada una de las alternativas de diseño fue valorada cuantitativamente, mediante un análisis de presupuestos, con rubros que intervienen dentro del proyecto.

Romero, A. J. (2015).

En su artículo “El Proyecto del canal del Algar de Francisco Morell: Una iniciativa temprana del regeneracionismo hidráulico en Alicante”. Por sus características climáticas, en la región mediterránea del sureste han tenido históricamente destacado protagonismo las obras y proyectos hidráulicos. La hegemonía que mantiene la actividad agrícola en España, aún en la segunda mitad del siglo XIX, por el retraso en la adopción de los modelos industriales, favoreció, al amparo de un incipiente liberalismo, modelos de crecimiento económico de corte agrarista en los que el regadío y las obras hidráulicas fueron elementos destacados. En la provincia de Alicante, el proyecto del Canal del Algar del arquitecto valenciano Francisco Morell es un ejemplo. El presente artículo trata de justificar cómo, en Alicante, y favorecido por este contexto, aparece en 1866 el Proyecto de un canal de riego que anticipa, en muchos de sus planteamientos y propuestas, la ideología del movimiento regeneracionista.

Tello, L. (2013).

En su proyecto profesional "Mejoramiento del canal de riego El Piruro". El presente trabajo, materia del proyecto profesional denominado "MEJORAMIENTO CANAL DE RIEGO EL PIRURO", se encuentra ubicado en los caseríos Juanchopuquio, Shitapampa y Potrerillo, distrito de la Encafiada, provincia y departamento de Cajamarca, el cual se encuentra a una altitud media de 3050 m.s.n.m. El estudio es elaborado con la finalidad de plantear una alternativa al problema de agua de riego en los mencionados caseríos, consistiendo básicamente esto, en la construcción de bocatoma y el mejoramiento de 4.98 Km de canal. El beneficio del presente estudio es para 80 familias, en un área de 145 Has, y una demanda hídrica de 160 l/s, según cedula de cultivo. Realizado el estudio hidrológico, el caudal máximo esperado es de 20 m³/s, durante un periodo de 50.68 años y una vida útil de estructura de 30 años. Físicamente, la ejecución del proyecto comprende la construcción de una captación, la cual está constituida por muros de encauzamiento, barraje fijo, barraje móvil, ventana de captación, colchón disipador, canal de limpia, vertedero lateral, canal de excedencias, desarenador con su respectivo canal de limpia; con respecto al canal principal está constituido por: canal rectangular en una longitud de 590.017 metros, el cual tendrá un espesor de 0.12 m, en paredes y fondo, revestido con concreto simple de f'c = 175 kg/cm², canal de sección trapezoidal en una longitud de 3854.845 m cuyo fondo de espesor y paredes será de 0.12m vaciado con concreto simple de f'c = 175 kg/cm, así mismo para el desarrollo normal del canal y según las condiciones topográficas, se ha planteado la construcción de las siguientes obras de arte: 3 rápida, una alcantarilla denominada conducto cerrado para el paso vehicular, una caída escalonada, una caída vertical, 4 puentes canales en el cruce de riachuelos, un sifón invertido para salvar una depresión, 4 puentes peatonales, transición para ampliación de sección, los cuales hacen una longitud total de 535.138 m, finalmente para la distribución de agua las parcelas será a través de la construcción de 30 tomas laterales. La ejecución del proyecto, requiere un costo de inversión de 1'831,496.20 nuevos soles, estimándose un plazo de ejecución de 12 meses.

1.6. Bases Teóricas

1.6.1. Canales

definición de canal abierto

Canal es un conducto abierto, en el cual el agua circula por acción de la gravedad, sin ninguna presión, la superficie libre del agua está en contacto con la atmosfera. Los conductos hidráulicos abiertos se caracterizan por tener una superficie libre, en contacto con la atmosfera. El flujo se produce como consecuencia del peso del fluido. En tal sentido y desde el punto de vista hidráulico, un canal se comporta como si fuese un río (Rocha, 1998).

En ingeniería se denomina canal a una construcción destinada al transporte de fluidos generalmente utilizada para agua y que, a diferencia de las tuberías, es abierta a la atmósfera. También se utilizan como vías artificiales de navegación. La descripción del comportamiento hidráulico y su diseño pertenece al campo de la ingeniería hidráulica, una de las especialidades de la ingeniería civil y agrícola (Villon B. 1981).

Clasificación de canales según su naturaleza

- Canales naturales Se denomina canal natural a las depresiones naturales en la corteza terrestre, algunos tienen poca profundidad y otros son más profundos, según se encuentren en la naturaleza.
- Canales de riego Éstos son estructuras construidas para conducir el agua hacia zonas que requieren complementar el agua precipitada naturalmente sobre el terreno.

clasificación de canales según su función

Los canales de riego por dentro de una planificación, comúnmente tiene formas geométricas y según sus funciones adoptan las siguientes denominaciones:

- Canal de primer orden Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo ya que por el otro lado da con terrenos altos.
- Canal de segundo orden Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub – laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego.

- Canal de tercer orden Llamado también sub – laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas, el área de riego que sirve un sub – lateral se conoce como unidad de rotación

Elementos geométricos de la sección de un canal

- Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que puede ser definido por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. Estos elementos son muy importantes para los cálculos del escurrimiento. Profundidad del flujo o tirante (h): Es la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre.
- Ancho superficial o espejo de agua (T): Es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.
- Área hidráulica o área mojada (A): Es el área de la sección transversal del flujo normal a la dirección del flujo.
- Perímetro mojado (P): Es la longitud de la línea de la intersección de la superficie mojada del canal con la sección transversal normal a la dirección del flujo.
- Radio hidráulico (R): Es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado, se expresa como:

$$R=A/P$$

Elementos básicos para diseño de canales trazo de canales:

Cuando se traza un canal o un sistema de canales, es necesario recolectar la siguiente información básica:

- Reconocimiento del terreno: Se recorre todo el terreno, anotándose todos los detalles que influyen en la determinación aproximadamente el punto inicial y el punto final del canal.
- Estudios geológicos: Una vez definido los límites, se procede a tomar muestras, para ello se hace un recorrido en zigzag, tomando muestras en los

vértices a lo largo del terreno donde se proyecta el canal para luego ser analizadas en un laboratorio certificado, así mismo se puede usar la toma de muestras para el canal cada 500 metros, también se analiza in situ con la excavación de calicatas, una vez obtenidos datos precisos, geo referenciándolos, se procede a realizar el trabajo de gabinete dando un trazo preliminar, el cual se replantea en campo, donde se hacen los ajustes necesarios, obteniéndose finalmente el trazo definitivo, en caso de no contar con la información topográfica básica se procede a levantar el relieve del canal.

- Planos topográficos y catastrales: Se ubica el lugar de trabajo en planos catastrales y se busca, de existir, planos topográficos actuales.
- Fotografías aéreas: Actualmente se puede contar con esta potente herramienta para mayor exactitud y mejor criterio a la hora de tomar decisiones sobre el proyecto, se ubican los centros poblados, caseríos, áreas de cultivo, vías de comunicación entre otras.
- Trazo preliminar: Se procede a levantar la zona con la una brigada topográfica, clavando en el terreno las estacas de la poligonal preliminar y luego el levantamiento con teodolito o estación total, posteriormente a este levantamiento se nivelará la poligonal y se harán de acuerdo a criterio, si es un terreno con una alta distorsión de relieve, la sección se hace a cada cinco metros, si el terreno no muestra muchas variaciones y es uniforme la sección es máxima a cada 20 metros.
- Trazo definitivo: Con la información obtenida en el trazo preliminar, se realiza en gabinete el trazo definitivo, teniendo en cuenta la escala del plano, la cual depende básicamente de la topografía de la zona y la precisión que se desea. Siempre se debe mantener los tramos rectos lo más largos posibles.

1.7. Definición de términos Básicos

Agua: líquido fundamental para la vida. Compuesto de dos partes de hidrógeno y una de oxígeno, que se encuentra en la tierra en estado sólido, líquido y gaseoso.

Absorción: Penetración de moléculas fluidas en un material poroso.

Biodegradación: Proceso de descomposición de un material o una sustancia, por parte de organismos vivos.

Boca de riego: Abertura de salida en un conducto de agua en la cual se enchufa una manga para regar.

Caudal: Cantidad de agua que mana o corre.

Drenaje: Es el procedimiento para conseguir que el agua de riego o de lluvia fluya y no se estanque.

Ecología: Estudio de las relaciones entre los seres vivos y su medio ambiente y de los mecanismos que explican su distribución, abundancia y comportamiento.

Ecosistema: Comunidad de seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos y químicos en que evolucionan.

Edafología: Es una rama de la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

Lluvia: La lluvia es un fenómeno atmosférico de tipo hidrometeorológico que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes.

Lluvia sólida: Lluvia sólida es un polvo granular a base de potasio, biodegradable, no soluble y no tóxico que, al entrar en contacto con el agua, se expande y es capaz de absorber hasta 500 veces su peso en agua, reteniendo la humedad de la raíz para mantenerla. Hidratado sin necesidad de riego ni lluvia por semanas.

Lámina de Riego: Espesor de la capa de agua con que una superficie de tierra, supuestamente a nivel, quedaría cubierta por un volumen de agua

Pluviometría: Parte de la meteorología que mide y estudia la cantidad, la intensidad y la regularidad de las lluvias según el espacio geográfico y las estaciones del año.

Perfil del suelo: Corte vertical del suelo en el que puede observarse diferentes capas del mismo, de distintos colores y tamaño. En algunas capas se observan piedras, raíces y lombrices. El perfil del suelo se puede distinguir bien en los cortes de carreteras, o al hacer un hoyo en el terreno.

Permeabilidad: Propiedad de un suelo poroso que permite la penetración del agua u otro líquido a través de él.

Riego por gravedad: Método de operación de un sistema o parte de un sistema mediante el uso único de la acción de la gravedad; hay suficiente agua disponible (o ésta está a una presión suficiente) para garantizar su conducción o suministro a los campos y su distribución en los campos.

Riego por inundación: Todos los tipos de riego que aprovechan las crecidas de inundaciones para anegar superficies sin contar con obras estructurales importantes, como el riego de cultivos de decrecida, el riego por derivación de crecidas o la inundación libre.

Riego: Consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento.

Terreno: Es un espacio de tierra sobre el cual generalmente la gente puede construir o cultivar ya sea para su uso propio.

Tiempo de riego: Es el tiempo que ha de durar un riego para aplicar en la parcela de cultivo la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades brutas de riego.

Topografía: Descripción y representación detallada en un plano de la superficie de un terreno, con su forma, dimensiones y volumen.

1.8. Formulación de Hipótesis

a. Hipótesis general:

Con el Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

Estará asegurando la disponibilidad anual de agua lo cual permitirá aumentar el volumen útil, según la distribución actual diseñado es de un caudal de 3.5 m³/seg.; actualmente solo se viene captando un caudal de 0.600 m³/seg., debido a que no se cuenta con infraestructura del sistema de riego adecuado

1.9. Propuesta de aplicación profesional

1.9.1. Normas Técnicas a Adoptarse en el proyecto.

Los estudios del proyecto, se efectuará de conformidad con las siguientes normas y reglamentos:

- Reglamento Nacional de Construcciones
- Normas ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica, Industrial y de Normas Técnicas)
- Normas Peruanas de Concreto
- Normas A.C.I. (American Concrete Institute)
- Normas A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials)
- Normas A.A.S.H.T.O. (American Association of State Highway and Transportation Officials)

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Material de Estudio

2.1.1. Población

Tabla N°01 población beneficiaria del proyecto

N°	COMUNIDAD Y SECTORES	FAMILIAS DEL AMBITO DEL PROYECTO			N° DE HABITANTES
		CON RIEGO	SIN RIEGO	TOTAL	
<u>DIST. JULIACA</u>					
Parcialidades					
1	Telato	22	63	85	595
2	Ilo ilo	46	64	110	473
3	Cambraca	14	41	55	385
Comunidades					
4	Esquen Tariachi	0	178	178	908
5	Huichay Jaran	5	107	112	594
6	Collana	3	75	78	624
<u>DIST. CARACOTO</u>					
7	Anexo Caracoto	2	149	151	604
TOTAL		92	622	769	4,183

FUENTE: Estudio Agro socioeconómico, elaborado por el PRORRIDRE, 2012.

2.1.2. Población y muestra

Poblacion.

En el informe de la presente tesis, se tomó en cuenta:

Cantidad de familias 769 promediando 5.4 miembros por familia lo que determina que la población es de = 4,183 habitantes

Muestra

El mejoramiento y ampliación de la infraestructura hidráulica tiene una longitud total de 12,300.00 Km.

2.1.3. Recopilación y análisis de datos

Iniciamos el procedimiento de recolección de datos con la observación de la zona a estudiar, extrayendo los datos que nos fue de utilidad para plantear los objetivos del proyecto, luego realizamos el levantamiento topográfico desde el punto de captación, luego de ello realizamos el estudio de Hidrología, posteriormente se realizaron las extracciones de muestras en el área de estudio en puntos estratégicos con la finalidad de determinar la contextura de suelos,

Métodos de análisis de datos

La Información recopilada de la observación inicial de la zona de estudio se trabajó en el programa Excel. El levantamiento topografía realizado se trabajó en el programa AutoCAD Civil 3D y AutoCAD, y la extracción de muestras de suelo de las calicatas, fueron analizadas en un laboratorio.

El propósito de toda información extraída y recopilada a través de los estudios realizados, fue útil para la elaboración del diseño del proyecto planteado mediante hojas de cálculo, planos, gráficos y cuadros de resumen; para su posteriormente interpretación y sustentación de los datos.

Variable de estudio

Variable Independiente:

Mejoramamiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

Variable Dependiente:

Mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

Indicador: Cantidad de Beneficiarios.

Tabla N° 02 Operacionalización de variables

variables	definición conceptual	definición operacional	dimensiones	indicadores
Sistemas de Riego.	El diseño de los sistemas de riego se define como el conjunto de infraestructuras hidráulicas que favorecen el abastecimiento de este vital servicio para mejorar la calidad de vida de los pobladores beneficiarios del sector, siguiendo con los parámetros establecidos	El diseño para el mejoramiento y ampliación de los sistemas riego se realizará a partir de las medidas tomadas en campo mediante el levantamiento topográfico, logrando los perfiles adecuados del terreno, así como el estudio hidrológico y el estudio de Suelos	Levantamiento topográfico Estudio de Hidrología Estudio de Geología y Geotecnia	Beneficiarios

2.1.4. Tipo y Diseño de Investigación

Se emplea el tipo de investigación no experimental, transversal, descriptivo simple.

M ██████████ O

Donde:

M: Refiere al lugar donde se realizará el estudio.

O: Obtención de los datos de la zona estudiada.

III. RESULTADOS

3.1. Aspectos generales

a) Ubicación del Proyecto

Ubicación Política

Región : Puno.

Provincia : San Román.

Distrito : Caracoto.

Ubicación Geográfica.

El ámbito de Proyecto se encuentra ubicada geográficamente, según el siguiente detalle:

Cuenca : Coata.

Sistema Integral Hídrico : Lagunillas.

Región Natural : Sierra (Altiplano de Puno).

Altitud : 3,830 a 3,855 msnm.

Este : 377,000 a 359,000 UTM.

Norte : 8'289,000 a 8'275,000 UTM.

Figura N°01 Ubicacion geografica del proyecto

MAPA POLÍTICO DEL PERU



MAPA DE LA REGIÓN PUNO



MAPA PROVINCIAL DE SAN ROMAN



AMBITO DEL SISTEMA DE RIEGO

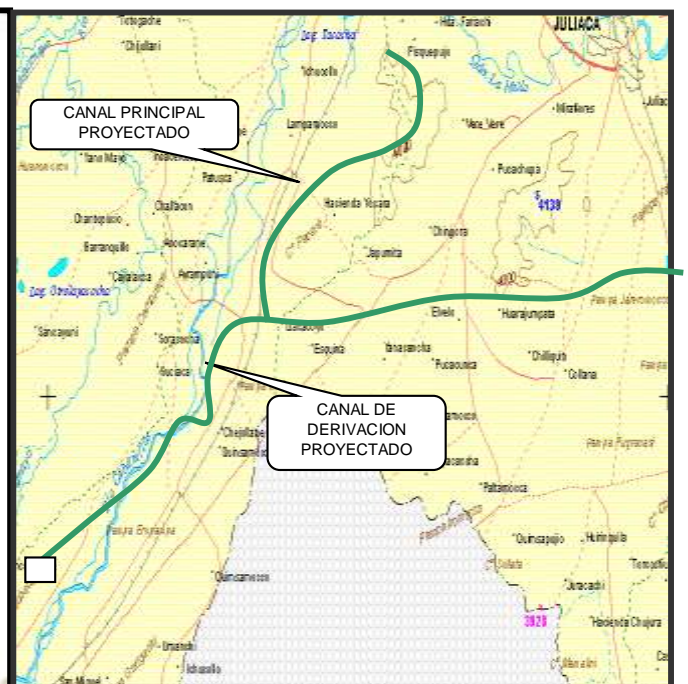
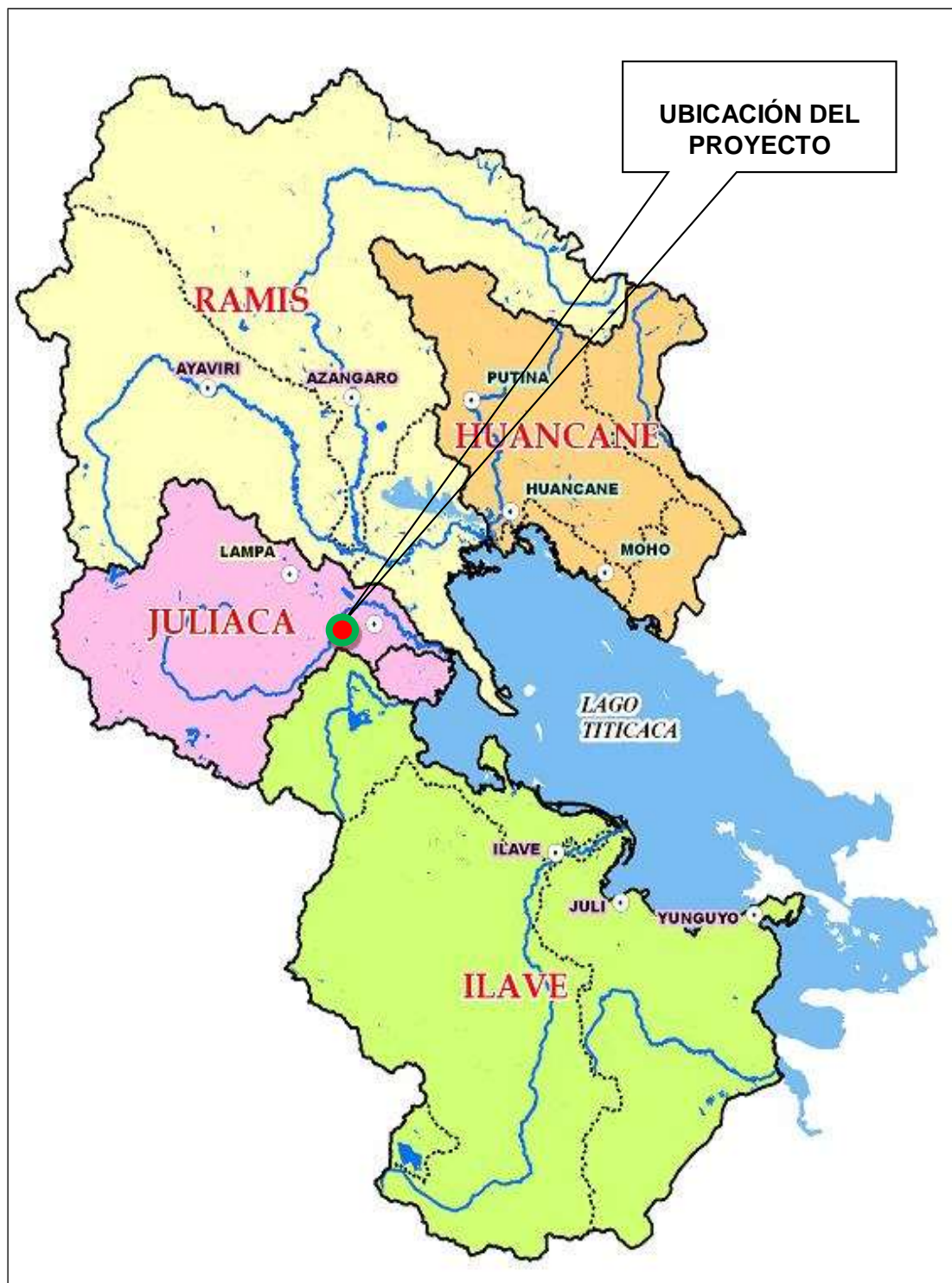


Figura N° 02. Ubicación de la cuenca



b) Límites Colindantes

Tabla N°03 Colindantes del área de estudio

Norte	Rio Cabanillas Irrigacion Canteria
Sur	Distrito de cabana Irrigacion Yanarico
Este	Distrito de Juliaca
Oeste	Distrito de cabana Irrigacion Yanarico
Fuente: Diagnóstico DEPI -GORE	

3.1.1. Accesibilidad.

Desde la capital de la región se accede por la carretera asfaltada pasando los pueblos de Paucarcolla, Caracoto, Juliaca y luego por la vía asfaltada al ámbito de la irrigación; Las accesibilidades a la zona del proyecto, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 04 Distancias al área del proyecto.

N°	TRAMO	DISTANCIA (Km.)	TIEMPO (Min.)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
1	Puno-Juliaca	45	45	Asfaltada	Puno – Juliaca
2	Puno-Caracoto	38	40	Asfaltada	Puno - Juliaca
DISTANCIA A COMUNIDADES:					
3	Juliaca-Yocara (Telato, Ilo Ilo, Cambraca)	12.5	20	Asfaltada y Trocha Carrozable	Juliaca - Arequipa
4	Juliaca-Huichay Jaran, Centro Jaran	6.5	10	Trocha Carrozable	
5	Juliaca-Esquin Tiarachi	4	12	Trocha Carrozable	
6	Juliaca-Collana, Anexo Caracoto	8.5	15	Trocha Carrozable	

3.1.2. Beneficiarios.

Los productores agropecuarios de todo el ámbito del proyecto que es de 769 familias, con un promedio de 5.4 miembros por familia, lo que constituye un total de 4,183 habitantes, asentadas en la parte del área geográfica del sistema de riego, el mismo que se distribuye en el siguiente cuadro:

3.1.3. Características Físicas

3.1.3.1. Clima y vegetación

Nuestra zona de proyecto se encuentra dentro de un clima frígido de alta montaña con características de Clima frío boreal-seco en invierno (DWB) con temperatura media superior a 10°C, por lo menos durante cuatro meses en épocas de avenida. (Clasificación climática de Koppen W.) Y en épocas de estiaje las temperaturas descienden (-17°) aproximadamente, la zona del proyecto presenta dos estaciones claramente diferenciadas como son:

De abril a noviembre, con un periodo seco, de clima frígido principalmente por la noche, con descensos de temperatura muy fuertes que llegan hasta -17° C en forma normal, por lo que se da el fenómeno común de las heladas; en el día es soleado y templado, pero los vientos son intensos y provienen del sur, las precipitaciones son muy esporádicas en estas épocas del año.

De diciembre a marzo con fuertes precipitaciones pluvias acompañados de tempestades, nevadas y granizadas, con temperaturas medias que oscilan de 3° y 12° C. y el promedio de precipitación es de 300 a 1000 mm., notándose una elevación de la temperatura ambiental.

La vegetación está constituida en su mayor parte por plantas de tallo corto (totales paja brava y otros), por estar por encima de los 3800 m.s.n.m. así como pastos naturales en las pampas y musgos, líquenes en los afloramientos rocosos. En las depresiones y faldas de los cerros se aprovecha en época de lluvias para el cultivo de papa, cañihua, quinua, fundamentalmente.

3.2. Estudio topográfico.

3.2.1. Generalidades

En cualquier Obra de infraestructura, la topografía desempeña un papel muy importante, en un canal de riego es mayor el control vertical y horizontal. El fundamento del estudio topográfico es para la elección de la mejor ruta a seguir, mediante levantamientos preliminares de campo y establecimiento de bancos de niveles de referencia tales como los BMs y puntos de control como los vértices y puntos auxiliares; posteriormente se hace levantamiento de detalles en seguida paralelo a ello se efectúa el trazo de eje sobre el terreno; luego se realiza la nivelación del perfil longitudinal de eje canal, así como las correspondientes secciones transversales para el cálculo de volúmenes y el movimiento de tierras. Durante el estudio de Canales de riego, independientemente del trazo, se ha llevado a cabo la verificación planimétrica y altimétrica, a fin de que; lo efectuado y/o proyectado se corresponda precisamente con lo que será ejecutado, sin embargo, nada es absoluto y por ello se hará algunas correcciones mínimas pertinentes con lo estipulado en la siguiente fase del estudio topográfica.

Ha sido necesario hacer estudios y reconocimiento de campo que vayan más allá del espacio correspondiente a los puntos de origen y destino. Asimismo, en una franja mayor a la que contiene la recta que une los dos puntos extremos, o a éstos y los puntos llamados intermedios.

Así mismo es necesario también apoyarnos en la información existente como son planos existentes, cartas nacionales, cartografía y realizar los levantamientos topográficos de detalle, ya sean terrestres o aéreos, después del reconocimiento, en una zona suficientemente amplia para nuestros fines.

El área es una faja de terreno, especialmente adaptada sobre la superficie terrestre que reúne las condiciones de ancho, alineamiento, pendiente y extensión necesarias para permitir la circulación o flujos de agua para los cuales se proyecta y en particular para irrigar la mayor cantidad posible de hectáreas en la zona del

proyecto para dar eficiencia y funcionabilidad. La meta física proyectado de todo el canal se resumen en la siguiente tabla.

Tabla N°06 resumen irrigación pasanacollo

N°	DESCRIPCION	CAUDAL (m3/seg.)	PROG. SALIDA	PROGRESIVA		LONGITUD (m)
				DE	A	
01	CANAL PRINCIPAL	2.50	0+000	0+000	12+300	12,300

- Se estableció puntos de referencia empotrados con hitos de concreto para el replanteo durante la etapa de construcción y/o ejecución de las Obras.

Por otro lado, el presente estudio topográfico comprende como mínimo lo siguiente:

- Levantamiento topográfico general de la zona del proyecto donde se ubicará la irrigación, documentado en planos a escala entre 1:100, 1:250, 1:1000, 1:2500; con curvas de nivel a 1 m. para detalles de planos en planta, perfiles longitudinales y secciones transversales y para lo que son ubicación, localización o planos claves en 1:5000 hasta máximo 1:25000.

- En el caso de las Obras de Arte se procedió a un levantamiento topográfico detallado.

- Se procedió a ubicarse los puntos referenciales de control, puntos de inflexión y puntos de inicio y termino de tramos curvos en el caso del canal principal, por ejemplo.

- Para lo que es inspección de alturas se ha colocado los Bench Marks para controlar las cotas rasantes y pendientes.

La topografía de la zona donde se ubicará el proyecto de Irrigación se ha documentado mediante planos con curvas de nivel, registros digitales e informes. Los planos finales serán presentados en láminas de formato A3, A2, A1 y A0 excepto cuando las dimensiones de los planos hagan indispensable el uso de un

formato distinto. También contendrán en registros digitales y en formatos compatibles con los programas de ingeniería existentes en el mercado.

3.2.2. Información tipográfica disponible

Uno de los aspectos importantes para realizar un estudio topográfico bien detallado es precisamente tener información necesaria en lo referente a planos, cartas nacionales, ortofotos, vías de acceso, y logística para dar cumplimiento a los objetivos y metas trazadas en el presente estudio para ello, se tomó como base para los trabajos de campo de la siguiente información topográfica que se detalla a continuación:

- Carta Nacional del IGN a escala 1:100,000
- Planos de restitución a escala de 1:25,000
- Imágenes satelitales.

3.2.3. Información topográfica detallada

Una vez revisado toda la información existente se inicia los trabajos de campo con un previo reconocimiento de la zona de trabajo en la parte topográfica para el Estudio del Proyecto que es la fase de estudios de campo, para luego pasar a la siguiente fase, lográndose recopilar información importante en lo referente a topografía de irrigaciones para luego procesar con ello diseñar en gabinete todas las características de los canales lográndose en esta etapa la ejecución de los siguientes trabajos:

- Levantamiento topográfico general
- Trazo y replanteo del canal de derivación
- Trazo y replanteo del canal Principal
- Levantamiento topográfico de área de riego
- Ubicación de las Obras de arte sobre el trazo
- Procesamiento de información topográfica en gabinete

3.2.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre.

Es el conjunto de operaciones que se necesita realizar para poder confeccionar una correcta representación gráfica planimétrica, altimétrica, de una extensión cualquiera de terreno, sin dejar de considerar las diferencias de cotas o desniveles que presente dicha extensión. Este plano es esencial para emplazar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para definir las áreas de riego, y determinar el área potencial neta para riego. Es primordial contar con una buena representación gráfica, que contemple tanto los aspectos altimétricos como planimétricos, para ubicar de buena forma un proyecto.

El levantamiento de puntos de estación se ha realizado mediante el método indirecto de enlace de estaciones taquimétricas, es decir, apoyándonos en dos puntos previamente levantados. Así comprobamos el error parcial de cierre calculando las coordenadas de la nueva estación apoyándonos desde cada uno de los puntos de enlace.

Los puntos de relleno se han levantado mediante Radiación, pero siempre almacenando dichos puntos en el colector de datos de la estación total mediante sus coordenadas cartesianas.

Equipo Humano utilizado:

- Un aparatista.
- Cinco auxiliares de topografía (prismeros).

El croquista es el jefe del grupo y encargado de organizar los trabajos, lo representa al jefe de brigada de topografía.

El aparatista es el operador de la estación total y asesora al croquista con respecto a la posición de ciertos puntos del levantamiento.

Los auxiliares de topografía son los encargados de transportar el bastón con el prisma para fijar los puntos de relleno y semifijos del levantamiento también ayudan al aparatista y al croquista.

Equipo y material utilizado:

- Estación Total marca Leica FlexLine TS02.
- Nivel Automático Leica NA720
- Prisma y Porta Prisma simple.
- Bastón telescópico de altura total 2,50 m.
- Trípode de madera de soporte de la Estación total.
- Cinta métrica de fibra de vidrio.
- Cámara de fotos.
- Clavos de acero.
- Pintura esmalte.
- Estacas de madera.
- Comba de 4 lbs.

Para este caso en base a los puntos de triangulación y/o poligonación en algunos casos puntos auxiliares, se procedió a realizar la toma de información de los ángulos, distancias y relleno topográfico detallado para el estudio de este proyecto en mención, también fue necesario contar con la carta nacional de toda la zona del proyecto, en seguida para lograr el Levantamiento Topográfico se han realizado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de Campo
- Elección de vértices de la red de apoyo
- Monumentacion de vértices
- Levantamiento Planimétrico
- Nivelación de la red de BMs.
- Traslado de cotas a los vértices y puntos.
- Relleno topográfico por método radiación
- Cálculo y compensaciones de la red de apoyo

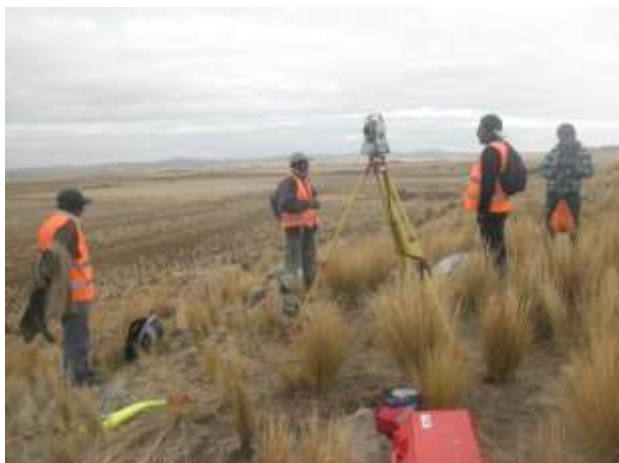
- Dibujo de los planos topográficos finales

3.2.4.1. Reconocimiento de Campo

Fue fundamental y necesario lo que es Reconocimiento de Campo en base a planos de restitución (1:25000) y también las cartas nacionales; se hizo un recorrido de la zona del proyecto, así definiéndose todas las características para iniciar la elección de los vértices, así como los límites y el área del levantamiento topográfico.

Lo primero que se debe hacer es un reconocimiento del terreno para planear la triangulación, poligonación, o sea, estudiar la posición más conveniente de las estaciones de acuerdo con la topografía misma del terreno y con las condiciones de visibilidad y facilidad de acceso. Luego se determinan las estaciones, lo cual se llama “materializarlas”; para esto se emplean mojones o estacas. Además, las estaciones deben hacerse visibles mutuamente; para tal fin se establecen señales que pueden ser, un trípode, con su vértice verticalmente sobre la estación.

Figura N°03 reconocimiento de campo zona de canal principal



3.2.4.2. Elecciones de Vértices de Red de Apoyo

El estudio del sistema de riego es de un relieve poco accidentado en la zona del área de riego, donde se definió los vértices de apoyo y puntos auxiliares para los levantamientos topográficos y con ello se ha armado esta red de apoyo para el estudio topográfico para el Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura

hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

Las estaciones de la triangulación y poligonal se seleccionaron de acuerdo a los objetivos del trabajo. Los vértices de la poligonal servirán de estaciones de apoyo en el relleno. De acuerdo a los puntos que se desean relevar, se eligieron los vértices de la poligonal.

Las estaciones adyacentes de la poligonal son visibles entre sí. La distancia que separa las estaciones está de acuerdo con el método y el instrumento que se utilizó para medir la distancia. Las estaciones deben ubicarse en lugares que no estén expuestos a inundación, erosión, desplazamientos, o cualquier otro accidente que destruya la marca del punto.

A menudo se realizan mediciones de ángulos y distancias a puntos cercanos permanentes, para replantear la posición de la estación en el caso de que lo echen abajo. A esta operación se le denomina balizamiento. A la vez que se seleccionan los puntos estación se realiza un croquis que servirá para la planificación de las tareas posteriores.

Los puntos de la poligonal han de señalizarse de modo permanente, con el fin de poder utilizar estos puntos en trabajos posteriores. Además de la permanencia ha de garantizarse su inmovilidad. Si se desplazase la señal el resultado sería equivalente a errores de medida, aunque las medidas se hubieran realizado con gran precisión, puesto que las coordenadas absolutas que ocupa en ese momento la señal son distintas a las que tenía cuando se hizo el trabajo primitivo, apreciándose diferencias en orientaciones, desniveles y distancias, entre estaciones consecutivas.

3.2.4.3. Monumentación de Vértices

Visto y definido los lugares donde se colocó los vértices de la red primario y secundario de apoyo se monumentaron, cada monumento consiste de un cuerpo cilíndrico de concreto con una varilla de acero de $\frac{1}{2}$ " ahogada al centro del mismo, empotrándose a una profundidad de 50 a 60 cm. con un diámetro de 20 a 30

cm., éstos llevan nombres codificados que están marcados en el croquis de la red de apoyo y planos topográficos; además cada uno de ellos tiene una cota y coordenadas UTM bien definidas, estos valores son como resultado de los cálculos topográficos y procesos de gabinete a partir de datos recogidos en campo.

Figura N°04 monumentacion de vertices de concreto y barrilla de acero de 25 cm.



3.2.4.4. Levantamiento Planimétrico y Altimétrico.

Una vez definido los vértices de apoyo se procedió a realizar los trabajos de levantamiento Planimétrico de la poligonación utilizando un Estación Total marca Leica FlexLine TS02 que tiene una precisión de lectura directa de 7" por aproximación.

El objetivo de este levantamiento es el de proporcionar un sistema de coordenadas X-Y convenientemente distribuido en la zona de estudio para apoyar la ubicación precisa de los contornos de cada vértice, así como los detalles planimétricos que se consideren de interés como pueden ser, árboles, postes, brechas, parcelas entre otros.

Se establece al primer punto bajo un sistema de coordenadas basadas en la orientación del Norte magnético. Así tendremos como el eje Y (ordenadas) en la dirección Norte-Sur, y al eje X (abscisas) en la dirección Este-Oeste.

Figura N° 05 levantamiento planimétrico del area de riego.



Estación Total, se conoce con este nombre, al instrumento que integra en un sólo equipo las funciones realizadas por el teodolito electrónico, un medidor electrónico de distancias y un microprocesador para realizar los cálculos que sean necesarios para determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno. Entre las operaciones que realiza una Estación Total puede mencionarse: obtención de promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias, corrección electrónica de distancias por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura, correcciones por curvatura y refracción terrestre, reducción de la distancia inclinada a sus componentes horizontal y vertical, así como el cálculo de coordenadas de los puntos levantados.

El manejo y control de las funciones de la Estación Total se realiza por medio de la pantalla y del teclado, las funciones Laterales se ejecutan pulsando una tecla, como la introducción de caracteres alfanuméricos, medir una distancia.

Otras funciones que se emplean poco que se utilizan sólo una vez, son activadas desde el menú lateral, funciones como la introducción de constantes para la corrección atmosférica, constantes de prisma, revisión de un archivo, búsqueda de un elemento de un archivo, borrado de un archivo, configuración de la Estación, puertos de salida, unidades de medición, la puesta en cero o en un valor predeterminado del círculo horizontal se realizan también desde el menú lateral.

En el campo se hace estación con la Estación Total en uno de los extremos cuya distancia se desea determinar y en el otro extremo se coloca un reflector o prisma; es requisito indispensable que la visual entre la Estación Total y el reflector o

prisma se encuentre libre de obstáculos, el instrumento transmite al prisma una señal electromagnética que regresa desde el reflector, la determinación precisa de la distancia se obtiene una vez que se han aplicado las correcciones atmosféricas, de temperatura y de presión correspondiente. Estas correcciones son efectuadas por el microprocesador una vez que el operador ha introducido por teclado estos valores.

La Estación Total mide distancias repetidamente, el resultado que aparece en pantalla es el promedio del número de veces que el operador haya seleccionado.

La Estación Total constituye el instrumento universal moderno en la práctica de la Topografía, que puede ser utilizada para cualquier tipo de levantamiento topográfico de una manera rápida y precisa y el vaciado de datos de campo libre de error.

La Estación Total es utilizada tanto en levantamientos planimétricos como altimétricos, independientemente del tamaño del proyecto. Los levantamientos realizados con este instrumento son rápidos y precisos, el vaciado de los datos de campo está libre de error, el cálculo se hace a través del software y el dibujo es asistido por computadora, lo cual garantiza una presentación final, el plano topográfico, en un formato claro, pulcro y que cumple con las especificaciones técnicas requeridas.

3.2.4.5. Relleno Topográfico

En lo que respecta al área de riego y/o en la zona de las obras de arte, el relleno topográfico se hizo taquimétricamente, por método radiación que consistió en el levantamiento topográfico del terreno natural, puntos de relleno para detalles: casas, carreteras, canales existentes, riachuelos, quebradas, bofedales y laguna, etc.

El método de radiación es el método comúnmente empleando en levantamientos de superficies de mediana y gran extensión, en zonas de topografía accidentada, con vegetación espesa.

Este método se apoya en una poligonal base previamente levantada a partir de cuyos vértices se hacen radiaciones a fin de determinar la ubicación de los puntos de relleno y de detalles.

Los equipos utilizados para levantamiento por radiación se realizaron con una estación total y prisma.

Cuando se usa estación total con prisma, generalmente los puntos quedan grabados automáticamente por sus coordenadas, en un archivo con formato ASCII en la libreta de campo electrónica.

El proceso de relleno topográfico es para dar la forma verdadera del relieve del terreno que una vez procesados se representan mediante curvas de nivel.

Las curvas de nivel son los más empleados para la representación gráfica de las formas del relieve de la superficie del terreno, ya que permite determinar, en forma sencilla y rápida, la cota o elevación del cualquier punto del terreno, trazar perfiles, calcular pendientes, resaltar las formas y accidentes del terreno, etc.

Las curvas de nivel son líneas que se trazan en los planos de planta con el fin de representar el relieve o configuración topográfica de un terreno. Una curva de nivel une puntos del terreno que tienen igual cota o altura, por lo tanto representan la intersección del terreno con un plano horizontal. La separación entre las curvas de nivel en el plano de planta, como es obvio, representa la distancia horizontal entre ellas y la distancia o intervalo vertical se deduce por diferencia de las cotas anotadas. La cota o altura de una curva de nivel es la cota o altura del plano horizontal que la contiene.

3.2.4.6. Cálculos y Compensaciones de la Red de Apoyo

a.- Calculo Planimétrico.

Una de las mayores ventajas al utilizar la estación total Leica FlexLine TS020, es que los cálculos son automáticos, ya que al establecerse un sistema de coordenadas y de origen de estas, todas las lecturas obtenidas, no importa el

orden (incluidas las radiaciones) bastara con asignar una nomenclatura adecuada para su diferenciación, todas están referenciadas en base a las introducidas al inicio del trabajo.

El único inconveniente encontrado hasta el momento y sin aun encontrar la manera de contrarrestarlo es precisamente la auto compensación que hace el instrumento, ya que cada poligonal que se levanta el instrumento la cierra automáticamente, con lo que se tendrá que tener mucho cuidado para que las coordenadas de inicio de la poligonal envolvente no se vean tan afectadas por las poligonales secundarias.

Y ya que este proceso de cálculo corre a cargo de la estación total, simplemente habrá que descargar la información de la libreta electrónica y dibujarla en programa adecuados para dibujar el plano topográfico.

b.- Calculo altimétrico.

Inicialmente se debe de calcular la red Lateral de bancos de nivel. A través de las cotas de los vértices de la poligonal Lateral, se diseña una red de bancos cuya suma algebraica de desniveles debe ser igual a cero.

Con los datos que se encuentran ya asentados en la libreta, se calculan los desniveles que existen entre los tramos de las nivelaciones que han iniciado y cerrado en bancos de nivel extremos de cota ya conocida. Con ayuda de estas cotas, es posible obtener de manera aproximada la representación de la forma y accidentes (relieves) del terreno, en base a un plano horizontal.

3.2.4.7. Dibujo Del Plano Topográfico

Este procedimiento es relativamente sencillo, puesto que en la libreta electrónica se encuentran almacenados los datos de cada uno de los vértices localizados en las poligonales.

Se conectará la libreta electrónica a una computadora en la cual se tenga instalado el software “Flex Office Standard”, proporcionado por el fabricante de la estación. Se descargará el archivo de trabajo del levantamiento topográfico.

En este archivo puede ahora ya terminar de detallarse, y en él se contará con la descripción de cada uno de los puntos tomados, su nomenclatura y coordenadas calculadas. Puesto que este instrumento calcula y compensa las altitudes de dato tomado.

El proceso final de todo el levantamiento topográfico consiste en dibujar el plano topográfico como resultado de todo lo antes mencionado y para ello apoyándonos de un ordenador PC, y el software conocido AutoCAD Civil 3D para luego plotearse los planos finales utilizando un Plotter, con curvas de nivel a cada metro en algunos casos a medio metro.

De acuerdo con la extensión del trabajo realizado, y con el objetivo de que el plano sea realmente útil y con el mayor detalle posible, se preferirán escalas grandes o la que más se ajuste a nuestras necesidades.

La cuadrícula Y-X se elige de acuerdo con los datos de la poligonal LATERAL, respetando en todos los principios básicos de la topografía para el dibujo topográfico.

Por último, por medio de las cotas de todos los puntos nivelados, se hace la configuración topográfica por el método de interpolación. Se recomienda localizar las curvas maestras a cada metro y curvas interpoladas a cada medio metro, pero la decisión final será en base a los criterios de los involucrados en el proyecto, y de las necesidades del trabajo.

3.2.4.8. Ubicación de los puntos de inflexión horizontal (PIs)

Enseguida determinamos los PIs. Entre término e inicio de tangentes de acuerdo a la línea de gradiente, siguiendo por la cota más alta para cubrir la mayor cantidad posible de áreas de riego, tomando en cuenta las áreas de influencia de las unidades de riego. Los puntos de inflexión horizontal son el cambio de la dirección

de canal hacia la derecha o izquierda de su ruta hacia delante desde la captación o bocatoma, generándose ahí las curvas horizontales de los canales de irrigación sean estos principales o laterales.

3.2.4.9. Trazo y Replanteo de la Poligonal abierta de eje canal

Trazar es marcar en el terreno con estacas, hito, referencias, los puntos que se desean replantear en el proyecto.

Replantear es implantar en el terreno, de forma adecuada e inequívoca la posición de los puntos básicos y representativos de un proyecto, teniendo en cuenta dimensiones y formas indicadas en el plano de diseño.

3.2.4.10. Personal de Trabajo, Equipo y materiales.

Para los trabajos de replanteo se tiene personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo estacado, referenciación, cálculo y registro de datos para el control de la obra.

El personal, equipo y materiales deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Personal. - deberá constar de cuadrillas de topografía en un número suficiente para tener un flujo ordenado de operaciones que permitan la ejecución del estudio topográfico de acuerdo a los cronogramas. El personal que se cuenta está suficientemente tecnificado y calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido. Dicho personal está integrado por:

- ✓ Topógrafo
- ✓ Jaloneros
- ✓ Wincheros
- ✓ Pintor
- ✓ Estaqueros
- ✓ Auxiliares de topografía

Equipo. -

Se cuenta con los equipos topografía necesaria de última generación, capaz de trabajar dentro de los rangos de tolerancia especificados. Así mismo se tiene el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo. El equipo consta de:

- ✓ Estación Total
- ✓ Miras
- ✓ Cinta métrica de 50m.
- ✓ Flexometro de bolsillo.
- ✓ Libretas de campo.
- ✓ Nivel esférico
- ✓ Jalones.

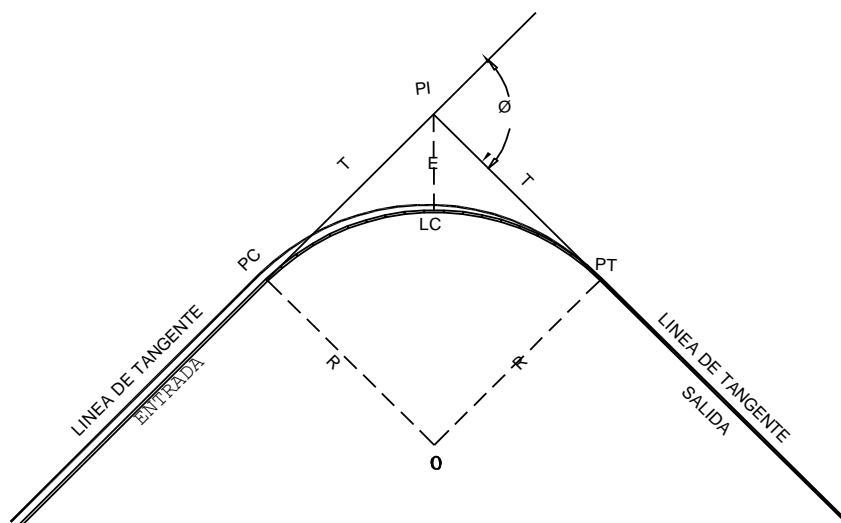
Materiales. -

Se proveerá del material suficiente y adecuado para la cimentación, referenciación, estacado que permita anotar marcas legibles. Los materiales deben ser:

- Pintura Esmalte
- Combos
- Estacas (h = 25 cm. Aprox.)
- Cemento
- Varillas de fierro (h = 25cm)
- Brochas

3.2.4.11. Puntos de Inflexión (PI), y ángulos de deflexión (α).

La intersección de las dos tangentes a la curva se designa punto de intersección PI; el ángulo de deflexión en el PI formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se designa con la letra “Alfa” (α) = *I*.



Inicio de Replanteo. - Una vez ordenados los datos se procede a realizar el siguiente procedimiento:

Se deberá ubicar el equipo topográfico en el punto inicial de nuestro eje (Po). Luego se encera con el punto de referencia que nos indica el plano siendo este Ref. 1 y se marca con el equipo el ángulo inicial de Replanteo.

Siguiendo el alineamiento del teodolito marcamos la distancia entre el Po y el PI1 obtenida. Para poder marcar las distancias establecidas de 25m en dicho alineamiento es necesaria la ayuda del personal de apoyo, el mismo que se encargará de estacar en la alineación.

Punto de inicio de curva (PC), Punto de terminación de curva (PT).

Para el trazo de las curvas circulares el ingeniero, con la ayuda de una calculadora científica se determina todos los elementos de las mismas y por lo tanto en el campo fijara primero el PI y medirá con cinta para hallar los puntos de las subtangentes (punto donde comienza la curva) que son los PC y los PT.

$$PT = PC + Lc \quad \rightarrow \text{Punto de Tangencia (termina curva)}$$

$$PC = PI - T \quad \rightarrow \text{Principio de Curva (inicia curva)}$$

Angulo de Deflexión (I).

El que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha según si está medido en sentido anti-horario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco (I).

Radio [R].

El de la circunferencia que describe el arco de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan \frac{I}{2}} \quad \rightarrow \text{Radio}$$

Longitud de Curva (LC).

Distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, o bien, una poligonal abierta formada por una sucesión de cuerdas rectas de una longitud relativamente corta.

$$L_c = \frac{\pi \cdot R \cdot I}{180} \quad \rightarrow \text{Longitud de Curva}$$

Tangente [T].

Distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI), los alineamientos rectos también se conocen con el nombre de tangentes, si se trata del tramo recto que queda entre dos curvas se le llama entre tangencia - hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT).

$$T = R \cdot \tan \frac{I}{2} \quad \rightarrow \text{Tangente}$$

Externa [E].

Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = R \left[\left(\sec \frac{I}{2} \right) - 1 \right] \quad \rightarrow \text{Externa}$$

Ordenada Media [M] (o flecha [F]).

Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$F = PC - \frac{Lc}{2} \rightarrow \text{Punto de externa (Punto medio entre PC y PT)}$$

Replanteo de Puntos de Curvas Horizontales.

Para realizar este trabajo, una vez que se ha vuelto a trazar los PC y los PT de cada curva, usando las referencias, procedemos a colocar nuestro Instrumento topográfico en el PC, a continuación, encerando con el PI anterior o con el PI de la curva en estudio, comienzo a medir los ángulos de deflexión acumulados, los cuales se calculan con una calculadora científica, previa revisión del resultado, estos ángulos los mido uno por uno. A cada ángulo le corresponde la distancia entre cada abscisa en la cual se coloca una estaca, al final, replanteando la curva, llegaremos nuevamente al PT, el cual puede estar desubicado, con respecto a la medida inicial con los PI.

3.2.4.12. Punto Obligado de Tangente o Punto de Paso (PP).

Son puntos que se tornan necesarios en algunas circunstancias de la actividad de replanteo, como, por ejemplo:

- Cuando la distancia entre dos PI es muy larga y no está al alcance de la visual.
- Cuando en el momento de trazar el eje de la vía nos encontramos en terrenos cuya topografía obstaculiza la visual del equipo topográfico.

3.2.5. Nivelación

3.2.5.1. Nivelación de Estacas

Para la nivelación de estacas se utilizó un nivel Automático de ingeniero marca Leica NA720.

En el inicio de un estudio, la ubicación del arranque del banco de nivel se propagará a partir de las elevaciones de un punto conocido (Bench Mark) de control terrestre

ubicados más cercanos; y cuando el tramo en estudio sea continuación de un trazo ya ejecutado, el nivel se propagará a partir de dos bancos de nivel establecido en el tramo anterior.

La nivelación de estacas se hizo a partir de los BMs dejados en tramos de cada 500 m, siguiendo el estacado de eje canal cada 25 m. Llamado también progresivas de eje, la nivelación de eje fue para dibujar el perfil longitudinal que servirá para determinar las pendientes de la rasante, Aquí los BMs cumplieron un rol importante ya que en base a ello se controlaron las diferencias de alturas a su vez estos BMs se detallan en la relación del banco de BMs.

La nivelación del terreno natural por el eje de proyecto consistirá en obtener las elevaciones del terreno, mediante nivelación diferencial de los puntos estacados a cada 25 m, los puntos Laterales del alineamiento horizontal y de los intermedios de quiebres considerables del terreno.

El banco de nivel está numerado con dos cifras, la primera cifra corresponderá al kilometraje cerrado inmediato posterior a donde se ubica el banco de nivel y la segunda cifra corresponderá al número de orden correspondiente del banco de nivel en ese kilómetro.

La nivelación es reportada en libretas de campo indicados por tramo y por número de Laterales, el registro contiene todos los detalles a lo largo del eje en estudio, tales como carreteras, riachuelos, drenes, sistemas de agua potable, etc.,

Para este Trabajo se consideró un límite de error permisible generada por la siguiente fórmula:

$$E_p = \pm 12\sqrt{D.Km.}$$

Donde la D es la distancia en Km.

3.2.5.2. Seccionamiento de estacas

Las secciones transversales del terreno se levantaron a cada 25m y en todos los puntos Laterales e intermedios del trazo, tomando en consideración quiebres importantes del terreno.

La longitud mínima de las secciones transversales del terreno se adecuó de acuerdo a la topografía del terreno. En el caso de que el proyecto del alineamiento vertical (perfil deducido) indique excavaciones y/o terraplenes de altura considerable, se tomó la longitud necesaria de la sección transversal para alojar suficientemente el proyecto de la sección de construcción.

Cuando el seccionamiento transversal del terreno abarque una carretera o camino existente, se levantando cada detalle, con nombre, distancia y desnivel, respecto al terreno en el eje, o mediante distancia y elevación, los puntos correspondientes. Determinados mediante nivelación geométrica. Esto Principalmente en las zonas de centros poblados donde invariablemente deberá determinarse la ubicación y elevación de las entradas de las casas.

Junto a la nivelación de eje canal se realizaron los trabajos de seccionamiento, que consiste en la lectura de diferencia de alturas perpendiculares al eje del canal y por ser en su mayoría de topografía accidentada, las medidas del seccionamiento en ambos lados se ha adecuado de acuerdo al terreno, para dicho trabajo se utilizó un nivel de ingeniero, el seccionamiento fue importante para el dibujo de secciones transversales además para el cálculo de áreas de corte y relleno con ello el movimiento de tierras determinándose el volumen total en m³.

3.2.5.3. Monumentacion y Nivelación de BMs

Para la ubicación de los BM. Se escogió preferentemente rocas grandes y fijas sobre el terreno, cercanas al trazo del canal las que fueron marcados y pintados de acuerdo a la nomenclatura correspondiente.

También se construyeron hitos fijos de concreto en proporción 1:2:4, las que tienen un peso y profundidad tal que aseguren su inamovilidad.

En el centro del hito se anclo una barra de fierro de 3/8 de diámetro que indica la ubicación del BM. Estos hitos se ubicaron en las áreas donde no se realizarán.

Los BMs definitivos se monumentaron a cada 0.5 Km. El amarre de cotas hacia los puntos de apoyo y los PIs se hizo a partir de los puntos de cambio dejados en la nivelación de estacas cada 0.50 Km.

3.2.5.4. Dibujos y planos finales de estudio

Culminados los procesos de gabinete, se procedió a imprimir los planos utilizando un plotter a escalas indicadas y usuales.

- Esquema Hidráulico : Esc. 1:15000
- Planta : Esc. 1:2500
- Perfil : Esc. V = 1: 100 y H = 1:2500
- Secciones Transversales : Esc. 1:100
- Obras de Arte : Esc. Indicada

Tabla N°07 coordenadas de triangulación topografica

CUADRO DE COORDENADAS DE TRIANGULACION TOPOGRAFICA				
N° VERTICE	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA m.s.n.m.	DESCRIP.
1	8,275,028.000	359,766.000	3,855.120	EJE-A
2	8,275,225.256	359,583.702	3,855.239	EJE-B
3	8,275,028.000	359,766.000	3,855.120	V-1
4	8,275,225.256	359,583.702	3,855.239	AUX-1
5	8,276,005.774	362,379.415	3,855.545	V-2
6	8,275,931.798	362,417.482	3,853.707	AUX-2
7	8,277,532.523	363,577.221	3,851.082	V-3
8	8,277,456.982	363,677.052	3,849.230	AUX-3
9	8,279,633.073	365,469.923	3,842.301	V-4
10	8,279,519.080	365,377.977	3,843.000	AUX-4

11	8,281,051.478	366,569.119	3,840.780	V-5
12	8,280,763.263	366,401.018	3,840.886	AUX-5
13	8,282,979.300	367,004.529	3,843.262	V-6
14	8,282,636.293	367,087.662	3,847.984	AUX-6
15	8,283,880.356	368,248.613	3,862.034	V-7
16	8,283,740.432	368,694.406	3,855.087	AUX-7
17	8,286,497.083	370,065.199	3,860.495	V-8
18	8,286,712.732	370,148.932	3,870.080	AUX-8
19	8,287,882.279	370,688.653	3,887.771	V-9
20	8,287,955.030	370,667.841	3,868.547	AUX-9
21	8,281,384.100	367,410.942	3,874.506	V-10
22	8,281,077.590	367,190.829	3,840.040	AUX-10
23	8,280,651.226	370,781.815	3,845.899	V-11
24	8,280,615.800	370,811.622	3,838.629	AUX-11
25	8,279,002.838	370,549.560	3,844.265	V-12
26	8,279,001.081	370,475.980	3,842.119	AUX-12
27	8,278,643.198	370,700.712	3,848.152	V-13
28	8,278,523.302	370,778.110	3,840.956	AUX-13
29	8,279,831.608	373,108.262	3,842.489	V-14
30	8,279,776.524	373,166.831	3,836.644	AUX-14
31	8,279,584.570	374,250.851	3,839.726	V-15
32	8,279,538.211	374,176.699	3,838.185	AUX-15
33	8,277,852.610	376,254.797	3,849.322	V-16
34	8,277,871.735	376,229.608	3,846.489	AUX-16
35	8,278,057.697	376,881.501	3,829.263	V-17
36	8,278,376.062	377,524.649	3,831.267	V-18
37	8,280,216.541	368,295.901	3,838.266	E-1

3.3. Estudio de Hidrología

3.3.1. Generalidades

Uno de los Recursos que debemos tener en cuenta y de los que nos involucra directamente como institución, además que repercute en nuestra economía familiar, es el agua, pues está relacionada con una coyuntura de primer orden, si se tiene en cuenta las características agrarias de nuestra región.

Del 70% de la superficie de la tierra está cubierta por agua - del total de la masa de agua representa 1/6000 de la masa de la tierra, este 30% restante representa 1 billón de Km³, los mismos que el 97% es agua salada y el 3% agua dulce, y de este 3% el 90% se encuentra en los polos y solamente el 10% en ríos, lagos y lagunas. Bajo esta coyuntura la OMS llamó "EL AÑO DEL AGUA DULCE", esto en razón de preservar nuestro pequeño porcentaje de agua dulce, lo que nos llama a una seria reflexión.

El tema del AGUA no es solamente de carácter técnico productivo, implica también aspectos sociales y de conservación de los recursos naturales, por eso se requiere de propuestas integrales para su manejo, sobre todo por considerar a la Región Puno, no solamente enfrenta problemas por la escasez de agua sino también por su abundancia en épocas de avenida.

Todos sabemos de la importancia que tiene el recurso hídrico como elemento insustituible para fructificar nuestra extensa frontera agrícola, y no nos es ajeno el hecho de que, sin un buen manejo y uso de este recurso vital, no se podría lograr un desarrollo adecuado para este sector tan vital en la economía de la región y del país.

Sin embargo, aún no se valora, y reconoce muy poco la importancia de un uso y manejo adecuado del recurso. La falta de una cultura de eficiencia y eficacia del agua de riego origina su desperdicio, elevados costos de producción y el deterioro del suelo. Considerar todos los aspectos relacionados con el uso del agua de riego y sus interdependencias constituye la base para desarrollar propuestas de una

gestión eficiente que permitan aumentar la producción y productividad en el marco de una agricultura sostenible y reducir la vulnerabilidad de la población frente a la escasez o abundancia del recurso.

Aún más, no es sólo su característica como elemento insustituible lo que hace muy especial al recurso agua, también hay que tener presente que es un recurso muy escaso – especialmente en épocas de estiaje – y a la vez caro por su almacenamiento y canalización implica costosas obras de infraestructura. Todo esto configura a este recurso como elemento determinante del éxito o fracaso de la agricultura, pues su ausencia o abundancia en unos casos y en otros su manejo determina la miseria o prosperidad de los pueblos sobre todo aquellos, que como es el caso de Puno, la agricultura representa la actividad fundamental en la economía de gran parte de nuestra región, y dar niveles de eficiencia y productividad al cultivo. Este resultado muchas veces se ha movido según el momento y los tiempos, pero sin duda, el manejo del agua ha sido objeto de trabajo en algunos momentos planificado, con visión de futuro por los antiguos peruanos, en el que nada se dejaba pasar. Si se actuara de esta manera, los resultados deberían ser los esperados

En este contexto, un elemento de estas características no puede ser descuidado y su aprovechamiento tiene que ser óptimo. Quiénes estamos vinculados al desarrollo de la agricultura sabemos – lamentablemente – que en nuestra región el agua no es usada bajo los niveles de responsabilidad y eficiencia que un recurso de esta naturaleza debe tener.

Preocupa también que el buen manejo de agua resulte para muchos productores una meta lejana. Aún no se ha tomado la debida conciencia de su importancia, pero estimo que estamos a tiempo de lograr un manejo adecuado y óptimo de este recurso, de ahí que en las actuales circunstancias sea impostergable implementar programas y acciones tendientes a fomentar en nuestros campesinos y productores una CULTURA DE EFICIENCIA Y EFICACIA PARA EL USO ADECUADO DEL AGUA.

Las civilizaciones que nos ha precedido, han enfrentado el tema del agua y creo también, a todas las instituciones del presente en Puno nos toca volverlo a enfrentar y a mirar con mucha profundidad; por eso es importante como estemos organizados y que rol está cumpliendo cada quién en la gestión del recurso más escaso, más valioso y más costoso que tiene como base nuestro desarrollo agrario, sino también de una serie de actividades de la vida cotidiana en la región.

Bajo estas premisas, el presente informe contiene el estudio Hidrológico de la Irrigación, tiene por objeto el análisis de los aspectos vinculados a la oferta y demanda de este vital elemento tales como: Disponibilidad de agua del proyecto, la descarga máximas y mínimas de diseño para la estructura de captación. Los diversos aspectos analizados son de gran utilidad, tanto como para el planeamiento como para el diseño hidráulico y están relacionados con la cuenca del río Cabanillas y sus afluentes, y la presa de Lagunillas que son la fuente de agua principal para el Planteamiento Hidráulico de la Irrigación.

Durante la ejecución del estudio se realizó una minuciosa recopilación de toda la información hidrológica disponible, incluyendo estudios existentes realizados en el Sistema Integral Lagunillas.

La principal información hidrológica empleada para el estudio es la proveniente de las estaciones pluviométricas de Cabanillas, Lagunillas, Santa Lucia, Quillisani, Paratía, Pampahuta, Juliaca, las que han sido completadas y extendidas habiendo llegado a resultados confiables.

Si bien es cierto que el punto de la captación carece de información hidrometereológica y es donde se requiere conocer la disponibilidad agua, expresada en una secuencia de descargas mensuales; lo cual se ha realizado transponiendo la información hidrométrica del río Cabanillas punto de interés Puente Isla Cabanillas, empleando criterios de zonificación del escurrimiento superficial a partir de la zonificación ecológica y manteniendo la variabilidad reflejada en la secuencia histórica, que abarca el período 1964 – 2008 (45 años hidrológicos).

3.3.2. Oferta De Agua

Los procesos que normalmente se simula en hidrología en este caso es, Generación de Caudales Medios Mensuales

3.3.2.1. Generación de Caudales Medios Mensuales

La cuenca del Río Cabanillas, cuenta con información meteorológica (Pluviométrica), siendo necesario disponer de caudales medios mensuales en el punto de interés.

En tal situación muchos estudios hidrológicos recurren a relaciones área – precipitación entre la cuenca del punto de interés y la de una con mediciones hidrométricas. (Generación Determinística)

Las estaciones de Cabanillas, Lagunillas, Santa Lucia, Quillisani, Paratía, Pampahuta, y Juliaca, serán de gran apoyo para la generación de los caudales en el punto de interés, siguiendo la siguiente metodología:

El uso de modelos matemáticos en hidrología, para la generación de variables hidrológicas, es muy amplio, tanto así que, prácticamente en cada especialidad hidrológica se han desarrollado modelos matemáticos, para la solución de problemas generales y específicos.

La generación de series hidrológicas sintéticas, son necesarias para la determinación de: el riesgo de carencia de abastecimiento de agua, confiabilidad de capacidades dependientes de sistemas hidrológicos, estudios de planeamiento sobre operación futura de reservorios, planeamiento de la expansión de la capacidad de los sistemas de abastecimiento de agua, y muchas otras aplicaciones similares.

La predicción de series hidrológicas futuras, es necesaria para el planeamiento a corto plazo de la operación de reservorios, operación en tiempo real de cuencas hidrográficas, operación y planeamiento durante la presencia de una sequía y otras aplicaciones similares

Los Modelos Combinados Determinísticos – Estocásticos, son una parte sustancial del proceso hidrológico, incluyendo la variación espacial y temporal de las variables y parámetros hidrológicos, pueden en la actualidad ser descritos, con el uso de modelos de simulación determinística, por un lado; sin embargo, por el otro, la información disponible de valores de parámetros y variables de entrada será siempre incompleta. Esta ausencia de un pleno conocimiento, es una fuente importante de incertidumbre en la simulación hidrológica.

En base a esta dualidad, diversos tipos de modelos combinados determinístico - estocásticos han sido desarrollados. Estos modelos, están compuestos por dos partes de similar importancia, llamados así, de capa determinística con estructura estocástica.

Un ejemplo de este tipo de modelos es el desarrollado por Lutz Scholz para la generación de caudales mensuales en la sierra peruana; el mismo que se expondrá su metodología y discusión de resultados.

3.3.2.2. Modelo Lutz Schölz

Este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fue desarrollado por el experto Lutz Schölz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

- Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.
- Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

Este modelo fué implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua, hidroelectricidad etc). Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

3.3.2.3. Ecuación de Balance Hídrico

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

Ecuación 6-1

donde:

CM_i	=	Caudal mensual (mm/mes)
P_i	=	Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)
D_i	=	Déficit de escurrimiento (mm/mes)
G_i	=	Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)
A_i	=	Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Asumiendo:

1. Que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir $G_i = A_i$, y

2. Que para el año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando (P-D) por (C*P), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m³/seg) la ecuación (4-2) se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR$$

Ecuación 6-2

Que es la expresión básica del método racional.

donde:

Q = Caudal (m³/s)

c' = coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)

C = coeficiente de escurrimiento

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

AR = Area de la cuenca (m²)

3.3.2.4. Coeficiente de Escurrimiento

Se ha considerado el uso de la fórmula propuesta por L. Turc:

$$C = \frac{P - D}{P}$$

Ecuación 6-3

donde:

C = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación Total anual (mm/año)

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de D se utiliza la expresión:

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\left(\frac{1}{2}\right)}}$$

Ecuación 6-4

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3$$

Siendo:

L= Coeficiente de Temperatura

T= Temperatura media anual (°C)

Dado que no se ha podido obtener una ecuación general del coeficiente de escorrentía para la toda la sierra, se ha desarrollado la fórmula siguiente, que es válida para la región sur:

$$C = 3.16 E12 (P^{-0.571})(EP^{-3.686}) \quad r = 0.96$$

Ecuación 6-5

$$\bar{D} = -1380 + 0.872(P) + 1.032(EP); \quad r = 0.96$$

Ecuación 6-6

donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación total anual (mm/año)

EP = Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)

R = Coeficiente de correlación

La evapotranspiración potencial, se ha determinado por la fórmula de Hargreaves:

$$EP = 0.0075(RSM)(TF)(FA)$$

Ecuación 6-7

$$FA = 1 + 0.06(AL)$$

Ecuación 6-8

$$RSM = 0.075(RA) \sqrt{\left(\frac{n}{N}\right)}$$

Ecuación 6-9

donde:

RSM= Radiación solar media

- TF = Componente de temperatura
- FA = Coeficiente de corrección por elevación
- TF = Temperatura media anual (°F)
- RA = Radiación extraterrestre (mm H₂O / año)
- (n/N) = Relación entre insolación actual y posible (%)
50 % (estimación en base a los registros)
- AL = Elevación media de la cuenca (Km)

Para determinar la temperatura anual se toma en cuenta el valor de los registros de las estaciones y el gradiente de temperatura de -5.3 °C / 1000 m, determinado para la sierra.

3.3.2.5. Precipitación efectiva

Para el cálculo de la Precipitación Efectiva, se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calculó para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escurrimiento.

Para fines hidrológicos se toma como precipitación efectiva la parte de la precipitación total mensual, que corresponde al déficit según el método del USBR (precipitación efectiva hidrológica es el antítesis de la precipitación efectiva para los cultivos).

A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Ecuación 6-10

donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

a_i = Coeficiente del polinomio

La tabla muestra los valores límites de la precipitación efectiva los tres juegos de coeficientes, al que permiten alcanzar por interpolación valores de C, comprendidos entre 0.15 y 0.45.

Tabla N°08 Límite superior para la Precipitación Efectiva

Curva N°	Ecuación	Rango
Curva I	PE = P - 120.6	P > 177.8 mm/mes
Curva II	PE = P - 86.4	P > 152.4 mm/mes
Curva III	PE = P - 59.7	P > 127.0 mm/mes

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Schölz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II

Tabla N°09 Límite Coeficientes para el Cálculo de la Precipitación Efectiva

Coeficiente	Curva I	Curva II	Curva III
a ₀	0	0	0
a ₁	-0,0185	0,1358	0,2756
a ₂	0,001105	-0,002296	-0,004103
a ₃	-1,204E-05	4,35E-05	5,53E-05
a ₄	1,440E-07	-8,90E-08	1,24E-07
a ₅	-2,85E-10	-8,79E-11	-1,42E-09

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Schölz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II

De esta forma es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Ecuación 6-11

$$\sum_{i=1}^{12} PE_i = \text{Suma de la precipitación efectiva mensual}$$

donde:

- C = Coeficiente de escurrimiento,
Q = Caudal anual,
P = Precipitación Total anual.

3.3.2.6. Retención de la cuenca

Bajo la suposición de que exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - P_i \quad \text{Ecuación 6-12}$$

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad \text{Ecuación 6-13}$$

Donde:

- CM_i = Caudal mensual (mm/mes)
PE_i = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)
R_i = Retención de la cuenca (mm/mes)
G_i = Gasto de la retención (mm/mes)
A_i = Abastecimiento de la retención (mm/mes)
R_i = G_i para valores mayores que cero (mm/mes)
R_i = A_i para valores menores que cero (mm/mes).

Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio, que para el caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188 (mm/año).

3.3.2.7. Relación entre descargas y retención

Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la cuenca se agota al final

de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)}$$

Ecuación 6-14

Donde:

Q_t = Descarga en el tiempo t

Q_0 = Descarga inicial

A = Coeficiente de agotamiento

t = tiempo

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación.

3.3.2.8. Coeficiente de agotamiento

Mediante la Ecuación se puede calcular el coeficiente de agotamiento "a", en base a datos hidrométricos. Este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente.

Con fines prácticos se puede despreciar la variación del coeficiente "a" durante la estación seca empleando un valor promedio.

El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca.

$$a = f(\ln AR) \quad (12)$$

Ecuación 6-15

$$a = 3.1249 E 67(AR)^{-0.1144}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429}$$

Ecuación 6-16

si $r = 0.86$

El análisis de las observaciones disponibles muestran, además cierta influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

En principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para la determinación del coeficiente "a" para cuatro clases de cuencas:

Tabla N°10 Cálculo de los Coeficientes de Agotamiento "a".

Características de la Cuenca	Relación
Agotamiento muy rápido , por temperatura elevada $> 10^{\circ} \text{C}$ y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana.	$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.034$
Agotamiento rápido , por retención entre 50 y 80 mm/año	$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.030$
Agotamiento mediano , por retención reducida mediana (alrededor 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.026$
Agotamiento reducido , por alta retención (arriba 100 mm/año) y vegetación mezclada	$a = -0.00252 * \ln(AR) + 0.023$

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Schölz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II.

donde:

- a = coeficiente de agotamiento por día
- AR = área de la cuenca (km^2)
- EP = evapotranspiración potencial anual (mm/año)
- T = duración de la temporada seca (días)
- R = retención total de la cuenca (mm/año)

3.3.2.9. Almacenamiento hídrico

Tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son considerados:

Acuíferos, Lagunas y pantanos, Nevados

Tabla N°11 Lámina de Agua acumulada en los tres tipos de almacén Hídrico

Tipo	Lámina Acumulada (mm/año)		
Napa Freática	Pendiente de la Cuenca		
	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas – Pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II

La determinación de la lámina "L" que almacena cada tipo de estos almacenes está dado por:

Acuíferos : $L_A = -750(I) + 315$ Ecuación 6-17

Siendo:

L_A = Lámina específica de acuíferos

I = Pendiente de desagüe: $I \leq 15 \%$

Lagunas y Pantanos : $L_L = 500 \text{ mm/mes}$

Siendo:

L_L = Lámina específica de lagunas y pantanos

Nevados : $L_N = 500 \text{ mm/mes}$

Siendo:

L_N = lámina específica de nevados

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. Los almacenamientos de corto plazo no son considerados para este caso, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva.

La lámina de agua A_i que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva PE_i . Se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right) \quad \text{Ecuación 6-18}$$

Siendo:

A_i = Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

a_i = Coeficiente de abastecimiento (%)

R = Retención de la cuenca (mm/año)

3.3.2.10. Determinación del caudal mensual para un año promedio

Está basado en la ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual a partir de los componentes descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad \text{Ecuación 6-19}$$

donde:

CM_i = Caudal del mes i (mm/mes)

PE_i = Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención del mes i (mm/mes)

A_i = Abastecimiento del mes i (mm/mes).

3.3.2.11. Generación de caudales mensuales para periodos extendidos

A fin de generar una serie sintética de caudales para períodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un

proceso markoviano de primer orden, según la Ecuación 4-20 con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la Ecuación 4-21:

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad \text{Ecuación 6-20}$$

$$Q = g(PE_t) \quad \text{Ecuación 6-21}$$

Con la finalidad de aumentar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria.

$$Z = z(S)\sqrt{(1-r^2)} \quad \text{Ecuación 6-22}$$

$$Q_t = B1 + B2(Q_{t-1}) + B3(PE_t) + z(S)\sqrt{1-r^2} \quad \text{Ecuación 6-23}$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

donde:

Q_t	=	Caudal del mes t
Q_{t-1}	=	Caudal del mes anterior
PE_t	=	Precipitación efectiva del mes
$B1$	=	Factor constante o caudal básico.

Se calcula los parámetros B1, B2, B3, r y S sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con Q_t como valor dependiente y Q_{t-1} y PE_t , como valores independientes. Para el cálculo se recomienda el uso de software comercial (hojas electrónicas) o de uso específico (programas elaborados tales como el SIH).

El proceso de generación requiere de un valor inicial, el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes,

- empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor Q_0 sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

3.3.2.12. Test estadísticos

Para determinar la calidad de la coincidencia de los caudales generados con los observados, se desarrolla la comparación de los promedios y desviaciones tipo de los valores históricos y los generados.

Para probar si los promedios salen de la misma población, se utiliza el test de Student (Prueba "t"). Esta prueba debe ser desarrollada para cada mes.

Se compara el valor de t con el valor límite $t_{p,n}$ que indica el límite superior que, con una probabilidad de error del P%, permite decir que ambos promedios pertenecen a la misma población.

La comparación estadística de promedios se realiza mediante el test de Fischer (Prueba "F"). que se compara con el valor límite $F_{p/2}(\%)$, (n_1, n_2)

3.3.2.13. Restricciones del modelo

El modelo presenta ciertas restricciones de uso o aplicación tales como:

- El uso de los modelos parciales, únicamente dentro del rango de calibración establecido.
- Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.
- Los registros generados en el período de secas presentan una mayor confiabilidad que los valores generados para la época lluviosa.
- La aplicación del modelo se restringe a las cuencas en las que se ha calibrado sus parámetros (sierra peruana: Cusco, Huancavelica, Junin, Cajamarca)

Es importante tener en cuenta las mencionadas restricciones a fin de garantizar una buena performance del modelo.

3.3.3. Aplicación del Modelo Lutz Schölz

Previa selección de la información disponible, en este caso caudales medios mensuales, de la estación Hidrometrica Pte Isla Cabanillas, que previamente han sido corregidos, completados y extendidos estocásticamente, con esta información confiable se procedió a la calibración del modelo.

Tabla N° 12 Caudales Medios Mensuales para la calibración del Modelo Lutz Schölz

ESTACION	ALTITUD	AREA (Km ²)	Ene	Feb.	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Pte Isla Cabanillas	3850	1,961.44	48.49	66.58	57.28	29.03	08.91	04.02	05.86	03.51	04.45	06.62	07.48	13.75

Fuente: SENAMHI

Así mismo, se dispuso de las precipitaciones areal promedio mensual, de las estaciones de influencia en el estudio, como las características morfológicas de la cuenca, los que se muestran.

El escurrimiento en todas las cuencas en nuestro altiplano, durante el período de venidas los caudales tienen su origen principalmente en la precipitación estacional, y durante la época de estiaje de las descargas provienen de los deshielos de los nevados, las lagunas y aportes subterráneos de las cuencas en general.

Tabla N° 13 Precipitación Areal Promedio Mensual de las Estaciones Hidrométricas

ESTACIONES	AREA KM2	PORCENT. DEL AREA	PRECIPITACION PONDERADA												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PP TOTAL
CABANILLAS	213.34	10.88%	15.81	14.85	12.01	4.88	0.67	0.28	0.18	0.92	2.02	3.85	5.57	9.66	70.70
LAGUNILLAS	392.94	20.03%	31.91	27.66	21.47	7.66	1.46	0.59	0.76	1.52	1.90	5.47	9.53	18.71	128.63
SANTA LUCIA	498.26	25.40%	45.98	39.22	36.16	9.38	1.64	0.74	0.73	1.74	3.73	7.76	14.84	29.49	191.43
QUILLISANI	192.69	9.82%	16.82	16.92	14.42	5.39	1.38	0.42	0.46	1.41	2.43	3.98	7.87	12.45	83.94
PARATIA	207.59	10.58%	20.87	19.54	15.64	4.70	1.31	0.59	0.47	1.53	2.18	4.61	6.90	14.17	92.52
PAMPAHUTA	418.39	21.33%	37.67	33.94	28.82	11.13	2.42	0.68	0.66	1.80	3.30	7.88	14.64	25.35	168.28
JULIACA	38.23	1.95%	2.59	1.97	1.85	0.81	0.17	0.09	0.04	0.15	0.37	0.88	1.12	1.61	11.65
TOTAL	1,961.44	100.00%	171.64	154.09	130.37	43.95	9.05	3.38	3.30	9.08	15.93	34.44	60.47	111.44	747.14

Fuente Propia: Generación de Caudales

Para la calibración del modelo,

Cuatro parámetros serán necesarios determinar su valor, para la calibración del modelo, estos son:

1. El valor del coeficiente de retención R,
2. El coeficiente de escorrentía C,
3. El gasto de retención (b_i) que está en función del coeficiente (w),
4. El coeficiente de almacenamiento a_i para el período seco.

El procesamiento de la información se efectuó, haciendo uso de una hoja de cálculo preparada previamente, hasta obtener series de caudales promedio mensuales generados.

A continuación, se resumen y explican los detalles del cálculo:

El valor asumido del valor del coeficiente de escorrentía, se partió con un valor de la relación entre el caudal aforado y la precipitación areal de la cuenca.

El resumen de la calibración y la descripción de cada columna se describen a continuación:

Columna 1.- Identificación del período seco y días acumulados, para esta región del altiplano se inicia el mes de abril culminando en octubre.

Columna 2.- Datos de Precipitación Areal Promedio Mensual de la cuenca en estudio.

Columnas 3 y 4.- Cálculo de las precipitaciones efectivas recomendadas en los párrafos anteriores, que nos ayudará en la selección de PEI – PEII, se verifica que la curva esté dentro de los límites.

Columna 5.- Cálculo de la precipitación efectiva para cada mes y está dado por la siguiente ecuación:

$$PE = C_1 * PEI + C_2 * PEII$$

Ecuación 6-24

$$C_1 = \frac{C * \sum P - \sum PEI}{\sum PEI - \sum PEII} \quad \text{Ecuación 6-25}$$

$$C_1 = \frac{C * \sum P - \sum PEII}{\sum PEII - \sum PEI} \quad \text{Ecuación 6-26}$$

Para una mejor estimación de la precipitación efectiva se ha calculado la PEI y PEII para toda la serie de la precipitación areal, obteniendo dos series, posteriormente, haciendo uso de la ecuación 5-26, se obtuvo otra serie de PE. De esta última serie se calculó el promedio mensual, y estos valores son los que se muestran en esta columna, permitiendo así ajustar y calibrar mejor hasta lograr su validación.

Columna 6.- Es el gasto de la retención (b_i), que inicia al final del período lluvioso, y cubre todo el período seco, se hizo uso de la siguiente relación:

$$b_i = e^{-a*t} \quad \text{Ecuación 6-27}$$

$$a = -0.0252 * Ln(AR) + w \quad \text{Ecuación 6-28}$$

Dónde:

- a: Coeficiente de Agotamiento de la cuenca,
- t : Número de días desde el inicio de la temporada seca
- w : Coeficiente a ser calibrado,
- AR : Área de la cuenca

Columna 7: Es el gasto de retención en mm/mes, expresada mediante la siguiente relación:

$$G_i = \frac{b_i}{\sum b_i} * R \quad \text{Ecuación 6-29}$$

Columna 8.- Abastecimiento de la retención, como las ecuaciones presentadas en el modelo han sido desarrolladas en otras zonas del país, se ha planteado nuevos valores para cada punto de interés o calibración.

Columna 9.- Abastecimiento de la retención, expresada en mm/mes dada por la siguiente relación:

$$A_i = a_i * R$$

Ecuación 6-30

Columna 10.- Escorrentía generada (mm/mes), es el balance hídrico de la cuenca, y está dada por la siguiente relación:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Ecuación 6-31

Dónde:

PE_i : Precipitación efectiva del mes i

G_i : Gasto de la Retención del mes i

A_i : Abastecimiento de la Retención del mes i

Columna 11.- Es la escorrentía Generada, en m³/s.

Columna 12.- es el caudal mensual aforado, en m³/s.

Columna 13.- es la escorrentía de aforos en mm/mes.

**MODELO LUTZ SCHOLZ
CALIBRACION DEL MODELO**

AREA

= 1961 Km²

C= 0.38 p.e. Relación entre columnas (12) / (2)

0.303

C1= 26

1.303

C2= 26

R= 55 Retención de cuenca en mm/año

MES			PRECIPITACION MENSUAL			CONTRIBUCION DE LA RETENCION				ESCORRENT IA	CAUDALES MENSUALES		ESCORRENT IA	
			TOTAL P mm/mes	EFECTIVA		GASTO		ABASTECIMIEN TO			GENERADOS	GENERADOS		AFORADOS
Días	Acum	PE-I mm/ mes		PE-II mm/mes	PE mm/mes	b _i	G _i mm/mes	a _i	A _i mm/mes	mm/mes			m3/seg	
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
AGO	31	154	9.5	0.0	1.1	1.4	0.004	0.4	0.01	0.55	1.28	3.4	3.5	4.8
SET	30	184	16.5	0.0	1.8	2.4	0.001	0.1	0.01	0.55	1.95	4.5	4.5	5.9
OCT	31	215	35.1	0.4	3.7	5.6	0.000	0.0	0.07	3.85	1.78	6.3	6.6	9.0
NOV	30		35.1	0.4	3.7	15.4	0.000	0.0	0.16	8.80	6.61	7.5	7.5	9.9

DIC	31		107.4	10.9	28.9	43.0	0.000	0.0	0.25	13.75	29.21	13.4	13.8	18.8
ENE	31		166.3	46.0	79.8	80.7	0.000	0.0	0.27	14.85	65.89	48.3	48.5	66.2
FEB	28		148.4	31.5	62.2	70.0	0.000	0.0	0.28	-15.40	85.45	66.3	66.6	82.1
MAR	31		125.4	18.1	41.9	58.3	0.000	0.0	0.11	-6.05	64.30	57.1	57.3	78.2
ABR	30	30	41.1	0.6	4.4	8.0	0.341	36.9	0.50	27.50	17.45	28.2	29.0	38.4
MAY	31	61	8.7	0.0	1.0	1.3	0.112	12.1	0.13	7.15	6.28	8.6	8.9	12.2
JUN	31	92	3.7	0.0	0.5	0.5	0.037	4.0	0.04	2.20	2.28	3.7	4.0	5.5
JUL	31	123	3.3	0.0	0.4	0.5	0.012	1.3	0.05	-2.75	4.54	5.3	5.9	8.0
AÑO			700.4	107.9	229.3	287.0	0.507	55.0	1.00	55.0	287.0	21.0	21.3	338.9

Columna (1): 0.0

Temporada seca y dias acumulados

Columna (6):

$$bi = \text{EXP}(-a^*t)$$

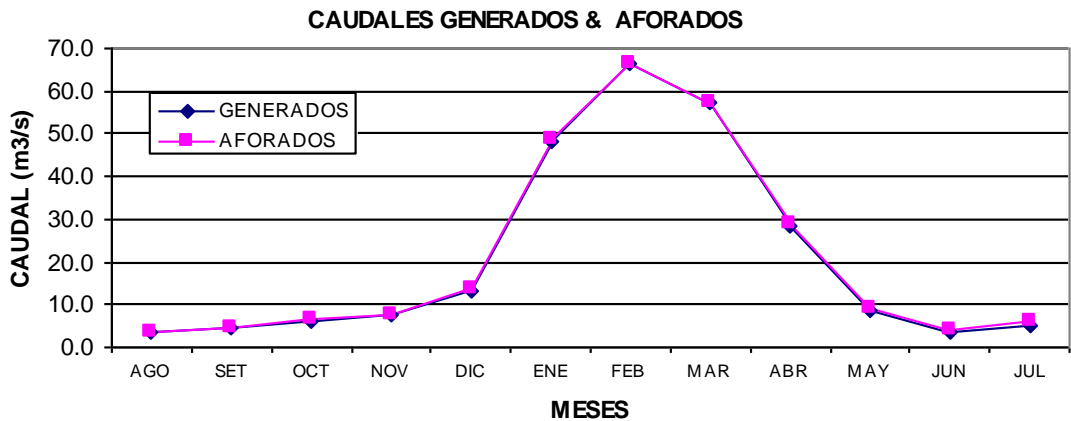
0.03

5894

$$a = -0.00252 * \text{Ln}(AR) + w = 79$$

w = 0.055 (Para nuestro caso)

Figura N° 06 Caudales Generados y Aforados Puente Isla Cabanillas



3.3.3.1. Disponibilidad de Recurso Hídrico en el Proyecto

El Proyecto prevé la utilización de los recursos hídricos de la cuenca del río Cabanillas, afluente del río Coata que es uno de los principales tributarios del lago Titicaca.

El río Cabanillas se forma de la confluencia del río verde con el río Cerrillos, que es el curso donde descarga la laguna Lagunillas.

La laguna lagunillas cuenta con una estructura de regulación (Presa) que tiene un volumen de almacenamiento de 500 MMC que serán almacenados durante un año hidrológico en épocas de precipitaciones, para luego ser descargado en épocas de estiaje y cubrir la demanda de agua de los módulos existentes.

Para poder determinar la oferta de agua que ofrece el río Cabanillas es necesario realizar una evaluación a nivel del Sistema Integral lagunillas y distribuir el recurso hídrico en los módulos existentes, en donde está ubicado el proyecto de Irrigación.

Con la información existentes tratadas y corregidas realizadas en los ítems anteriores se proceda determinar la disponibilidad del recurso hídrico que lo analizaremos en dos partes una de la presa lagunillas y otra la que oferta el río Verde.

3.3.3.2. Disponibilidad Hídrica de la Presa Lagunillas

Para poder determinar la disponibilidad es necesario poder calcular el almacenamiento de la presa lagunillas, se buscaron información acerca de la simulación de la presa lagunillas que no se pudieron encontrar, lo unico que se encontraron fueron información a nivel estructural mas no el balance hidrico lo que nos lleva a determinar su almacenamiento de acuerdo a los datos hidrometricos y cartograficos.

Con el material cartografico, delimitamos la cuenca Lagunillas que cuenta con área de 839.34 Km² y conla información pluviometrica de las estaciones de Lagunillas Pampahuta paratia calculamos su precipitación areal o ponderada, con un promedio de 750.08 mm, los calculos justificativos se desarrollan en el capitulo 4.5 .

Los datos obtenidos lo convertimos en volumen expresado en MMC al 65 % de seguridad de su precipitación, considerando el 35 % como perdidas ocasionada en su almacenamiento los resultados se muestran en la tabla.

Tabla N° 14 Recarga promedio Cuenca Lagunillas MMC por meses

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PROM	96.24	83.52	72.83	23.78	4.71	1.64	1.55	4.18	7.73	17.77	33.16	62.11	409.22
STD	35.25	35.69	27.83	14.59	5.33	3.95	2.99	7.61	8.12	12.15	21.65	24.26	91.02
MAX	193.00	175.78	157.38	83.29	24.38	23.74	13.95	39.43	41.11	50.32	83.95	123.71	676.26
MIN	33.66	23.01	20.39	5.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.70	0.74	12.39	168.74

Fuente Propia: Generación de Caudales

De lo calculado damos una disponibilidad hídrica para el Sistema Integral Lagunillas de 200 MMC como volumen util considerandose 9.22 MMC como perdidas ocurridas en la conducción del recurso el resultado se muestra en la tabla

Tabla N° 15 Almacenamiento Presa Lagunillas MMC por meses

Almacenamiento presa lagunillas (mmc)

SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	V. TOTAL	V. UTIL
7.73	17.77	33.16	62.11	96.24	83.52	72.83	23.78	4.71	1.64	1.55	4.18	409.22	200.00

Fuente Propia: Generación de Caudales

El volumen almacenado se distribuye a nivel de los módulos existentes del Sistema Integral Lagunillas, que son Cayachira, Cabanilla, Cabana Mañazo, Cotaña Lapayani, Cabanilla, Yanarico, Yocara y Cantería.

3.3.3.3. Disponibilidad Hídrica Río Verde

Para poder determinar la disponibilidad es necesario obtener datos de caudales medios mensuales del río Verde, los caudales se obtuvieron del SENAMHI.

Con la información obtenida del Río Verde se obtiene los resultados que se muestran en la tabla.

Los resultados obtenidos lo convertimos en volumen expresado en MMC para poder realizar el análisis correspondiente y distribución de caudales por modulo de riego del Sistema Integral Lagunillas los resultados de distribución realizada se muestra en la tabla

Tabla N° 16 Disponibilidad hídrica Presa Lagunillas MMC por meses

Oferta de agua presa lagunillas (mmc)

	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
Oferta Presa Lagunillas % de salida	15.00 %	19.00 %	17.00 %	6.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	9.00 %	9.00 %	11.00 %	14.00 %	100.00 %
Oferta Presa Lagunillas Cayachira	0.50	0.63	0.56	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.36	0.46	3.30
Oferta Presa Lagunillas Cabanilla - Lampa	4.95	6.27	5.61	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	2.97	2.97	3.63	4.62	33.00
Oferta Presa Lagunillas Cabana Mañazo	11.19	14.17	12.68	4.48	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71	6.71	8.20	10.44	74.59
Oferta Presa Lagunillas Cotaña Lapayani	1.78	2.26	2.02	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	1.07	1.07	1.31	1.66	11.88
Oferta Presa Lagunillas Cabanilla	3.47	4.39	3.93	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	2.08	2.54	3.23	23.10
Oferta Presa Lagunillas Yanarico	2.18	2.76	2.47	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	1.31	1.31	1.60	2.03	14.52
Oferta Presa Lagunillas Yocara	3.47	4.39	3.93	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	2.08	2.54	3.23	23.10
Oferta Presa Lagunillas Canteria	2.48	3.14	2.81	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	1.49	1.49	1.82	2.31	16.50
Oferta Presa Lagunillas Total Sistema Integral	30.00	38.00	34.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	18.00	22.00	28.00	200.00

Fuente Propia: Generación de Caudales

Tabla N° 17 Caudales medio mensuales Río Verde

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PROM	27.0	33.9	26.7	12.5	3.4	1.6	1.2	1.1	1.2	1.7	4.1	9.2	122.9
STD	15.08	21.28	13.85	9.11	2.55	0.61	0.30	0.31	0.88	0.91	4.45	8.12	42.19
MIN	3.8	4.1	5.0	1.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7	1.8	30.9
MAX	64.1	91.5	63.9	45.2	13.5	4.5	2.0	1.9	6.0	4.6	19.7	41.5	228.5
MEDIANA	24.1	30.2	25.1	9.6	2.8	1.5	1.2	1.0	1.0	1.6	2.6	7.1	120.6

Fuente: SENAMHI

En el transcurso del recorrido del río cabanillas tiene recarga de diferentes rios y quebradas que para el analisis no son tomados en cuenta y que dichos caudales seran utilizados como ecologico.

3.3.3.4. Disponibilidad Hídrica del Sistema Integral Lagunillas y del Proyecto de riego

De la suma de las ofertas de agua tanto de la presa Lagunillas y río Verde obtenemos la oferta hidrica por modulos en el Sistema Integral Lagunillas los resultados se muestran en la tabla.

De los cuadros obtenidos nos damos cuenta que es necesario buscar otro sistema de almacenamiento para el río Verde para optimizar y ampliar las frontera agricola, este recurso son perdidas en las temporadas de avenidas, y no son aprovechables.

Tabla N° 18 Disponibilidad Hídrica Río Verde en MMC
Oferta de agua río verde (mmc)

		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
Oferta Río Verde	(m³/seg)	1.22	1.71	4.15	9.15	27.01	33.91	26.66	12.53	3.40	1.58	1.18	1.08	
Oferta Río Verde	(MMC)	3.17	4.59	10.75	24.51	72.34	82.03	71.40	32.47	9.10	4.09	3.06	2.90	320.43
Oferta Río Verde (MMC)	Cayachir a	0.05	0.08	0.18	0.40	1.19	1.35	1.18	0.54	0.15	0.07	0.05	0.05	5.29
Oferta Río Verde (MMC)	Cabanilla - Lampa	0.52	0.76	1.77	4.04	11.94	13.54	11.78	5.36	1.50	0.67	0.51	0.48	52.88
Oferta Río Verde (MMC)	Cabana Mañazo	1.18	1.71	4.01	9.14	26.98	30.59	26.63	12.11	3.39	1.52	1.14	1.08	119.50

Oferta Río Verde (MMC)	Cotaña Lapayani	0.19	0.27	0.64	1.46	4.30	4.87	4.24	1.93	0.54	0.24	0.18	0.17	19.04
Oferta Río Verde (MMC)	Cabanilla	0.37	0.53	1.24	2.83	8.36	9.48	8.25	3.75	1.05	0.47	0.35	0.34	37.01
Oferta Río Verde (MMC)	Yanarico	0.23	0.33	0.78	1.78	5.25	5.96	5.18	2.36	0.66	0.30	0.22	0.21	23.27
Oferta Río Verde (MMC)	Yocara	0.37	0.53	1.24	2.83	8.36	9.48	8.25	3.75	1.05	0.47	0.35	0.34	37.01
Oferta Río Verde (MMC)	Canteria	0.26	0.38	0.89	2.02	5.97	6.77	5.89	2.68	0.75	0.34	0.25	0.24	26.44
Oferta Río Verde (MMC)	Total Sistema Integral	3.17	4.59	10.75	24.51	72.34	82.03	71.40	32.47	9.10	4.09	3.06	2.90	320.43

Fuente Propia: Generación de Caudales

Tabla N° 19 Disponibilidad Hídrica en el Sistema Integral lagunillas en MMC

Oferta de agua presa lagunillas y río verde (mmc)

		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
Oferta Presa y Río (MMC)	Cayachira	0.55	0.70	0.74	0.60	1.19	1.35	1.18	0.54	0.45	0.36	0.41	0.51	8.59
Oferta Presa y Río (MMC)	Cabanilla - Lampa	5.47	7.03	7.39	6.02	11.9	13.5	11.7	8	5.36	4.47	3.64	4.14	85.88
Oferta Presa y Río (MMC)	Cabana Mañazo	12.3	15.8	16.6	13.6	26.9	30.5	26.6	12.1	10.1	8.24	9.35	11.5	194.09
Oferta Presa y Río (MMC)	Cotaña Lapayani	1.97	2.53	2.66	2.17	4.30	4.87	4.24	1.93	1.61	1.31	1.49	1.84	30.92
Oferta Presa y Río (MMC)	Cabanilla	3.83	4.92	5.17	4.22	8.36	9.48	8.25	3.75	3.13	2.55	2.90	3.57	60.12
Oferta Presa y Río (MMC)	Yanarico	2.41	3.09	3.25	2.65	5.25	5.96	5.18	2.36	1.97	1.60	1.82	2.24	37.79
Oferta Presa y Río (MMC)	Yocara	3.83	4.92	5.17	4.22	8.36	9.48	8.25	3.75	3.13	2.55	2.90	3.57	60.12
Oferta Presa y Río (MMC)	Canteria	2.74	3.51	3.69	3.01	5.97	6.77	5.89	2.68	2.24	1.82	2.07	2.55	42.94
Oferta Presa y Río (MMC)	Total Sistema Integral	33.1	42.5	44.7	36.5	72.3	82.0	71.4	32.4	27.1	22.0	25.0	30.9	520.43

Fuente Propia: Generación de Caudales

Tabla N° 20 Disponibilidad Hídrica en el Sistema Integral lagunillas en m³/seg.

Oferta de agua presa lagunillas y río verde (m³/seg)

		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROM
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Cayachira	0.21	0.26	0.28	0.22	0.45	0.56	0.44	0.21	0.17	0.14	0.16	0.19	0.27
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Cabanilla-Lampa	2.11	2.62	2.85	2.25	4.46	5.60	4.40	2.07	1.67	1.4	1.6	1.90	2.74
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Cabana Mañazo	4.77	5.93	6.44	5.08	10.0	12.6	9.94	4.67	3.77	3.1	3.6	4.30	6.20

Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Cotaña Lapayani	0.76	0.94	1.03	0.81	1.60	2.01	1.58	0.74	0.60	0.5 1	0.5 7	0.69	0.99
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Cabanilla	1.48	1.84	1.99	1.57	3.12	3.92	3.08	1.45	1.17	0.9 8	1.1 2	1.33	1.92
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Yanarico	0.93	1.15	1.25	0.99	1.96	2.46	1.94	0.91	0.73	0.6 2	0.7 0	0.84	1.21
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Yocara	1.48	1.84	1.99	1.57	3.12	3.92	3.08	1.45	1.17	0.9 8	1.1 2	1.33	1.92
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Canteria	1.06	1.31	1.42	1.12	2.23	2.80	2.20	1.03	0.83	0.7 0	0.8 0	0.95	1.37
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	Total Sistema Integral	12.8 0	15.9 0	17.2 7	13.6 3	27.0 1	33.9 1	26.6 6	12.5 3	10.1 2	8.5 2	9.6 7	11.5 4	16.63

Fuente Propia: Generación de Caudales

Tabla N° 21 Disponibilidad Hídrica del Proyecto

	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
Oferta Presa Lagunillas	3.47	4.39	3.93	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	2.08	2.54	3.23	23.10
Oferta Río Verde (MMC)	0.37	0.53	1.24	2.83	8.36	9.48	8.25	3.75	1.05	0.47	0.35	0.34	37.01
Oferta Presa y Río (MMC)	3.83	4.92	5.17	4.22	8.36	9.48	8.25	3.75	3.13	2.55	2.90	3.57	60.12
Oferta Presa y Río (m ³ /s)	1.48	1.84	1.99	1.57	3.12	3.92	3.08	1.45	1.17	0.98	1.12	1.33	1.92

Fuente Propia: Generación de Caudales

3.3.4. Caudal de Diseño

Una creciente es un evento que produce en un río o un canal niveles muy altos, en los cuales el agua sobrepasa la banca o inunda las zonas aledañas. Las crecientes causan daños económicos, pérdidas de vidas humanas o trastornan toda actividad social o económica de una región

Para el diseño de estructuras hidráulicas tales como bocatomas, canales, puentes, etc. Se debe calcular o estimar el caudal de diseño, que, para esos casos, son los caudales máximos.

La magnitud del caudal de diseño, es función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de ésta.

Algunos métodos usados son:

- Método directo
- Métodos empíricos
- Métodos estadísticos

3.1.1.1. Método Directo

Este es un método hidráulico, llamado de sección y pendiente, en el cual el caudal máximo se estima después del paso de una avenida, con base de datos específicos obtenidos en el campo. Los trabajos de campo incluyen:

1. Selección de un tramo del río representativo, suficientemente profundo, que contenga al nivel de las aguas máximas.
2. Levantamiento de ser secciones transversales en cada extremo del tramo elegido, y determinar:

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} \quad \text{Ecuación 7-1}$$

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2} \quad \text{Ecuación 7-2}$$

Dónde:

A_1, A_2 = Áreas Hidráulicas

P_1, P_2 = Perímetros Mojados

R_1, R_2 = Radios Hidráulicos

3. Determinar la pendiente S , de la superficie libre de agua con las huellas de la avenida máxima en análisis.
4. Elegir el coeficiente de rugosidad n de Manning de acuerdo a las condiciones físicas del cauce.
5. Aplicar la fórmula de Manning

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ecuación 7-3}$$

Dónde:

Q = Caudal Máximo, m^3/s .

n = Coeficiente de Rugosidad

A = Área Hidráulica promedio, m^2

R = Radio Hidráulico promedio, m.

S = Pendiente, m/m.

3.3.4.1. Método Empíricos

Existe una gran variedad de métodos empíricos, en general todos se derivan del método racional.

Debido a su sencillez, los métodos empíricos tienen gran difusión, pero pueden involucrar grandes errores, ya que el proceso de escurrimiento, es muy complejo como para resumirlo en una fórmula de tipo directo, en la que solo intervienen el área de la cuenca y un coeficiente de escurrimiento. Dentro de los métodos empíricos que calcula, se tienen:

- Método Racional
- Método de Mac Math

3.3.4.2. Método Racional

El método puede ser aplicado a pequeñas cuencas de drenaje agrícola, aproximadamente si no exceden a 1300 has ó 13 km².

En el método racional, se supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia, se produce cuando la duración de ésta es igual al tiempo de concentración (t_c). Cuando así ocurre, toda la cuenca contribuye con el caudal en el punto de salida. Si la duración es mayor que el t_c , contribuye asimismo toda la cuenca, pero en ese caso la intensidad de la lluvia es menor, por ser mayor su duración y, por tanto, también es menor el caudal.

Si la duración de la lluvia es menor que el t_c la intensidad de la lluvia es mayor, pero en el momento en el que acaba la lluvia, el agua caída en los puntos más alejados aún no ha llegado a la salida; sólo contribuye una parte de la cuenca a la escorrentía, por lo que el caudal será menor.

Aceptando este planteamiento, el caudal máximo se calcula por medio de la siguiente expresión, que representa la fórmula racional:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Ecuación 7-4

Dónde:

Q = caudal máximo, en m³/ s

C = coeficiente de esorrentía, que depende de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo, sin dimensiones

I = intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un período de retorno dado, en mm/hr

A = área de la cuenca, en has

Tiempo de concentración (t_c)

Se denomina tiempo de concentración, al tiempo transcurrido, desde que una gota de agua cae, en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la salida de ésta (estación de aforo). Este tiempo es función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca.

El tiempo de concentración debe incluir los escurrimientos sobre terrenos, canales, cunetas y los recorridos sobre la misma estructura que se diseña.

Todas aquellas características de la cuenca tributaria, tales como dimensiones, pendientes, vegetación, y otras en menor grado, hacen variar el tiempo de concentración.

Según Kirpich, la fórmula para el cálculo del tiempo de concentración es:

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Ecuación 7-5

Dónde:

t_c = tiempo de concentración, en min.

L = máxima longitud del recorrido, en m

H = diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal, en m

Determinación del coeficiente de escorrentía (C)

La escorrentía, es decir, el agua que llega al cauce de evacuación, representa una fracción de la precipitación total. A esa fracción se le denomina coeficiente de escorrentía, que no tiene dimensiones y se representa por la letra C .

$$C = \frac{V_{\text{escorrentía a superficie l total}}}{V_{\text{precipitación o total}}}$$

Ecuación 7-6

El valor de C depende de factores topográficos, edafológicos, cobertura vegetal, etc.

En la tabla se presentan valores del coeficiente de escorrentía en función de la cobertura vegetal, pendiente y textura.

Tabla N° 22 Valores de Coeficiente de Escorrentía

Tipo de vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco arenosa	Franco arcillo limosa franco limoso	Arcillosa
Forestal	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.15	0.35	0.55
	10 - 30	0.20	0.40	0.60
Terrenos cultivados	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.60	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80

Fuente: HIDROLOGIA, Máximo Villón Bejar.

Cuando la cuenca se compone de superficies de distintas características, el valor de C se obtiene como una media ponderada, es decir:

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Ecuación 7-7

Dónde:

C = coeficiente de escorrentía ponderado

C_i = coeficiente de escorrentía para el área A_i

A_i = área parcial i

n = número de áreas parciales

3.3.4.3. Método Mac Math

La fórmula de Mac Math, para el sistema métrico, es la siguiente:

$$Q = 0.0091 C I A^{1/3} S^{1/3}$$

Ecuación 7-8

Dónde:

Q = caudal máximo con un período de retorno de T años, en m^3/s

C = factor de escorrentía de Mac Math, representa las características de la cuenca

I = intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración t_c y un período de retorno de T años, mm/hr

A = área de la cuenca, en has

S = pendiente promedio del cauce principal, en ‰

El factor C , el cual se compone de tres componentes, es decir:

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Dónde:

C_1 = está en función de la cobertura vegetal

C_2 = está en función de la textura del suelo

C_3 = está en función de la topografía del terreno

Tabla N°23 Factor de Escorrentía Mac Math

Vegetación		Suelo		Topografía	
Cobertura (%)	C ₁	Textura	C ₂	Pendiente (%)	C ₃
100	0.08	Arenoso	0.08	0.0 - 0.2	0.04
80 – 100	0.12	Ligera	0.12	0.2 - 0.5	0.06
50 – 80	0.16	Media	0.16	0.5 - 2.0	0.06
20 – 50	0.22	Fina	0.22	2.0 - 5.0	0.10
0 – 20	0.30	Rocosa	0.30	5.0 - 10.0	0.15

Fuente: HIDROLOGIA, Máximo Villón Bejar.

3.3.4.4. Métodos Estadísticos

Los métodos estadísticos, se basan en considerar que el caudal máximo anual, es una variable aleatoria que tiene una cierta distribución. Para utilizarlos se requiere tener como datos, el registro de caudales máximos anuales, cuanto mayor sea el tamaño del registro, mayor será también la aproximación del cálculo del caudal de diseño, el cual se calcula para un determinado período de retorno.

Por lo general, en los proyectos donde se desea determinar el caudal de diseño, se cuenta con pocos años de registro, por lo que, la curva de distribución de probabilidades de los caudales máximos, se tiene que prolongar en su extremo, si se quiere inferir un caudal con un período de retorno mayor al tamaño del registro. El problema se origina, en que existen muchos tipos de distribuciones que se apegan a los datos, y que sin embargo, difieren en los extremos. Esto ha dado lugar a diversos métodos estadísticos, dependiendo del tipo de distribución que se considere, entre los cuales se tiene a Gumbel y Nash.

Gumbel y Nash consideran una distribución de valores extremos, con la única diferencia, que el criterio de Nash es menos rígido que el de Gumbel, puesto que el método de Nash permite ajustar la distribución por mínimos cuadrados. En forma práctica, se recomienda escoger varias distribuciones y ver cual se ajusta mejor; esto requiere que se tengan los datos necesarios para poder aplicar alguna prueba estadística, como la prueba de bondad de ajuste.

3.3.4.5. Método Estadístico de Gumbel

Para calcular el caudal máximo para un período de retorno determinado se usa la ecuación:

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \ln T)$$

Ecuación 7-9

Siendo:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - NQ_m^2}{N-1}}$$

Ecuación 7-10

donde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = caudal máximo para un período de retorno determinado, en m³/s

N = número de años de registro

Q_i = caudales máximos anuales registrados, en m³/s

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}, \text{ caudal promedio, en m}^3/\text{s}$$

T = período de retorno

$\sigma_m \cdot \bar{Y}_N$ = constantes función de N (variables reducidas)

σ_Q = desviación estándar de los caudales

Tabla N°24 Valores de Y_N y \bar{Y}_N en función de N

N	Y_N	\bar{Y}_N	N	Y_N	\bar{Y}_N
8	0.4843	0.9043	49	0.5481	1.1590
9	0.4902	0.9288	50	0.54854	1.16066
10	0.4952	0.9497	51	0.5489	1.1623
11	0.4996	0.9676	52	0.5493	1.1638
12	0.5053	0.9833	53	0.5497	1.1653
13	0.5070	0.9972	54	0.5501	1.1667
14	0.5100	1.0095	55	0.5504	1.1681
15	0.5128	1.02057	56	0.5508	1.1696
16	0.5157	1.0316	57	0.5511	1.1708
17	0.5181	1.0411	58	0.5515	1.1721
18	0.5202	1.0493	59	0.5518	1.1734
19	0.5220	1.0566	60	0.55208	1.17467
20	0.52355	1.06283	62	0.5527	1.1770
21	0.5252	1.0696	64	0.5533	1.1793
22	0.5268	1.0754	66	0.5538	1.1814

23	0.5283	1.0811	68	0.5543	1.1834
24	0.5296	1.0864	70	0.55477	1.18536
25	0.53086	1.09145	72	0.5552	1.1873
26	0.5320	1.0961	74	0.5557	1.1890
27	0.5332	1.1004	76	0.5561	1.1906
28	0.5343	1.1047	78	0.5565	1.1923
29	0.5353	1.1086	80	0.55688	1.19382
30	0.53622	1.11238	82	0.5572	1.1953
31	0.5371	1.1159	84	0.5576	1.1967
32	0.5380	1.1193	86	0.5580	1.1980
33	0.5388	1.1226	88	0.5583	1.1994
34	0.5396	1.1255	90	0.55860	1.20073
35	0.54034	1.12847	92	0.5589	1.2020
36	0.5410	1.1313	94	0.5592	1.2032
37	0.5418	1.1339	96	0.5595	1.2044
38	0.5424	1.1363	98	0.5598	1.2055
39	0.5430	1.1388	100	0.56002	1.20649
40	0.54362	1.14132	150	0.56461	1.22534
41	0.5442	1.1436	200	0.56715	1.23598
42	0.5448	1.1458	250	0.56878	1.24292
43	0.5453	1.1480	300	0.56993	1.24786
44	0.5458	1.1499	400	0.57144	1.25450
45	0.5463	1.15185	500	0.57240	1.25880
46	0.5468	1.1538	750	0.57377	1.26506
47	0.5473	1.1557	1000	0.57450	1.26851
48	0.5477	1.1574		0.57722	1.28255

Fuente: HIDROLOGIA, Máximo Villón Bejar.

Para calcular el intervalo de confianza, o sea, aquel dentro del cual puede variar $Q_{m\acute{a}x}$ dependiendo del registro disponible se hace lo siguiente:

1. Si $\beta = 1-1/T$ varía entre 0.20 y 0.80, el intervalo de confianza se calcula con la fórmula:

$$\Delta Q = \pm \sqrt{N \alpha \sigma_m} \frac{\sigma_Q}{\sigma_N \sqrt{N}}$$

Ecuación 7-11

Dónde:

N = número de años de registro

$\sqrt{N \alpha \sigma_m}$ = constante en función

β_N = constante en función de N

σ_Q = desviación estándar de los caudales

Tabla N°25 Valores de $\sqrt{N \alpha \sigma_m}$ en función de D

D	$\sqrt{N \alpha \sigma_m}$
0.01	(2.1607)
0.02	(1.7894)
0.05	(1.4550)
0.10	(1.3028)
0.15	1.2548
0.20	1.2427
0.25	1.2494
0.30	1.2687
0.35	1.2981
0.40	1.3366
0.45	1.3845
0.50	1.4427
0.55	1.5130
0.60	1.5984
0.65	1.7034
0.70	1.8355
0.75	2.0069
0.80	2.2408
0.85	2.5849
0.90	(3.1639)
0.95	(4.4721)
0.98	(7.0710)
0.99	(10.000)

Fuente: HIDROLOGIA, Máximo Villón Bejar.

3.3.4.6. Hidrograma Unitario

Puesto que uno de los parámetros de mayor importancia es determinar el caudal de máxima avenida, se vio por conveniente utilizar la del hidrograma unitario a partir de datos de precipitación máxima de 24 horas, a continuación, se detalla su determinación

Hidrograma Unitario: Curva que refleja la variación del caudal durante una determinada tormenta, se define como el hidrograma del escurrimiento directo que resulta de un centímetro de lluvia de exceso, generada uniformemente sobre la cuenca. Requiere de información de datos de lluvia y de escorrentía

$$d * A = \int_0^t Q * dt$$

Ecuación 7-22

Cuando no se hallan a la mano los datos necesarios conjuntos de caudal y escorrentía, posee relevancia el Hidrograma Unitario Sintético de Snyder, para la deducción de del hidrograma unitario de una hoyo o cuenca; el cual es tal vez el más conocido, fue desarrollado en los montes Apalaches en los Estado Unidos.

El método del hidrograma unitario, nos permite el cálculo de avenidas máximas para diferentes períodos de retorno a partir de las precipitaciones máximas de 24 horas. Se basa estrictamente en la estimación de un hidrograma unitario sintético triangular del U.S. Conservaction Service, tomando en consideración las características de la cuenca y un perfil de escorrentía directa o precipitación efectiva.

3.3.4.7. Cálculo del caudal pico del hidrograma

a) Tiempo de Concentración (T_c)

$$T_c = \left(0.87 * \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Ecuación 7-23

Dónde:

- T_c : Tiempo de concentración (hr)
H : Altura media entre la divisoria de aguas y la salida (m)
L : Longitud del curso del agua (Km.)

b) Tiempo pico para diferentes duraciones (T_p)

$$T_p = \frac{D}{2} + T_r$$

Ecuación 7-24

Dónde:

- T_p : Tiempo pico (hr)
D : Duración en exceso (hr)
T_r : Tiempo de retardo(hr)

c) Tiempo Base (T_b)

$$T_b = T_p + T_r \qquad T_b = 2.67 * T_p \qquad \text{Ecuación 7-25}$$

$$T_r = K * T_p, \text{ sí } K \text{ 1.67}$$

Dónde:

T_r : Tiempo de retardo (hr)

T_b : Tiempo base (hr)

d) Caudal pico del hidrograma

Para una lámina unitaria de precipitación de 1 mm.

$$q_p = \frac{0.208 * A * Q}{T_p} \qquad \text{Ecuación 7-26}$$

q_p : Caudal pico del hidrograma unitario por mm de lluvia neta (m³/s/mm).

A : Longitud del río principal (Km.)

T_p : Tiempo pico (hr)

Entonces el caudal máximo de diseño:

$$Q_{\text{máx}} = \frac{0.208 * A * Q_e}{T_p} \qquad \text{Ecuación 7-27}$$

Q_e : Escurrimiento superficial total, como consecuencia de la precipitación efectiva en mm

Q_{máx} : Caudal máximo de avenida (m³/s).

La estimación la escorrentía total a partir de datos de precipitación y otros parámetros de la cuenca, se efectuó por el método planteado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SUCS), se basa en la siguiente relación

Si:

$$Q_e = \frac{\left[\frac{PP - 5080}{CN + 50.8} \right]^2}{\frac{PP + 20320}{CN - 203.2}}$$

Ecuación 7-28

Dónde:

PP : Precipitación (mm)

CN : Curva estándar o curva número, esta depende de los factores que determinan el complejo hidrológico suelo – vegetación y sus valores se encuentran en la literatura de hidrología.

e) Clasificación hidrológica de los suelos

Por ser de importancia, se indican dos definiciones que están consideradas en la clasificación hidrológica de los suelos

Porcentaje o tasa de infiltración, es el porcentaje de agua que penetra en el suelo superficial y que es controlado por condiciones de superficie.

Porcentaje o tasa de transmisión, es el porcentaje de agua que se mueve en el suelo y que es controlado por los horizontes.

Los grupos hidrológicos en que se pueden dividir los suelos son utilizados en el planeamiento de cuencas para la estimación de la escorrentía, a partir de la precipitación. Las propiedades de los suelos que son considerados para estimar la tasa mínima de infiltración para suelos desnudos luego de un humedecimiento prolongado son: profundidad del nivel freático de invierno, infiltración y permeabilidad del suelo luego de humedecimiento prolongado y profundidad hasta un estrato de permeabilidad muy lenta. La influencia de la cobertura vegetal es tratada independientemente.

Los suelos han sido clasificados en cuatro grupos A, B, C y D de acuerdo al potencial de escurrimiento.

Tabla N°26 Clasificación Hidrológica de los Suelos – SUCS

Grupo Hidrológico A	Bajo potencial de Escorrentía: Son suelos que tienen altas tasas de infiltración aun cuando están enteramente mojados y están constituidos mayormente por arenas y gravas profundas bien y hasta excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
Grupo Hidrológico B	Moderadamente bajo potencial de escorrentía: Son suelos que tienen tasas de infiltración moderadas cuando están cuidadosamente mojados y están constituidos mayormente de suelos profundos de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión del agua.
Grupo Hidrológico C	Moderadamente bajo potencial de escorrentía: Son suelos que tienen bajas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una baja tasa de transmisión del agua.
Grupo Hidrológico D	Alto potencial de escorrentía: Son suelos de alto potencial de escurrimiento, de tasas de infiltración muy bajas cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos arcillosos con un alto potencial de esponjamiento, suelos con índice de agua permanentemente alto, suelos con arcilla o capa de arcilla en la superficie o cerca de ella y suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión del agua

Fuente: Hidrología Básica: Reyes C. Luís. CONCYTEC Lima Perú 1992 – Pág. 90

Tabla N°27 Curvas de Escorrentía para los complejos Suelo – Cobertura (CN).

Cobertura			Grupo de Suelos			
Uso de la Tierra	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
			Número de Curva			
Rastrojo Cultivo en hilera	Hileras rectas	.-	77	86	91	94
	Hileras rectas	Mala	71	91	88	91
	Hileras rectas	Buena	67	78	85	89
	C/curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	C/curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	C/curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
	C/curvas de nivel y terrazas	Buena	62	71	78	81
Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84	86
	Hileras rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
	Curvas de nivel y terrazas	Buena	59	70	78	81
Leguminosas en hileras estrechas o forraje en rotación *	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83

	Curvas de nivel y terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastos de Pastoreo	Pastizales o similares	Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	31	74	80
	Curvas de Nivel	Mala	78	37	81	88
	Curvas de Nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de Nivel	Buena	6	35	70	79
Pasto de Corte	Pradera	Buena	30	59	71	78
Bosque	Bosque	Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Cortijos	Patios	.-	59	74	82	86
Caminos Tierra**		.-	72	82	87	89
Pavimentos **		.-	74	84	90	92

* Siembra tupida o al voleo

** Incluyendo derecho de vía

Fuente Hidrología Básica: Reyes C. Luís. CONCYTEC Lima Perú 1992 – Pág. 91

3.3.4.8. Determinación de caudal de diseño

Para poder determinar los caudales de diseño de la bocatoma es necesario conocer el caudal máximo, medio y mínimo, para cada uno de ellos se consideraron diferentes métodos:

Para el caudal Máximo, se utilizó el método del Hidrograma Unitario cuyo procedimiento se desarrolló en ítems anteriores. Para aplicar este método es necesario contar las precipitaciones máximas 24 horas de las estaciones de Cabanillas, Lagunillas y Pampahuta, que son tratadas corregidas y extendidas.

Tabla N° 28 Estimación Caudal Máximo Hidrograma Unitario

ESTIMACION DEL CAUDAL MAXIMO		
TR AÑOS	Q MAXIMO (m3/s)	
	2 HORAS	6 HORAS
2	74.61	31.28
10	1.75	245.69
25	5.12	422.80

50	23.67	580.52
100	55.03	758.56
200	98.59	956.00
500	177.34	1256.98

Fuente Propia: Caudales de Diseño

Con el método del Hidrograma Unitario se obtuvo el siguiente resultado para un retorno de 50 años

Hidrograma Unitario = 580.52 m³/seg.

Para determinar los caudales medios y mínimos se realiza la generación de caudales con el modelo de Lutz Scholz, en el punto de interés Bocatoma del proyecto, los resultados se muestran en la tabla

Tabla N° 29 Caudales generados Bocatoma del proyecto modelo Lutz Scholz

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
PROM	51.70	71.10	59.19	36.50	11.37	4.26	2.64	2.77	3.56	5.22	10.94	26.14	23.78
STD	20.66	26.05	25.15	16.78	5.29	1.22	0.58	0.99	1.52	2.24	8.37	13.78	6.97
MAX	95.06	119.66	104.91	71.47	34.49	9.12	4.21	7.75	9.37	14.21	37.73	57.00	38.49
MIN	6.80	8.00	0.15	6.47	3.94	2.33	1.72	1.87	1.98	2.71	2.96	6.52	5.30

Fuente Propia: Caudales de Diseño

De los cuadros anteriores se determina los siguientes caudales de Diseño para la Bocatoma Cantería:

Caudal Mínimo = 5.30 m³/seg.

Caudal Medio = 23.78 m³/seg. ≈ 24 m³/seg.

Caudal Máximo = 580.52 m³/seg. ≈ 600 m³/seg.

3.3.5. Demanda de Agua

El aumento de la población y los múltiples usos del agua que el progreso requiere, han hecho que este recurso sea imprescindible para el desarrollo económico y social de un país. El rápido crecimiento de la demanda ha hecho que el agua sea cada vez más escasa, tanto en calidad como en cantidad, por

lo cual su cuidadosa administración, conservación y empleo más eficiente, han adquirido cada vez mayor importancia.

Los cultivos pueden expresar su potencial productivo cuando disponen de los factores de producción en la cantidad y oportunidad que los necesitan. Algunos de estos factores no pueden ser controlados por el hombre, dependen de la naturaleza como es el clima y las características naturales del suelo; otros factores productivos pueden ser controlados en mayor o menor grado, como el nivel de nutrientes del suelo, estado sanitario del cultivo, contenido de humedad del suelo, etc.

El agua que requieren los cultivos es aportada en forma natural por las precipitaciones, pero cuando ésta es escasa o su distribución no coincide con los períodos de máxima demanda de las plantas, es necesario aportar artificialmente.

En general, el clima del altiplano se caracteriza por una concentración de la pluviometría en los meses de invierno (enero a marzo), produciéndose diversos grados de déficit hídrico en la temporada de primavera-verano, período que coincide con el de mayor crecimiento de los cultivos, y por lo tanto, los meses de mayor demanda de agua. Bajo estas circunstancias un conocimiento de las diversas tecnologías de riego cobra importancia, más aún si se desea hacer un uso eficiente de este recurso que normalmente es escaso.

La disponibilidad de agua de riego posibilita aumentar e intensificar el sistema productivo, ya que permite disponer de nuevas alternativas productivas, como también obtener un aumento de los rendimientos de los cultivos que se pueden explotar en una agricultura de secano. Sin lugar a dudas que para aprovechar las ventajas de la agricultura de riego es necesario conocer las técnicas que permitan optimizar el manejo del agua.

En tal sentido, el objetivo primario y esencial de la agricultura es producir alimentos y cultivos para los individuos que trabajan en el campo, como también para la sociedad. Para ello, dispone de cuatro elementos: la tierra, el

trabajo, la energía del sol y ocasionalmente el agua, cualquiera de éstos que falte aún en parte, repercutiría en la producción agrícola que no logrará la óptima que se espera.

Para usar en forma eficiente el agua de riego, es necesario preocuparse de disminuir las pérdidas por conducción, aumentar la eficiencia a nivel predial y aplicar agua de acuerdo a los períodos fenológicos de los cultivos. Aunque tomar estas medidas es importante en cualquier circunstancia, en períodos de restricción hídrica es ineludible.

Entonces surge una gran interrogante: ¿Cuándo regar? Pregunta frecuente que se hace el agricultor, que no es más que determinar la frecuencia de riego, parámetro que está ligada a variables meteorológicas, constantes hídricas del suelo y de la planta que nos conducirán a determinar la frecuencia de riego en diferentes fases del cultivo.

En tal sentido, para los efectos del planeamiento físico de la infraestructura de riego, es indispensable cuantificar la magnitud del recurso hídrico que se requiere como dotación para el sistema de riego.

La determinación de la cantidad de agua por hectárea que demanda el proyecto y teniendo en cuenta el diagnóstico y estudio agrológico, se ha determinado el requerimiento bruto de agua de pastos cultivados en desarrollo, dependiendo este valor de los siguientes factores: Coeficiente de cultivo (K_c), área porcentual, precipitación efectiva al 75% de persistencia y la eficiencia del sistema de riego. Cuya metodología empleada se desarrolla a continuación.

3.3.5.1. Evapotranspiración del Cultivo de referencia (ET)

Este capítulo explica los conceptos y las diferencias entre evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c) y la evapotranspiración del cultivo bajo varias condiciones de manejo y ambientales ($ET_{c aj}$). También examina los factores

que afectan la evapotranspiración, las unidades en las cuales se expresa normalmente y la manera en la cual puede ser determinada.

3.3.5.2. Procesos de Evaporación

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

Para cambiar el estado de las moléculas de agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante. A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmósfera o en otras palabras no se retira de alrededor de la hoja. El reemplazo del aire saturado por un aire más seco depende gradualmente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación.

Cuando la superficie evaporante es la superficie del suelo, el grado de cobertura del suelo por parte del cultivo y la cantidad de agua disponible en la superficie evaporante son otros factores que afectan el proceso de la evaporación. Lluvias frecuentes, el riego y el ascenso capilar en un suelo con manto freático poco profundo, mantiene mojada la superficie del suelo. En

zonas en las que el suelo es capaz de proveer agua con velocidad suficiente para satisfacer la demanda de la evaporación del suelo, este proceso está determinado solamente por las condiciones meteorológicas. Sin embargo, en casos en que el intervalo entre la lluvia y el riego es grande y la capacidad del suelo de conducir la humedad cerca de la superficie es reducida, el contenido en agua en los horizontes superiores disminuye y la superficie del suelo se seca. Bajo estas circunstancias, la disponibilidad limitada del agua ejerce un control sobre la evaporación del suelo. En ausencia de cualquier fuente de reabastecimiento de agua a la superficie del suelo, la evaporación disminuye rápidamente y puede cesar casi totalmente en un corto lapso de tiempo.

Figura N° 07 Representación esquemática de una estoma

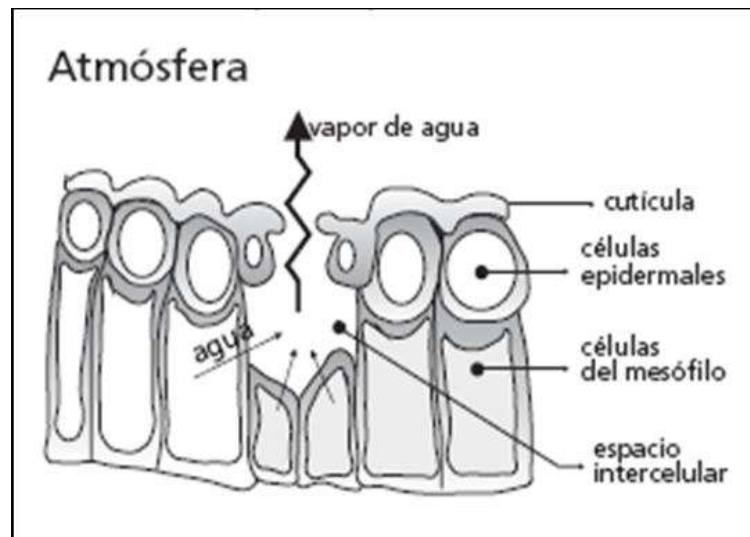
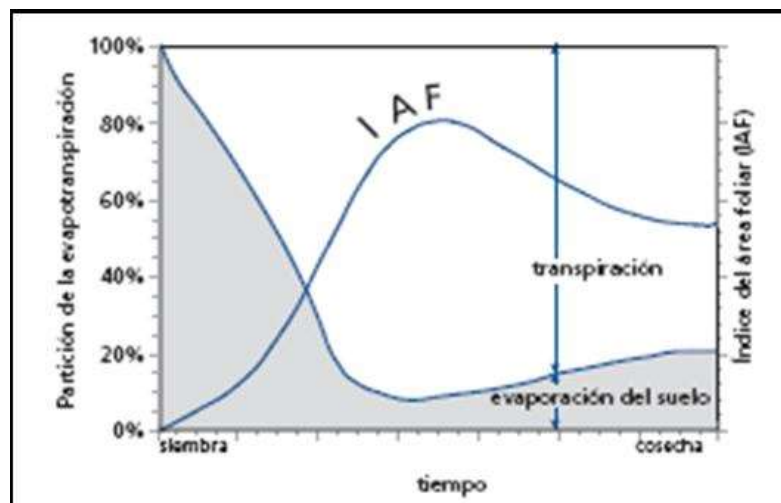


Figura N°08 Repartición de la evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual



Transpiración

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales.

La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo. Diversas clases de plantas pueden tener diversas tasas de transpiración. Por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración.

Evapotranspiración (ET_o)

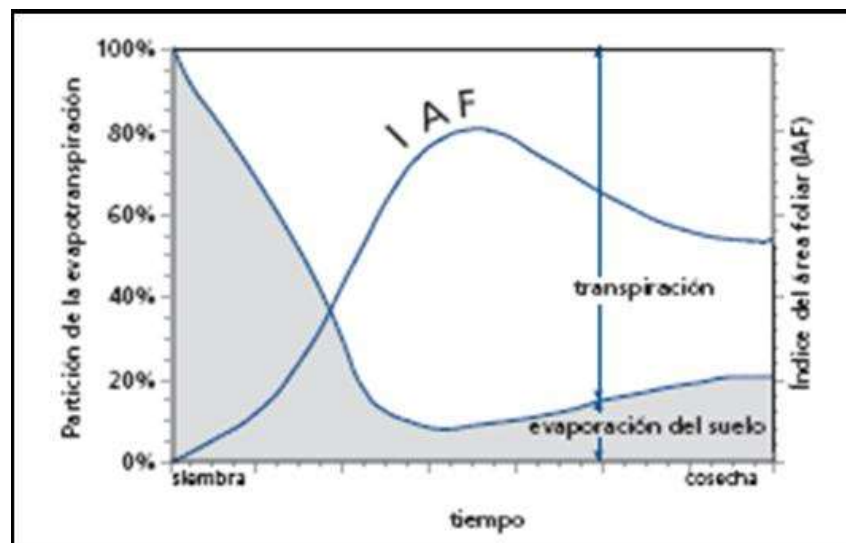
La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo. Esta fracción disminuye a lo largo del

ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal. En la Figura se presenta la evapotranspiración dividida en sus dos componentes (evaporación y transpiración) en relación con el área foliar por unidad de superficie de suelo debajo de él. En el momento de la siembra, casi el 100 % de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90 % de la ET ocurre como transpiración.

3.3.5.3. Unidades de la ETo

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días mes o incluso un completo período de cultivo o un año.

Figura N° 09 Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos de ETo



3.3.5.4. Factores que afectan la Evapotranspiración

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración. Los conceptos relacionados a la ET y presentados en la Figura se describen en la sección sobre conceptos de evapotranspiración.

Variables Climáticas

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada estándar. La ET_o

Factores de Cultivo

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos, aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas.

Manejo y Condiciones Ambientales

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido del agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el suelo sobre la ET está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo, por otra parte, demasiada agua en el suelo dará lugar a la saturación de este lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración.

Cuando se evalúa la tasa de ET, se debe considerar adicionalmente la gama de prácticas locales de manejo que actúan sobre los factores climáticos y de cultivo afectando el proceso de ET. Las prácticas del cultivo y del método de riego pueden alterar el microclima, afectar las características del cultivo o afectar la capacidad reabsorción de agua del suelo y la superficie de cultivo. Una barrera rompevientos reduce la velocidad del viento y disminuye la tasa de ET de la zona situada directamente después de la barrera. El efecto puede ser significativo especialmente en condiciones ventosas, calientes y secas, aunque la evapotranspiración de los mismos árboles podría compensar cualquier reducción en el campo. La evaporación del suelo de un huerto con árboles jóvenes, en donde los árboles están ampliamente espaciados, puede ser reducida usando un sistema de riego por goteo bien diseñado. Los goteros aplican el agua directamente al suelo cerca de los árboles, de modo en que dejan la mayor parte de la superficie del suelo cerca, limitando las pérdidas por evaporación. El uso de coberturas, especialmente cuando el cultivo es pequeño, es otra manera de reducir substancialmente la evaporación del suelo. Los anti-transpirantes, tales como estimulantes del cierre de las estomas, o los materiales que favorecen el reflejo del suelo, reducen las pérdidas de agua del cultivo y por lo tanto la tasa de transpiración. Cuando las condiciones de campo difieran de la condiciones estándar, son necesarios

factores de corrección para ajustar ET_c ($ET_c aj$). Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo.

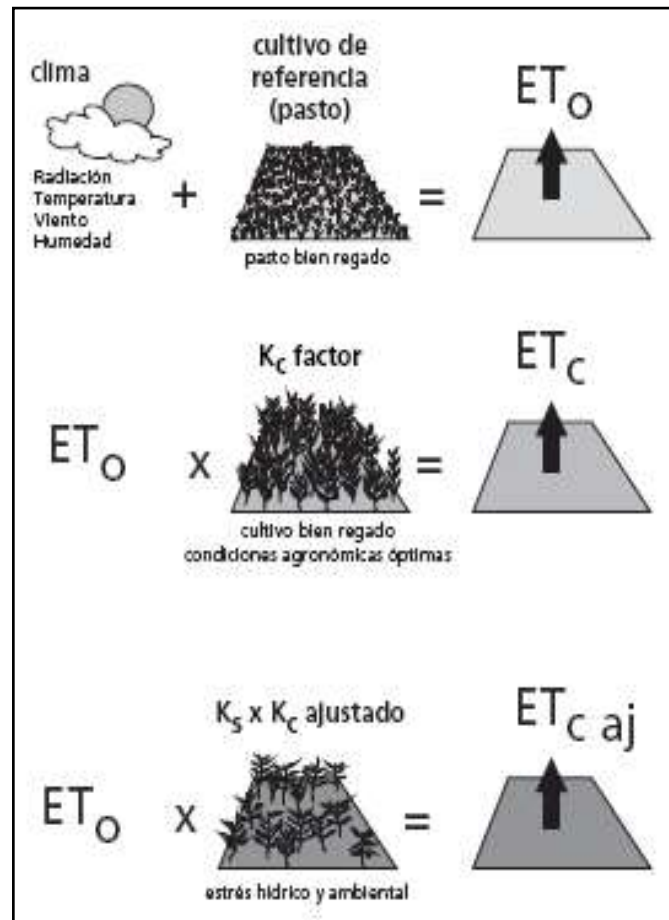
3.3.5.5. Conceptos de Evapotranspiración

El concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ($ET_c aj$) ET_o es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. ET_c se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. ET_c requiere generalmente una corrección, cuando no existe un manejo óptimo y se presentan limitantes ambientales que afectan el crecimiento del cultivo y que restringen la evapotranspiración, es decir, bajo condiciones no estándar de cultivo.

Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o . La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición.

Figura N° 10 Evaporación del cultivo de referencia ET_0 , bajo condiciones estándar ET_c y Bajo condiciones no estándar $ET_c aj$



El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. Debido a que hay una abundante disponibilidad de agua en la superficie de evapotranspiración de referencia, los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre ET. El relacionar la ET a una superficie específica permite contar con una referencia a la cual se puede relacionar la ET de otras superficies. Además, se elimina la necesidad de definir un nivel de ET para cada cultivo y periodo de crecimiento. Se pueden comparar valores medidos o estimados de ET_0 en diferentes localidades o en diferentes épocas del año, debido a que se hace referencia a ET bajo la misma superficie de referencia.

Los únicos factores que afectan ET_0 son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ET_0 es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir

de datos meteorológicos. ETo expresa el poder evaporante de la atmósfera de una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de ETo con parámetros climáticos. Este método ha sido seleccionado debido a que aproxima de una manera cercana la ETo de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos. Además, se han desarrollado procedimientos para la estimación de los parámetros climáticos faltantes.

3.3.5.6. Determinación de la evapotranspiración

Medición de ET

La evapotranspiración no es simple de medir. Para determinarla experimentalmente se requieren aparatos específicos y mediciones precisas de varios parámetros físicos o el balance del agua del suelo en lisímetros. Los métodos experimentales de campo, son en general caros, exigiendo precisión en las mediciones, y pueden ser completamente realizados y analizados apropiadamente sólo por personal de investigación suficientemente preparado. A pesar de que estos procedimientos no son apropiados para mediciones de rutina, siguen siendo importantes para la evaluación de las estimaciones de ET obtenidas con otros métodos indirectos.

Método de Balance de Energía y Micro climáticas

La evaporación de agua requiere cantidades relativamente altas de energía, ya sea en la forma de calor sensible o de energía radiante. Por ello, el proceso de evapotranspiración es controlado por el intercambio de energía en la superficie de la vegetación y es limitado por la cantidad de energía disponible. Debido a esta limitación, es posible predecir la evapotranspiración aplicando el principio de conservación de energía. La energía que llega a la superficie debe ser igual a la energía que sale de la superficie en el mismo periodo de tiempo.

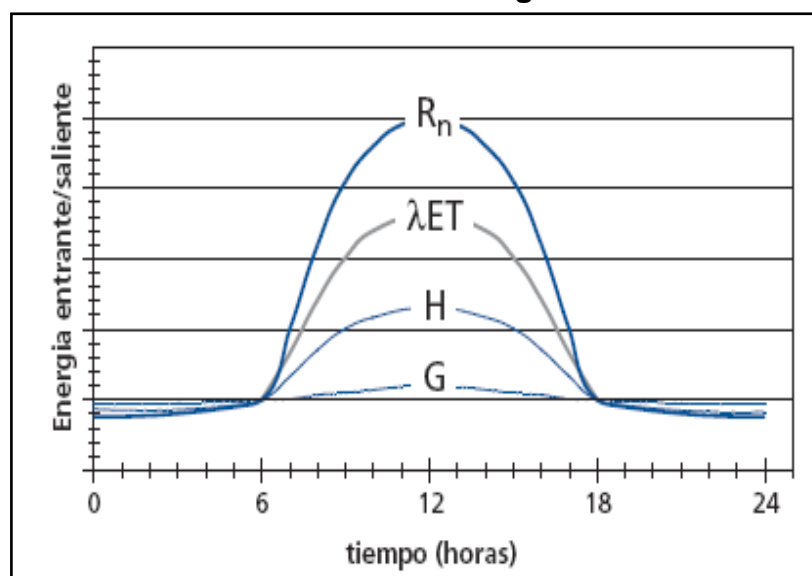
Todos los flujos de energía deben ser considerados cuando se deriva una ecuación de balance de energía. La ecuación para una superficie de evaporación se puede escribir como:

$$R_n - G - \lambda ET - H = 0 \quad \text{Ecuación 8-1}$$

Donde R_n es la radiación neta, H es el calor sensible, G es el flujo de calor del suelo, λET es el flujo de calor latente. Los distintos términos pueden ser positivos o negativos. Cuando R_n es positivo, proporciona energía a la superficie y cuando G , λET y H son positivos retiran energía de la superficie.

En la ecuación 1, solamente se consideran flujos verticales y se ignora la tasa neta de la energía que se transfiere horizontalmente por advección. Por lo tanto la ecuación se aplica solamente a superficies grandes y extensas de vegetación homogénea. La ecuación está restringida a cuatro componentes: R_n , λET , H y G . No se consideran otros términos de energía, tal como el calor almacenado y liberado de la planta, o la energía utilizada en actividades metabólicas. Estos términos solo utilizan una pequeña fracción de la radiación solar diaria y pueden ser considerados despreciables cuando se comparan con los otros cuatro componentes.

Figura N° 11 representación esquemática de la variación diurna de los componentes del balance de energía sobre una superficie transpirante con suficiente cantidad de agua en un día soleado



El flujo de calor latente (λET) representa la fracción de la evapotranspiración que puede ser derivada de la ecuación del balance de energía si todos los otros componentes son conocidos. La radiación neta (R_n) y el flujo de calor del suelo (G) pueden ser medidos o estimados en función de parámetros climáticos. Por el contrario la medición del calor sensible (H) es compleja y sus valores no pueden obtenerse fácilmente. La determinación de H incluye mediciones precisas de los gradientes de temperatura por encima de la superficie.

Otro método para estimar la evapotranspiración es el método de transferencia de masa. Este enfoque considera los movimientos verticales de pequeñas cantidades de aire (remolinos) por encima de una amplia superficie homogénea. Los remolinos transportan la materia (vapor de agua) y la energía (calor, momentum) desde y hacia la superficie de evapotranspiración. Asumiendo condiciones de equilibrio y que los coeficientes de transferencia de los remolinos para el vapor de agua son proporcionales a aquellos para el calor y el momentum, la evapotranspiración puede ser calculada a partir de los gradientes verticales de la temperatura del aire y vapor de agua usando la relación de Bowen. Otros métodos de observaciones directas, utilizan gradientes de velocidad del viento y de vapor de agua. Estos métodos y otros como el de la covarianza de remolinos, requieren medidas precisas de la presión de vapor, y de la temperatura del aire o velocidad del viento a diferentes niveles sobre la superficie. Por lo tanto su aplicación se restringe principalmente, a situaciones de investigación.

Balance de Agua en el Suelo

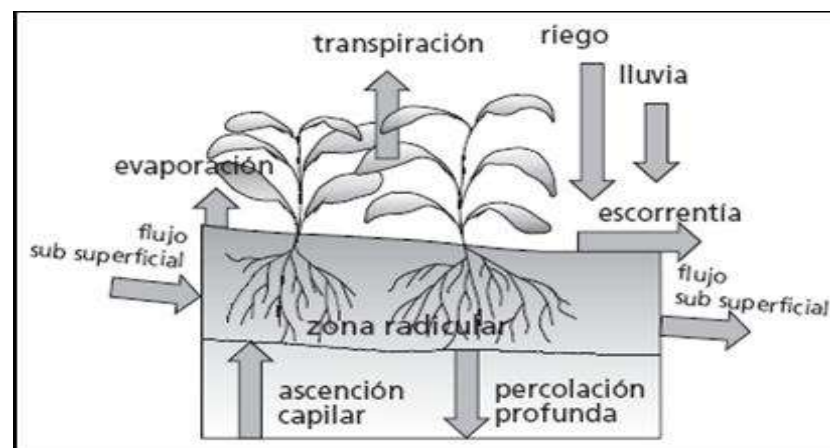
La evapotranspiración también puede determinarse midiendo varios componentes del balance de agua en el suelo. El método consiste en evaluar los flujos de agua que entran y salen de la zona radicular del cultivo dentro de un determinado periodo de tiempo. El riego (R) y la precipitación (P) proporcionan agua a la zona radicular. Parte de R y P pueden perderse por escurrimiento superficial (ES), y percolación profunda (D) la cual eventualmente recargará la capa freática. El agua también puede ser

transportada hacia la superficie mediante capilaridad (C) desde la capa freática sub-superficial hacia la zona de raíces o ser incluso transferida horizontalmente por flujo sub-superficial hacia dentro (FSin) o fuera (FSout) de la zona radicular (ΔFS) sin embargo, excepto bajo condiciones de pendientes pronunciadas, normalmente los valores de FSin y FSout son mínimos y pueden no ser considerados. La evaporación del suelo y la transpiración del cultivo pueden agotar el agua de la zona radicular. Si todos los otros flujos aparte de la evapotranspiración (ET) pueden ser evaluados, la evapotranspiración se puede deducir a partir del cambio en el contenido de agua en el suelo (ΔSW) a lo largo de un periodo de tiempo.

$$ET = R + P - ES - D + C \pm \Delta FS \pm \Delta SW$$

Ecuación 8-2

Figura N° 12 Balance de agua en el suelo de la zona radicular



Algunos flujos como el flujo sub-superficial, la percolación profunda y la capilaridad desde la capa freática son difíciles de medir y pueden no considerarse en periodos cortos de tiempo. El método del balance de agua en el suelo generalmente solo puede dar estimaciones de ET para periodos largos de tiempo del orden de una semana o diez días.

Lisímetros

Si se aísla la zona radicular del cultivo y se controlan los procesos que son difíciles de medir, los diversos términos en la ecuación del balance de agua en el suelo se pueden determinar con apreciable exactitud. Esto se hace en

lisímetros que son tanques aislados llenados con suelos disturbado o no disturbado en los que el cultivo crece y se desarrolla. En lisímetros de pesaje de precisión, la evapotranspiración se puede obtener con una exactitud de centésimos de milímetro, donde la pérdida de agua es medida directamente por el cambio de masa y periodos pequeños tales como una hora pueden ser considerados. En lisímetros de drenaje, la evapotranspiración es medida por un periodo dado, restando la cantidad de agua de drenaje, recogida en el fondo de los lisímetros, de la cantidad total de agua ingresada.

Un requerimiento de los lisímetros es que la vegetación dentro e inmediatamente fuera del lisímetro sea idéntica (la misma altura e índice de área foliar). Este requisito no se ha respetado normalmente en muchos estudios de lisimetría y ha dado lugar a datos seriamente desviados y poco representativos de ET, y Kc.

Como los lisímetros son difíciles de manejar y caros de construir y además su operación y mantenimiento requiere de especial cuidado, su uso se restringe normalmente a trabajos investigativos.

ET Calculada con Datos meteorológicos

Debido a la dificultad de obtener mediciones de campo precisas, ET se calcula comúnmente con datos meteorológicos. Una gran cantidad de ecuaciones empíricas o semi-empíricas se han desarrollado para determinar la evapotranspiración del cultivo o de referencia utilizando datos meteorológicos. Algunos de los métodos son solamente válidos para condiciones climáticas y agronómicas específicas y no se pueden aplicar bajo condiciones diferentes de las que fueron desarrolladas, originalmente.

Numerosos investigadores han realizado funcionamiento de los varios métodos del cálculo para diversas localidades. Como resultado de una Consulta de expertos llevada a cabo en mayo de 1990, el método FAO Penman-Monteith se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia, ETo. La ET del cultivo bajo condiciones estándar se determina utilizando los coeficientes de cultivo (Kc)

que relacionan la ETc con la ETo . La ET de superficies cultivadas bajo condiciones no estándar se ajusta mediante un coeficiente de estrés hídrico (Ks) o modificando el coeficiente de cultivo.

ET Estimada con el tanque de evaporación

La evaporación de una superficie libre de agua, proporciona un índice del efecto integrado de la radiación, la temperatura del aire, la humedad del aire y del viento en la evapotranspiración. Sin embargo, diferencias entre la superficie de agua y las superficies cultivadas producen diferencias significativas entre la pérdida de agua de una superficie libre de agua y una superficie cultivada. El tanque ha probado su valor práctico y ha sido utilizado con éxito para estimar la evapotranspiración de referencia observando la pérdida por evaporación de una superficie de agua y aplicando coeficientes empíricos para relacionar la evaporación del tanque con ETo.

3.3.5.7. Método de Penman Modificado.

El método de Penman es un método indirecto para el cómputo de la evapotranspiración potencial. Es el método que mejores resultados ha dado en diversos regiones del mundo. Este método requiere de información de, temperatura, humedad atmosférica, el viento y las horas de fuerte Insolación o la radiación. La fórmula para el cálculo de la ETP tiene dos términos bien definidos: la primera referida a la energía donde interviene la Radiación, y el segundo es el término aerodinámico donde los componentes Viento y Humedad tienen una participación directa.

$$ETP=c [WxRn + (1-w)xf(u)x(e_a-e_b)] \quad \text{Ecuación 8-3}$$

Término	Término
Radiación	Aerodinámico

Donde:

ETP = Evapotranspiración del Cultivo de referencia (mm/día).

W = Factor del efecto de la Radiación sobre el ETP a diferentes temperaturas y altitudes.

R_n = Radiación Neta traducida en Evapotranspiración de agua en mm/día.

$f(u)$ = Función relativa al Viento.

$e_a - e_b$ = Diferencia entre la Presión de Vapor de Saturación y Presión de Vapor Real (milibares).

c = Factor de ajuste o de corrección.

Según J. Doorembos y W.O. Pruitt(1976), la modificación realizada al método original de Penman (948), está referida a la revisión del componente Aerodinámico de la fórmula y una corrección adicional para las condiciones meteorológicas diurnas y nocturnas no representativas de los climas en los que se haya determinado la función del viento.

Definición de Términos y Cálculo Numérico

3.3.5.8. Presión de Vapor ($e_a - e_d$).

La ETP está en función de la humedad del aire. Este método toma los valores de la humedad expresados en términos de Déficit de la Presión de saturación del vapor ($e_a - e_d$); que viene a ser la diferencia existente entre la presión saturante media del vapor de agua (e_a) y la presión real media del vapor de agua (e_d). Las unidades en las que están expresadas son los milibares (mbar). Los valores de “ e_a ” se encuentran en la Tabla.

Tabla N°30 Presión saturante de vapor (e_a) en mbar en función a la temperatura media del aire en °C.

T °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ea	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.4	10	10.7	11.5	12.3
T °C	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ea	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0	23.4	24.9
T °C	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Ea	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6
T °C	33	34	35	36	37	38	39				
Ea	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9				

Fuente: Necesidades de agua de los cultivos de Doorembos y Pruitt (FAO-1976)

3.3.5.9. Calendario de Siembra y Cosecha

Según el diagnóstico en el área del proyecto, nos muestra la existencia de una población pecuaria numerosa y variada con un tipo de explotación establecida sobre pastos naturales y cultivados irracionalmente explotados y dadas las características climáticas y de altura sobre el nivel del mar que se encuentra el proyecto de mejoramiento de riego; se ha llegado a la conclusión de establecer la instalación de pastos cultivados a la explotación pecuaria, y productos de pan llevar en una mínima proporción.

El proyecto de riego de la irrigación Cantería, cuenta actualmente con áreas de riego como pastos cultivados y productos de pan llevar que viene a ser áreas a mejorar con el sistema de riego como se muestra en el Cuadros 8.3, y áreas de riego a incorporar como se muestra y se tiene el calendario de siembra y cosecha de la Irrigación

Tabla Nº 31 Calendario Agrícola para Hectáreas Mejoradas.

Cultivo	Area (Has)	%	Meses												
			Ma y	Ju n	Ju l	Ag o	Se p	Oc t	No v	Di c	En e	Fe b	Ma r	Ab r	
Papa dulce	82.17	6.60													
Quinoa	95.52	7.67													
Kañihua	35.82	2.88													
Haba	2.91	0.23													
Alfalfa más Dactylis	448.34	36.01													
Trebol blanco más Rye gras	7.97	0.64													
Avena Forrajera	519.01	41.68													
Cebada Forrajera	53.37	4.29													
TOTAL =	1,245.11	100.00													

Fuente Propia: Demanda de Agua

Tabla Nº 32 Calendario Agrícola para Hectáreas a Incorporar.

Cultivo	Area (Has)	%	Meses												
			May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
Alfalfa más Dactylis	1,773.50	63.67													

Trebol blanco más Rye gras	271.24	9.74																		
Avena Forrajera	740.78	26.59																		
TOTAL =	2,785.52	100.00																		

Fuente Propia: Demanda de Agua

Tabla Nº 33 Calendario Agrícola Irrigación

Cultivo	Area (Has)	%	Meses																	
			Ma y	Ju n	Ju l	Ag o	Se p	Oc t	No v	Di c	En e	Fe b	Ma r	Ab r						
Papa dulce	82.17	2.04																		
Quinoa	95.52	2.37																		
Kañihua	35.82	0.89																		
Haba	2.91	0.07																		
Alfalfa más Dactylis	2221.84	55.12																		
Trebol blanco más Rye gras	279.21	6.93																		
Avena Forrajera	1259.79	31.26																		
Cebada Forrajera	53.37	1.32																		
TOTAL =	4,030.63	100.00																		

Fuente Propia: Demanda de Agua

3.3.5.10. Coeficiente de Cultivo

Para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua, se presenta unos coeficientes de cultivo (K_c), con objeto de relacionar la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzcan rendimientos óptimos.

Los valores apropiados de K_c en los que se tienen en cuenta las características de cultivo, el momento de siembra, fases de desarrollo vegetativo y las condiciones climáticas se aprecian.

En ellas se distinguen las siguientes etapas:

3.3.5.11. Etapa de germinación

Abarca la germinación, nascencia y estados iniciales del cultivo, cuando el porcentaje de cobertura es pequeño. Es esta fase se denomina la evaporación frente a la transpiración. Su duración en siembra se plantea a partir de los

meses de septiembre hasta Enero; y la germinación propiamente dicha oscila entre 18 a 21 días en su primera fase de crecimiento.

3.3.5.12. Etapa de crecimiento vegetativo

Transcurre desde la fase anterior hasta que aparezca la cuarta, quinta hasta la sexta o séptima hoja trifoliar, así como, el alargamiento de las yemas de la corona que le dan una apariencia de roseta. Este estado es el punto inicial después de cada corte, dura aproximadamente hasta 60 días.

3.3.5.13. Fase intermedia

Se caracteriza por la elongación de los tallos. El alargamiento de los entrenudos de los tallos que es muy rápido, y la producción de materia seca es grande, duro aproximadamente 120 días.

3.3.5.14. Fase final o de madurez

Presencia de botones florales o aparición de las yemas florales que coinciden con la aparición de los órganos reproductores, inicio de floración 150 días.

Tabla N° 34 Coeficientes de cultivo (Kc) ponderado Hectáreas Mejoradas.

Cultivo	Area (Has)	Coeficiente de Cultivo Kc.											
		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Papa dulce	82.17							0.53	0.57	0.87	1.10	1.10	0.92
Quinua	95.52						0.57	0.90	1.10	1.10	1.07	0.52	
Kañihua	35.82					0.57	0.90	1.10	1.10	1.07	0.52		
Haba	2.91						0.57	0.90	1.10	1.10	1.07	0.52	
Alfalfa más Dactylis	448.34	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Trebol blanco más Rye gras	7.97	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Avena Forrajera	519.01						0.42	0.63	0.86	1.08	1.10	1.00	
Cebada Forrajera	53.37						0.42	0.63	0.86	1.08	1.10	1.00	
Total Area	1245.11	456.3 1	456.3 1	456.3 1	456.3 1	492.1 3	1162.9 4	1245.1 1	1245.1 1	1245.1 1	1245.1 1	1209.2 9	538.4 8
Kc Ponderado		1.05	1.05	1.05	1.05	0.97	0.67	0.75	0.87	0.97	0.98	0.91	0.89

Fuente Propia: Demanda de Agua

Tabla Nº 35 Coeficientes de cultivo (Kc) ponderado Hectáreas Mejoradas.

Cultivo	Area (Has)	Coeficiente de Cultivo Kc.											
		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Alfalfa más Dactylis	1773.50	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Trebol blanco más Rye gras	271.24	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Avena Forrajera	740.78						0.42	0.63	0.86	1.08	1.10	1.00	
Total Area	2785.52	2044.74	2044.74	2044.74	2044.74	2044.74	2785.52	2785.52	2785.52	2785.52	2785.52	2785.52	2044.74
Kc Ponderado		1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	0.89	0.94	1.00	1.06	1.07	1.04	1.06

Fuente Propia: Demanda de Agua

Tabla Nº 36 Coeficientes de cultivo (Kc) ponderado Irrigación Cantería.

Cultivo	Area (Has)	Coeficiente de Cultivo Kc.											
		Ma y	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Papa dulce	82.17							0.53	0.57	0.87	1.10	1.10	0.92
Quinoa	95.52						0.57	0.90	1.10	1.10	1.07	0.52	
Kañihua	35.82					0.57	0.90	1.10	1.10	1.07	0.52		
Haba	2.91						0.57	0.90	1.10	1.10	1.07	0.52	
Alfalfa más Dactylis	2221.84	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Trebol blanco más Rye gras	279.21	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Avena Forrajera	1259.79						0.42	0.63	0.86	1.08	1.10	1.00	
Cebada Forrajera	53.37						0.42	0.63	0.86	1.08	1.10	1.00	
Total Area	4030.63	2501.5	2501.05	2501.05	2501.05	2536.87	3948.46	4030.63	4030.63	4030.63	4030.63	3994.81	2583.22
Kc Ponderado		1.06	1.06	1.06	1.06	1.04	0.82	0.89	0.97	1.05	1.06	1.03	1.05

Fuente Propia: Demanda de Agua

3.3.5.15. Cédula de cultivos

Del resultado de de análisis Socioeconómico la cedulas de cultivo se simplifican en dos tipos de; una para la zona pampa y otra para las laderas bajas, estos cultivos se consideran que estarán bajo riego por el sistema Integral Lagunillas. Los cultivos se presentan su área total irrigable por cultivo y por meses, conformada en su mayor parte están por pastos avena forrajera, alfalfa y el resto de cultivos son para autoconsumo.

En la Irrigacion se espera un desarrollo en la agricultura y por ende en la ganadería, por lo cual se propone una cedula de cultivo para hectáreas mejoradas como se muestra en la tabla, hectáreas a incorporar

Tabla N° 37 Cedula de Cultivo para Hectáreas Mejoradas.

Cultivo	Area (Has)	%	Meses												
			May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
Papa dulce	82.17	6.60								82.17	82.17	82.17	82.17	82.17	82.17
Quinoa	95.52	7.67							95.52	95.52	95.52	95.52	95.52	95.52	
Kañihua	35.82	2.88						35.82	35.82	35.82	35.82	35.82	35.82		
Haba	2.91	0.23						2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91		
Alfalfa más Dactylis	448.34	36.01	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	448.34	
Trebol blanco más Rye gras	7.97	0.64	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	
Avena Forrajera	519.01	41.68						519.01	519.01	519.01	519.01	519.01	519.01		
Cebada Forrajera	53.37	4.29						53.37	53.37	53.37	53.37	53.37	53.37		
TOTAL	1245.11	100.00	456.31	456.31	456.31	456.31	492.13	1162.94	1245.11	1245.11	1245.11	1245.11	1209.29	538.48	

Fuente Propia: Demanda de Agua

Tabla N° 38 Cedula de Cultivo para Hectáreas a Incorporar.

Cultivo	Area (Has)	%	Meses											
			May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Alfalfa más Dactylis	1773.50	63.67	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50	1773.50
Trebol blanco más Rye gras	271.24	9.74	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24	271.24
Avena Forrajera	740.78	26.59						740.78	740.78	740.78	740.78	740.78	740.78	
TOTAL	2785.52	100.00	2044.74	2044.74	2044.74	2044.74	2044.74	2785.52	2785.52	2785.52	2785.52	2785.52	2785.52	2044.74

Fuente Propia: Demanda de Agua

Tabla N° 39 Cedula de Cultivo.

Cultivo	Area (Has)	%	Meses											
			May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Papa dulce	82.17	2.04							82.17	82.17	82.17	82.17	82.17	82.17
Quinoa	95.52	2.37						95.52	95.52	95.52	95.52	95.52	95.52	
Kañihua	35.82	0.89						35.82	35.82	35.82	35.82	35.82		
Haba	2.91	0.07						2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	
Alfalfa más Dactylis	2221.84	55.12	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84	2221.84
Trebol blanco más Rye gras	279.21	6.93	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21	279.21
Avena Forrajera	1259.79	31.26						1259.79	1259.79	1259.79	1259.79	1259.79	1259.79	
Cebada Forrajera	53.37	1.32						53.37	53.37	53.37	53.37	53.37	53.37	
TOTAL	4030.63	100.00	2501.05	2501.05	2501.05	2501.05	2536.87	3948.46	4030.63	4030.63	4030.63	4030.63	3994.81	2583.22

Fuente Propia: Demanda de Agua

3.3.5.16. Programación de Riego

La programación de riego responde a las cuestiones planteadas en la introducción mediante la determinación de todos los elementos que definen el riego: periodo de riego, volumen o dosis de riego, frecuencia de riego, etc.

La programación de riego que se tomó en cuenta para los pastos cultivados, siguió los siguientes criterios, que son los más utilizados:

1. Maximizar la producción por unidad de superficie regada,
2. Maximizar la producción por unidad de agua aplicada,
3. Maximizar el beneficio de la explotación agrícola,
4. Ahorrar o minimizar las necesidades energéticas.

Existe una gran variedad de métodos de programación, desde el agricultor que riega basándose en su experiencia hasta los métodos más sofisticados que requiere de instrumentación y un alto nivel de preparación técnica. Para efectos del presente se usó el método basado en el estado hídrico de la planta y el balance hídrico.

3.3.5.17. Evapotranspiración del cultivo o real

Denominada también evapotranspiración del cultivo, es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo exento de enfermedades, es por eso que a veces se le denomina Uso Consuntivo; su cálculo se efectúa mediante la relación:

$$ETR = Kc * ETP$$

Ecuación 8-13

Dónde:

ETR : Evapotranspiración Real (mm/mes).

Kc : Coeficiente del cultivo.

3.3.5.18. Precipitación efectiva

Es indispensable conocer la frecuencia y el volumen de las lluvias para poder planificar el riego, la lluvia efectiva es una parte de la lluvia total, que puede perderse debido a la escorrentía superficial, a una percolación profunda por debajo de la rizosfera o a evaporación de la lluvia interceptada por las hojas de la planta.

Se emplea diferentes criterios en diversos países para estimar la lluvia efectiva como porcentaje del total, un criterio aproximado para estimar la precipitación efectiva es el método empírico que sigue el Water Resurser Service U.S.A. (Bureau of Reclamation) que consiste en considerar la distribución de la precipitación efectiva de la siguiente forma que se aprecia en la tabla.

Tabla N°40 Distribución de la precipitación efectiva

Incremento de Lluvia (mm)	Precipitación Efectiva (%)
5	0
20	95
35	90
80	82
105	55
130	45
155	25
>155	5

Fuente: El Riego Principios Básicos. A. Vasquez B.

La precipitación efectiva al 75% de persistencia ha sido estimada a nivel mensual expresada en milímetros, este ha sido procesado a partir de los registros de lluvias de la estación climatológica de Juliaca.

3.3.5.19. Lámina neta de riego (Ln)

La lámina neta de riego para el cultivo de pastos cultivados, se obtiene restando a las láminas de uso consuntivo los aportes de la lluvia efectiva que ocurre en la zona del proyecto.

$$Ln = ETR - PE$$

Ecuación 8-14

Dónde:

L_n : Lámina Neta (mm).

ETR : Evapotranspiración Real (mm/mes).

PE : Precipitación Efectiva.

3.3.5.20. Lámina bruta de riego (L_{br})

La lámina bruta de riego guarda relación directa con la eficiencia de riego (E_r), para la zona del proyecto se ha estimado en un 30%, teniendo en cuenta las eficiencias de conducción, distribución y aplicación a nivel de parcelas.

$$L_r = \frac{L_n}{E_{fr}}$$

Ecuación 8-15

Dónde:

L_{br} : Lámina Real (mm)

L_n : Lámina Neta (mm)

E_{fr} : Eficiencia de Riego (40 %)

3.3.5.21. Módulo de Riego (M_r)

Caudal unitario que se necesita para un proyecto de riego, cuya relación es la siguiente:

$$MR = \frac{86400 * L_r}{d}$$

Ecuación 8-16

Dónde:

MR : Módulo de Riego (l /s/ Hás.)

d : Número de días del mes en estudio (días)

El requerimiento de riego se aprecia en el Cuadro N° 8-12, ha sido calculado para un área de riego bruta de 6106.14 Has, que comprende el módulo de riego, en 0.93 l/s/Ha; que es la demanda máxima que corresponde al mes de noviembre

3.3.5.22. Balance hídrico

En la tabla, se tiene la demanda de agua de la Irrigación donde se tiene un caudal de conducción de 2.5 m³/seg.

Tabla N° 41 Demanda de Agua Hectáreas Mejoradas

Cálculo de demanda de agua

N°	CONCEPTO	UND	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
1	Coefficiente : Kc		1.041	0.823	0.893	0.974	1.051	1.062	1.025	1.051	1.056	1.056	1.056	1.056	
2	Area de Cultivo	Hás	2,537	3,948	4,031	4,031	4,031	4,031	3,995	2,583	2,501	2,501	2,501	2,501	
3	Evapotranspiración Potencial (ETP)	mm/mes	106.20	135.30	126.23	122.76	107.74	95.50	99.70	82.04	80.96	69.80	78.79	95.60	
4	Evapotranspiración Real (ETR =Kc*ETP)	mm/mes	110.52	111.29	112.73	119.53	113.29	101.42	102.20	86.25	85.46	73.68	83.17	100.91	
5	Precipitación Media (Pm)	mm/mes	19.13	45.37	57.54	82.55	132.89	100.84	94.89	41.51	8.82	4.71	1.89	7.67	
6	Precipitación Efectiva (PPef)	mm/mes	3.16	21.64	23.93	49.59	74.83	54.13	58.69	15.72	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	Lámina de Riego Neta (LRN= ETR-Ppef-Ac)	mm/mes	107.37	89.65	88.80	69.94	38.46	47.29	43.51	70.53	85.46	73.68	83.17	100.91	
8	Eficiencia de Riego (Efr)	%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
9	Lámina de Riego Bruta (LRB=LRN/Efr)	mm/mes	268.41	224.12	221.99	174.84	96.15	118.24	108.76	176.32	213.66	184.20	207.93	252.27	
10	Volumen de Agua/Há	M3/Há	2684	2241	2220	1748	962	1182	1088	1763	2137	1842	2079	2523	
11	Días del Mes	Días	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	30.00	31.00	
12	Módulo de Riego (24 horas)	Lt/seg/há	1.04	0.84	0.86	0.65	0.36	0.49	0.41	0.68	0.80	0.71	0.80	0.94	
13	Requerimiento Total Caudal (Q) 24 h	m3/seg	2.65	3.34	3.50	2.68	1.49	1.99	1.62	1.76	2.00	1.78	2.01	2.36	
14	Requerimiento Total Volumen (Vt)	MM3	6.864	8.958	9.072	7.168	3.979	4.810	4.345	4.555	5.344	4.607	5.200	6.309	71.21

Fuente Propia: Demanda de Agua

3.3.6. Calidad de Agua

En los estudios de desarrollo y manejo de cuencas es importante en análisis de la calidad de agua, para conocer el grado de contaminación de este recurso y tomar las medidas del caso para su uso, ya sea por parte de la población, o en la agricultura y ganadería, etc.

La calidad de agua de riego está determinada por la composición y concentración de los diferentes elementos que pueda tener, ya sea en solución o en suspensión. La calidad del agua de riego determina el tipo de cultivo a sembrar y el tipo de manejo que debe dársele al suelo.

3.3.6.1. Efectos de la calidad de agua sobre la agricultura.

El agua utilizada para riego contiene siempre cantidades apreciables de sustancias disueltas que generalmente se denominan sales. Incluyen cantidades relativamente pequeñas pero importantes de sólidos disueltos provenientes de la disolución o erosión de las rocas y el suelo, así como indicios de cal, yeso y otras sales, a consecuencias del paso o filtración del agua por determinados terrenos.

La idoneidad de un tipo de agua para riego vendrá determinada por la calidad y clase de las sales que contengan. Con aguas de mala calidad puede esperarse que se produzcan varias complicaciones referentes al suelo y el cultivo. En estos casos puede que haya que recurrir a prácticas de cultivo especiales, a fin de mantener la plena productividad del cultivo. Con agua de buena calidad, los problemas que afectan a la productividad o son poco frecuentes o simplemente no existen.

Los problemas provenientes de la utilización de agua de mala calidad, variaran en cuanto a clase y grado, pro los más comunes son:

3.3.6.2. Salinidad.

Un problema de la salinidad relacionado con la calidad de agua ocurre cuando la calidad de sales de agua de riego es suficientemente elevada para que la sales se acumule en el sistema de raíces, hasta el punto de que resulten afectados los rendimientos. si en el sistema radicular se acumula excesivamente sales solubles, la planta tendrá dificultad adicional para extraer suficiente agua partiendo de la disolución salina del suelo. Esta reducida absorción de agua por parte de la planta puede dar como resultado un crecimiento reducido o lento, y puede también reconocerse por síntomas similares en apariencia a los de la sequía. Algunas plantas presentan un color verde azulado y exagerados depósitos de cera en las hojas. Estos efectos de la salinidad pueden variar de acuerdo con la fase de desarrollo de la planta, y en ciertos casos pueden pasar inadvertidos debido a una reducción uniforme, en producción o en crecimiento, a través de la totalidad del campo.

3.3.6.3. Permeabilidad.

Un problema de permeabilidad relacionado con la calidad de agua ocurre cuando la velocidad de infiltración en el suelo y a través del mismo se reduce, por el efecto de determinada sale o falta de sales en el agua en grado tal que en cultivo no está adecuadamente provisionado de agua se reduce.

La mala permeabilidad del suelo hace más difícil proveer de agua a los cultivos y pueden grandemente aumentar las dificultades que la plantación experimente por la formación de costras, la saturación hídrica de la superficie del suelo, y los consiguientes problemas de enfermedades, salinidad y mala hierba, así como los relacionados con el oxígeno y la nutrición. En primer lugar se evalúa a partir de la totalidad de sales en el agua ya que le agua con poca sal puede dar como resultado una mala permeabilidad del suelo debido a la enorme capacidad del agua pura para disolver y separar el calcio y otros materiales solubles en el suelo; en segundo lugar, partiendo de una comparación del contenido relativo de sodio, respecto al calcio y magnesio existe en el agua. Además, los carbonatos y bicarbonatos pueden también afectar la permeabilidad del suelo y deben ser evaluados. Durante muchos años se a reconocido la influencia adversa del sodio sobre la permeabilidad del suelo. Pero, en muchos casos, la evaluación de la influencia del sodio, considerada aisladamente, ha demostrado ser un error fundamental, porque a la larga, lo que determina la permeabilidad del suelo es la interacciona de tres factores: (1) contenido de sodio en relación con el calcio y el magnesio. (2) contenido de bicarbonatos y carbonatos. (3) la concentración total de sales que hay en el agua. El análisis simultáneo de estos factores a sido aplicado a los suelos con anterioridad, pero solo recientemente se ha aplicado para estimar el riesgo de la permeabilidad de las aguas de riego a los suelos.

3.3.6.4. Toxicidad.

Surge un problema de toxicidad cuando el cultivo absorbe ciertos componentes que hay en el agua y los acumula en cantidades tales que el rendimiento en producción se reduce, esto corrientemente se relaciona con

uno o más iones específicos contenidos en el agua, como boro, cloruro y sodio.

3.3.6.5. Varios.

Otros varios problemas relacionados con la calidad del agua de riego pueden presentarse con frecuencia suficiente como para que sean concretamente mencionados. Incluyen, excesivo desarrollo vegetativo, tendencia a encamarse y madurez diferida, resultante de excesiva cantidad de nitrógeno en el suministro de agua; depósitos blanquecinos en los frutos o en las hojas, debido al riego por aspersión con agua altamente bicarbonatada, así como sospechosas anomalías indicadoras de un pH desusado en el agua.

Los problemas de calidad de agua y de avenamiento están muy a menudo relacionados entre sí, y se reconoce como requisito esencial para el éxito a largo plazo de la agricultura de regadío de un control adecuado de una potencialmente dañosa capa freática.

3.3.6.6. Evaluación de la calidad de agua para riego según la F.A.O

El paso inicial para determinar la idoneidad de la fuente de agua para riego es comparar la calidad de agua frente a las experiencias documentadas. Esta evaluación puede hacerse problema por problema si se formulan ciertas hipótesis amplias acerca de las condiciones medias de utilización. En esta sección se exponen las directrices para llevar a cabo semejante evaluación preliminar comparativa, en cuanto al potencial de un agua. No obstante, no basta con señalar las limitaciones de una cierta fuente de agua, sino que habrá que indicar la forma de superar o al menos como convivir con tales limitaciones.

3.3.6.7. Directrices para la interpretación de la calidad de agua para el riego.

En la tabla Figura de las directrices para evaluar la calidad de agua para riego, siguiendo el enfoque dado al problema se limita a los diversos aspectos de la

calidad de agua de riego que normalmente se encuentran y que materialmente afectan a la producción de los cultivos. Se hace hincapié en la dominante influencia que a la larga tiene la calidad de agua en el sistema suelo - agua – planta, en tanto y cuanto afecta a la producción del cultivo y al manejo de los suelos y del agua. Se consideran las cuatro áreas problemáticas más corrientes.

Estas directrices son prácticas y utilizables en general en la agricultura de regadío para la evaluación de los componentes más comunes de las aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas de drenaje (avenamiento) y vertidos de alcantarillas. Sin embargo, no se han previsto para evaluar componentes inusitados o especiales, que a veces se encuentran en las aguas en las aguas residuales, tales como plaguicidas y metales oligoconstituyentes.

Para utilizar las Directrices es preciso efectuar ciertas determinaciones de laboratorio, así como algunos cálculos. Las determinaciones de laboratorio que se precisan, junto con la descripción de los símbolos empleados en la Directrices, La relación de absorción de sodio ajustada (RAS aj. O adj. SAR) deberá también calcularse a partir de determinaciones de laboratorio. El procedimiento de cálculo. Es también muy importante obtener muestras representativas de agua a fin de garantizar la aplicación práctica de las determinaciones llevadas a cabo.

Tabla N°42 Directrices para interpretar la calidad del agua para riego

TIPO DE PROBLEMA	GUIA DE CALIDAD DEL AGUA			
	Unidades	No hay Problema	Problema creciente	Problema grave
SALINIDAD - (afecta a la disponibilidad de agua para la planta) ECw	mmhos/cm	< 0.7	<0.7- 3.0	>3.0
PREMEABILIDAD - (afecta a la tasa de infiltración del suelo) ECw Adj.SAR(1)	mmhos/cm	< 0.5	0.5 - 0.2	< 0.2

Montmorillonita - Smectita		< 6	6 – 9 ⁽²⁾	> 9
Illita – Vermiculita		< 8	8 – 16 ⁽²⁾	> 9
Kaolinita – Sesquioxidos		< 16	16 – 24 ⁽²⁾	>24
TOXICIDAD IONICA ESPECIFICA. – (afecta a cultivos sensibles)				
Sodio (Na)				
Riego superficial	Adj. SAR	< 3	3 - 9.	> 9
Riego por aspersión	meq/l	< 3	>3	
Cloruro (Cl)				
Riego superficial	meq/l	< 4	0.7 - 2.0	>10
Riepo por aspersión	meq/l	< 3	>3	
Boro (B)				
Riego superficial	mg/l	< 0.7	0.7 – 2.0	> 2.0
EFFECTOS DIVERSOS.- (afecta a cultivos Susceptibles)				
		mg/l	< 5	May-30
Nitrogeno	$NO_3 - N \text{ o } NH_4 - N$			>30
Bicarbonato	(CO_3H)	mg/l	< 1.5	1.5 – 8.5
pH			(Gama normal: 6.5 - 8.4)	

- (1) para los procedimientos de cálculo ver el cuadro N° - 3. los valores representantes se refieren al tipo dominante de mineral arcilloso en el suelo.
- (2) Utilícese la gama inferior si $EC_w < 0.4 \text{ mmhos/cm.}$; la gama intermedia si $0.4 < EC_w < 1.6 \text{ mmhos/cm.}$; el límite superior si $EC_w > 1.6 \text{ mmhos/cm.}$
- (3) La mayoría de las plantaciones arbóreas y plantas leñosas ornamentales son sensibles al sodio y al cloruro (usar valores indicados). La mayoría de los cultivos anuales no son sensibles.
- (4) $NO_3 - N$ significa Nitrógeno en forma de NO_3 mientras que $NH_4 - N$ significa nitrógeno en forma de NH_4 . ambos figuran como N en mg/l.

3.3.6.8. Cálculo de la relación de Absorción de Sodio Ajustada.

(RAS aj. O adj.SAR).

La relación de absorción de Sodio ajustada, se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$adj.SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Adj.SAR = SAR x (factor de ajuste)

Donde Na, Ca y Mg esta en meq/l del análisis del agua; y pHc se calcula usando las tablas dadas más abajo, que se refiere a los valores de concentración obtenidos del análisis de agua. Luego, los valores de tabla se sustituyen en la ecuación de pHc:

$$\text{pHc} = (\text{pK}2 - \text{pKc}) + \text{p}(\text{Ca}+\text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk})$$

TABLA PARA CALCULAR EL pHc. (Obtenidos del análisis de agua)

(pK2 – pKc) se obtiene de la suma de Ca + Mag + Na en meq/l.

p(Ca+Mg) se obtiene de la suma de Ca + Mag en meq/l.

p(Alk) se obtiene de la suma de CO3 + CO3 H en meq/l.

Tabla N°43 Valores Para calcular el pHc

Suma de Concentración (meq/l.)	pK ² -Pkc	p(Ca+Mg)	p(Alk)
0.05	2.0	4.6	4.3
0.10	2.0	4.3	4.0
0.15	2.0	4.1	3.8
0.20	2.0	4.0	3.7
0.25	2.0	3.9	3.6
0.30	2.0	3.8	3.5
0.40	2.0	3.7	3.4
0.50	2.1	3.6	3.3
0.75	2.1	3.4	3.1
1.00	2.1	3.3	3.0
1.25	2.1	3.2	2.9
1.5	2.1	3.1	2.8
2.0	2.2	3.0	2.7
2.5	2.2	2.9	2.6
3.0	2.2	2.8	2.5
4.0	2.2	2.7	2.4
5.0	2.2	2.6	2.3
6.0	2.2	2.5	2.2
8.0	2.3	2.4	2.1
10.0	2.3	2.3	2.0
15.0	2.3	2.1	1.8
20.0	2.4	2.0	1.7
30.0	2.4	1.8	1.5
50.0	2.5	1.6	1.3
80.0	2.5	1.4	1.1

3.3.6.9. Evaluación de la calidad de agua para riego según U.S.D.A.

Características que determinan la calidad: Las características más importantes que determinan la calidad del agua para riego son:

- 1) La concentración total de sales solubles.
- 2) La concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes.
- 3) La concentración de boro u otros elementos que puedan ser tóxicos.
- 4) Bajo ciertas condiciones, la concentración de bicarbonato con relación a la concentración de calcio más magnesio.

a) **Conductividad Eléctrica.** - la concentración total de sales solubles en las aguas de riego, para fines de diagnóstico y clasificación, se pueden expresar en términos de conductividad eléctrica, la cual se puede determinar en forma rápida y precisa.

Casi todas las aguas para riego que se ha usado por mucho tiempo tienen una conductividad eléctrica menor de 2,250 micromhos/cm. Ocasionalmente se usan aguas de mayor conductividad, pero las cosechas obtenidas no han sido satisfactorias, excepto en raras ocasiones.

Un suelo es salino cuando la conductividad de su extracto de saturación es mayor de 4 milihos/cm. Ó 4,000 microhos/cm. Se ha encontrado que la conductividad eléctrica del extracto de saturación de un suelo, en ausencia de acumulación de sales provenientes del agua subterránea, es generalmente de 2 a 10 veces mayor que la correspondiente al agua que se ha regado. Este aumento en la concentración de sales es el resultado de la extracción continua de la humedad por la raíz y por la evaporación. Por lo tanto, el uso del agua entre moderada y altamente salina, puede ser la causa de que se desarrollen condiciones de salinidad, aun cuando en drenaje sea satisfactorio. En general, las aguas cuya conductividad eléctrica sea menor de 750 microhos por cm. Son satisfactorias para el riego por lo que respecta a sales, aun cuando los cultivos pueden ser afectados adversamente cuando se usan aguas cuya conductividad varía entre 250 y 750 micrihos/cm.

Las aguas cuya conductividad eléctrica varía entre 750 y 2,250 michohos/cm. Comúnmente utilizadas, obteniéndose con ellas crecimiento adecuado de las plantas, siempre y cuando haya un buen manejo del suelo y drenaje eficiente; sin embargo, las condiciones de salinidad se presentaran si el lavado y el drenaje no son adecuados. El empleo de aguas con conductividad eléctrica

mayor de 2,250 microhos/cm. Es una excepción y rara vez se obtienen buenos resultados. Únicamente los cultivos más tolerantes a las sales se pueden desarrollar bien cuando se riegan con este tipo de aguas y siempre que se aplique aguas en abundancia y el drenaje del subsuelo sea adecuado.

b) **Relación de Absorción de Sodio (RAS o RAR).**- los constituyentes inorgánicos solubles de la aguas de riego reaccionan con los suelos en forma iónica. Los principales cationes son calcio, magnesio y sodio, con pequeñas cantidades de potasio. Los aniones principales son los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros y en menor cantidad, nitratos y fluoruros. El peligro de la sodificación que entraña el uso de un agua de riego, queda determinado por las concentraciones absoluta y relativa de los cationes, si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predomina el calcio y el magnesio, el peligro es menor. La importancia de los constituyentes catiónicos de un agua de riego con relación a las propiedades físicas y químicas del suelo, se reconoció mucho antes de que las reacciones del intercambio catiónico fueran bien comprendidas.

Anteriormente la proporción relativa del sodio con respecto a otros cationes en el agua de riego, se expresaba en términos del porcentaje de sodio soluble. Sin embargo, la relación de absorción de sodio (RAS o SAR) en una solución del suelo, se relaciona con la absorción de sodio y, en consecuencia, esta relación puede usarse como “índice de sodio” o “del peligro de sodificación que tiene dicha agua”. Esta relación es la siguiente.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

En el cual, Na Ca y Mg representan la concentración en meq/l. de los iones respectivos. En la figura N°-1, se presenta un monograma para determinar el valor del SAR en un agua para riego. En este mismo monograma y opuesta a la escala del SAR, se encuentra la escala del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en la cual la relación entre el SAR Y PSI está dada por:

$$PSI = \frac{100(-0.0126 + 0.01475SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475SAR)}$$

Esta ecuación empírica se usó para establecer las relaciones entre las escalas PSI y SAR. Una vez determinada en SAR de un agua para riego usando en monograma, se puede calcular en la escala central el valor del PSI de un suelo que este en equilibrio con el agua para riego. Sin embargo, es de esperarse que esta condición no se presente con frecuencia en el campo, porque la solución del suelo casi siempre posee mayor concentración que el agua para riego.

La concentración de la solución del suelo aumenta a causa de la extracción de agua del suelo por las raíces y a causa de la evaporación. Debido a que la cantidad de sal absorbida por las plantas es relativamente pequeña, la solución remanente en el suelo concentrado que el agua de riego aplicada.

c) **Boro.** - el boro se encuentra en casi todas las aguas naturales y su concentración varía desde trazas hasta varias partes por millón en pequeñísimas concentraciones, es esencial para el desarrollo normal de las plantas. La deficiencia de boro produce síntomas apreciables en muchas especies. Es muy tóxico para ciertas especies y la concentración que afecta a esta es casi la misma que necesitan para un desarrollo normal muchas de las plantas tolerantes. Así, por ejemplo, los limoneros muestran daños definidos y a veces económicamente importantes, cuando se riega con agua que contenga 1 ppm de boro, en tanto que la alfalfa logra su desarrollo máximo si el agua de riego posee de 1 a 2 ppm de boro. Las concentraciones tóxicas de boro que se encuentran en algunas aguas de riego obligan a tener presente a este elemento para establecer su calidad.

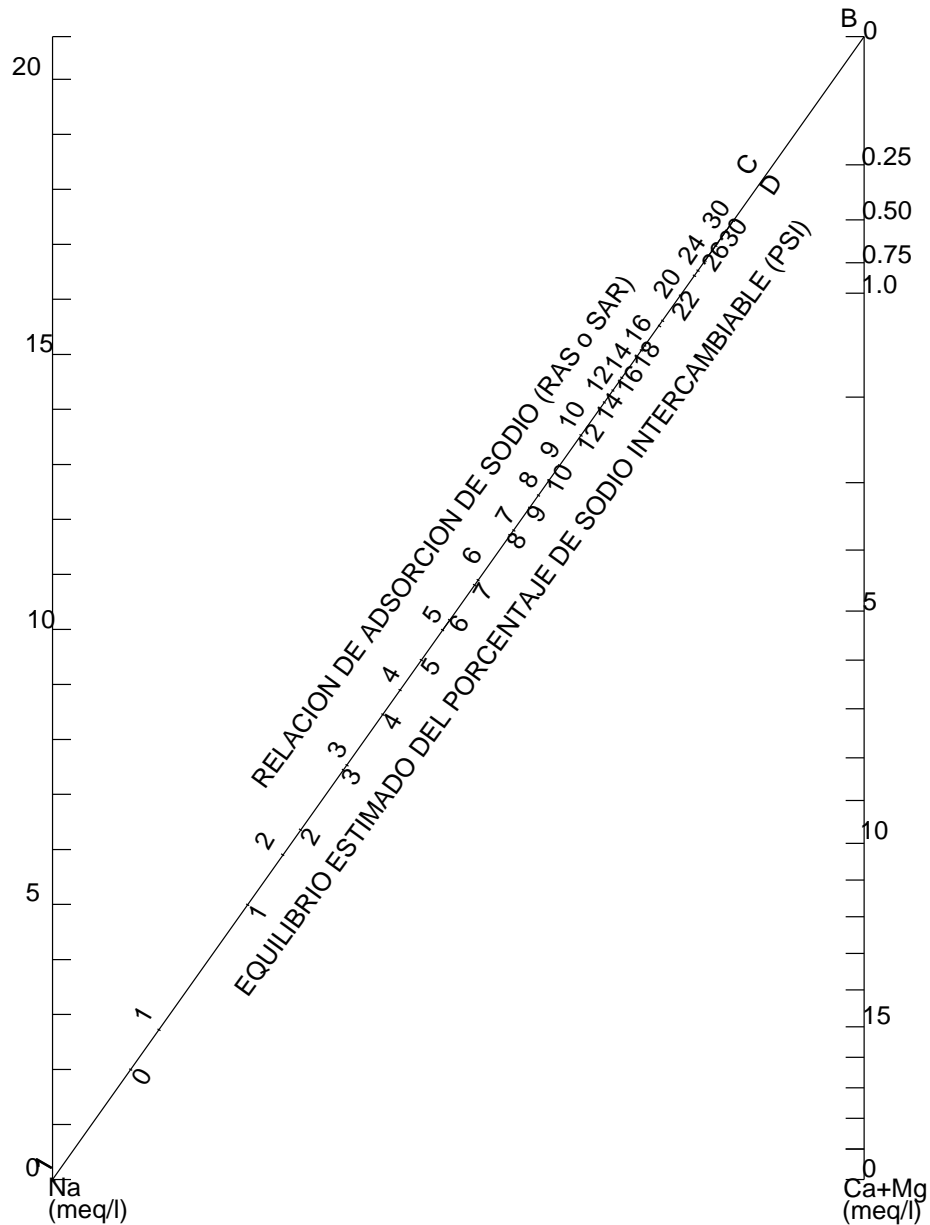
d) **Bicarbonatos.** - en aguas ricas en iones bicarbonatos hay la tendencia del calcio y del magnesio a precipitarse en forma de carbonatos a medida que la solución del suelo se vuelve más concentrada. Esta reacción no se completa totalmente en circunstancias ordinarias, pero a medida que va teniendo lugar, las concentraciones de calcio y magnesio se van reduciendo, aumentando así la proporción relativa del sodio.

Las aguas con más de 2.5meq/l de “carbonato de sodio residual” no son buenas para riego. Aguas que contienen de 1.25 a 2.5 meq/l son dudosas y, las que contienen menor de 1.25 meq/l con toda seguridad son buenas. Se considera que las buenas prácticas de manejo y la aplicación de mejoradotes químicos, podría permitir el uso de las aguas dudosas para riego, Estas conclusiones están basadas en datos muy limitados y tienen carácter tentativo únicamente.

Cuando se investiga la calidad de agua para riego, lo primero que debe de considerarse son los peligros de salinidad y sodificación. Deben considerarse, además, otras características, como boro u otros elementos tóxicos y la concentración de bicarbonatos, ya que uno u otro hacen variar la calidad. Al recomendar el empleo de un agua determinada, no debe olvidarse lo relativo al drenaje y a las prácticas de manejo.

La composición de las aguas superficiales puede variar considerablemente en el tiempo y espacio, sin embargo, las aguas subterráneas varían mucho más que las superficiales. Con pocas excepciones, no es posible seleccionar aguas subterráneas que se consideran típicas de una zona determinada, y tampoco se pueden generalizar acerca de las aguas subterráneas de una cuenca definida.

Figura N° 13 Monograma para determinar el valor del SAR del agua para riego y para estimar el valor correspondiente para el PSI del suelo que está en equilibrio con dicha agua



3.3.6.10. Clasificación de las aguas para riego.

Al clasificar las aguas para riego, se supone que se van a usar en condiciones medidas con respecto a la textura del suelo, la velocidad de infiltración, el drenaje, la cantidad de agua empleada, el clima y la tolerancia del cultivo a las sales. Desviaciones considerables del valor medio de cualesquiera de estas

variables, puede hacer inseguro el uso de un agua que bajo condiciones medias seria de muy buena calidad o, al contrario, pueden inducir a considerar un agua como buena cuando bajo condiciones medias seria de dudosa calidad. Esto debe tenerse muy en cuenta cuando se trata de clasificar las aguas para riego.

3.3.6.11. Peligro de Salinidad

Las aguas se dividen en cuatro clases con respecto a su conductividad, siendo los puntos de división entre dichas clases, los valores: 250, 750 y 2,250 microhos/cm. Los límites entre clases se seleccionaron de acuerdo con las relaciones que existen entre la conductividad eléctrica de los extractos de saturación del suelo y la correspondiente a las aguas para riego.

3.3.6.12. Peligro del sodio. -

Una clasificación de la calidad de las aguas con respecto al peligro del sodio, es más complicada que en el caso del peligro por salinidad. Se puede considerar el problema, desde el punto de vista del grado probable al que un suelo absorberá el sodio del agua, así como la velocidad a que tiene lugar dicha adsorción al aplicar el agua. Considérese en caso simple en que un suelo no sódico está siendo lavado constantemente con agua de riego alta en sodio y en dicho suelo se ha impedido un aumento en la concentración de las sales de la solución por la ausencia del desarrollo vegetal y de la evaporación superficial. Bajo estas condiciones, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) que tendrá el suelo cuando este y el agua estén en equilibrio, se pueden pronosticar aproximadamente conociendo el valor de la relación de absorción de sodio (RAS o SAR) del agua. La velocidad a la cual se alcance el equilibrio dependerá de la concentración catiónica total, o sea la conductividad eléctrica (CE) del agua. Por lo tanto, en una situación como la indicada, el riego con aguas que tenga idéntico SAR y CE variable, pueden resultar en casi los mismos PSI, pero la cantidad de agua necesaria para que el suelo adquiera este último PSI, variara inversamente a la CE.

Aunque el valor del SAR es el mejor índice de equilibrio del PSI del suelo con relación al agua para riego, la concentración catiónica total o conductividad, es un factor adicional y se tiene en consideración en la siguiente clasificación del peligro del sodio.

3.3.6.13. Diagrama para la clasificación de aguas para riego.

El diagrama para la clasificación de aguas para riego se muestra en la figura y está basado en la conductividad eléctrica expresada en micros/cm. Y la relación de adsorción de sodio. En los diagramas originales, las curvas representan ecuaciones de la ley de acción de masas entre los cationes solubles y los intercambiables y delimitan las diferentes clases de sodio. Las curvas pueden construirse aplicando las siguientes ecuaciones empíricas:

Curva Superior: $S = 43.75 - 8.87 (\log C)$.

Curva Intermedia: $S = 31.31 - 6.67 (\log C)$.

Curva Inferior: $S = 18.87 - 4.47 (\log C)$.

En las cuales, $S = SAR$, $C = CE \times 10^6$

Esta ecuación da una líneas recta en coordenadas rectangular es cuando se usa el $\log C$. las líneas se han trazado con pendiente negativa para poder tomar en cuenta la dependencia del peligro del sodio, de la concentración total.

Para usar el diagrama es necesario conocer la conductividad eléctrica y la concentración de sodio y (calcio + magnesio) del agua. Cuando únicamente se conoce el valor del sodio (calcio + magnesio), el sodio puede calcularse de la manera siguiente:

$$Na = (CE \times 10^6 / 100) - (Ca + Mg)$$

Inversamente, si solo se conoce el valor del sodio, el 8calcio + magnesio) puede calcularse por la ecuación:

$$(Ca + Mg) = (CE \times 10^6 / 100) - Na$$

La concentración iónica se expresa en miliequivalentes por litro. La relación de absorción de sodio (RAS o SAR) puede calcularse con la ecuación que define el valor o bien, usando en monograma usando los valores del SAR y la ce como coordenadas, se busca el punto correspondiente en el diagrama. La posición de este punto determina la clasificación de la calidad del agua.

El significado e interpretación de las clases por calidad en el diagrama, se resumen enseguida.

a) Peligro de Salinidad (conductividad eléctrica):

- **Agua de baja salinidad (C1):** Puede usarse para riego de la mayor parte de cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. se necesita algún lavado, pero este se logra en condiciones normalmente de riego, excepto en suelo de muy baja permeabilidad.
- **Agua de salinidad media (C2):** Puede usarse siempre en cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.
- **Aguas altamente salinas (C3):** no puede usarse en suelo cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a sales.
- **Aguas muy altamente salinas (C4):** no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso, se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.

b) Peligro de Sodio (Relación de Adsorción de Sodio):

La clasificación de las aguas de riego con respecto al SAR, se basa primordialmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la

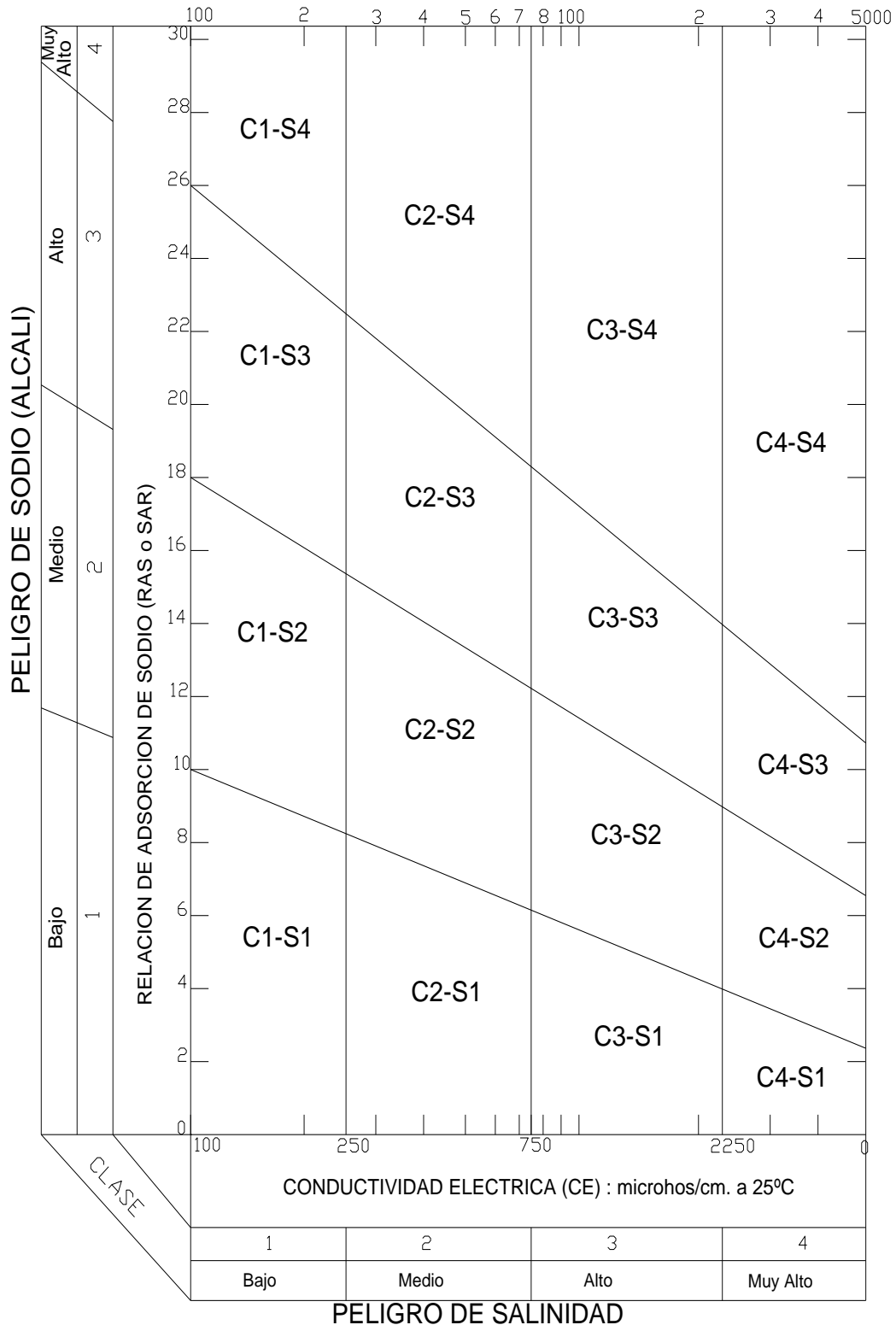
condición física del suelo. No obstante, las plantas sensibles a este elemento pueden sufrir daños a consecuencia de la acumulación del sodio en sus tejidos cuando los valores del sodio intercambiable son más bajos que los necesarios para deteriorar la condición física del suelo.

- **Agua baja en sodio (S1):** Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.
- **Agua media en sodio (S2):** en suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Esta agua solo puede usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.
- **Agua alta en sodio (S3):** puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que estos necesitarán prácticas esenciales de manejo: buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiables cuando se riegan con este tipo de aguas. Pueden requerirse el uso de mejoradores químicos para sustituir al sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de muy alta salinidad.
- **Aguas muy altas en sodio (S4):** es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómicos el empleo de esta clase de aguas.

Ocasionalmente, el agua de riego puede disolver un buen porcentaje de calcio en los suelos calcáreos, de tal manera que disminuya notablemente el peligro por sodio, condiciones que deberán tenerse muy en cuenta en el caso de usar aguas de las clases C1-S3 y C1 – S4. Tratándose de suelos calcáreos de pH alto o de suelos que no son calcáreos, el estado del sodio de las aguas C1 – S3, C1 – S4 y C2 – S4 se pueden modificar

ventajosamente agregando yeso al agua. De igual manera, es conveniente aplicar yeso al suelo periódicamente cuando este vaya a regarse con aguas C2 – S3 y C3 –S2.

Figura N° 14 Diagrama para la clasificación de las aguas para riego



3.3.6.14. Calidad de Agua en el Proyecto de Irrigación.

La muestra se toma en ubicación donde se construirá la Bocatoma de la Irrigación, dejándose para su análisis en los laboratorios Control de Calidad Estación Experimental Illpa – Puno anexo Salcedo.

Teniéndose los siguientes resultados:

Tabla N°44 Resultados de Análisis de Agua Río Cabanillas.

Análisis de agua

Clave Usuario	Río Cabanillas Irrigación
Calave Laboratorio	667
N° de Muestra	01
Temperatura °C	22.40
pH	7.40
C. E. mmhos/cm 25 °C	0.08
STD mg/litro	6.00
Ca meq/litro	2.10
Mg meq/litro	0.80
Na meq/litro	1.30
K meq/litro	0.58
Suma de Cationes	4.78
CO ₃ meq/litro	0.00
HCO ₃ meq/litro	1.50
Cl meq/litro	0.50
SO ₄ meq/litro	2.30
NO ₃ meq/litro	1.70
Suma de Aniones	6.00
SAR	1.07
Clasificación	C1S1

Interpretación: agua de buena calidad se puede usar para riego sin restricciones en todo tipo de suelos, no presenta problemas de sodicidad.

3.4. Estudio de Geología y Geotecnia

El presente informe conlleva a tomar y asumir criterios dirigidos al aspecto de diseño, nivel constructivo y otros, la cual por su carácter general capacita al documento a constituirse como auxiliar técnico.

El presente Informe tiene por objeto realizar la investigación del subsuelo del terreno destinado para el proyecto Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

específicamente al Canal Principal B. que consta con una longitud de (KM: 0+000 – 12+300).

Dichas investigaciones se han efectuado mediante una exploración de campo consistentes en la excavación de calicatas a cielo abierto cuyo objetivo principal es determinar las características físico mecánicas de los materiales que se encuentran subyacentes en el terreno en estudio con la finalidad de establecerlas condiciones que garanticen una adecuada cimentación.

3.8.1. Geomorfología

3.8.1.1. Geomorfología regional

La zona de estudio se halla ubicado dentro de la unidad geomorfológica regional conocida como Altiplano o Meseta del Collao, el cual se caracteriza por presentar una topografía ondulada, plana y además está rodeado por una cadena de montañas conformada por rocas Metamórficas, volcánicas, volcanso clásticas y sedimentarias cubiertas por depósitos cuaternarios como son: aluviales, fluviales, coluviales, y residuales.

La evolución geomorfológica de la región está ligada al levantamiento andino, que determinó el afloramiento de rocas volcánicas. La tectónica y la acción climática, esencialmente glaciario, han contribuido a configurar la expresión topográfica actual que se encuentra el proyecto.

El área de estudio se encuentra en la unidad geomorfológica denominada altiplano que se desarrolla hasta los 4,800 m.s.n.m. dentro de estas se localiza la sub unidad denominando depresión central del Lago Titicaca que se desarrolla entre los 3,800 hasta los 4,000 m.s.n.m.

3.8.1.2. Geomorfología local

La zona de estudio corresponde a la región del Altiplano o Meseta del Collao, que se caracteriza por presentar una superficie predominantemente plana, con cerros de escasas alturas, formando lomadas, de pendientes moderadas y bajas, las altitudes del área de estudio varían entre los 3,850 y 4,000 m.s.n.m.

3.8.1.3. Unidades geomorfológicas

Tabla N°45 Sistema de Unidades Geomorfológicas

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
SISTEMA	UNIDAD
Antrópico	Viviendas Vías de acceso
Fluvial	Zona de pampas o altiplanicies Cauce fluvial Terrazas aluviales Zona de lagunas y Bofedales Depósitos aluviales
Sedimentario	Lomadas y cerros

3.8.1.4. Sistema antropico

Está constituido por las construcciones y/o modificaciones efectuadas en la superficie tales como:

- ✓ Edificaciones urbanas de las localidades de Juliaca, Cabanilla, Cabanillas y sus diferentes comunidades y vías de acceso.
- ✓ Excavaciones para la obtención de materiales de construcción para las diferentes *construcciones tanto viales y edificaciones*.

3.8.1.5. Sistema fluvial

ZONA DE PAMPAS O ALTIPLANICIES

Constituida por amplias llanuras que toman la denominación de pampas, se caracterizan por ser extensas planicies con ligeras ondulaciones, en esta unidad está ubicado la geomorfológica el Canal Principal B Km: 0+000 al 7+000 y 8+500 al 12+300.

CAUCE FLUVIAL

Corresponde a la zona de escorrentía del río Cabanillas; en los periodos de incremento del caudal predominan los procesos de inundación que pueden comprometer las partes bajas del río.

En esta unidad geomorfología está ubicada al margen izquierdo del Canal Principal B entre los KM: 0+000 al 3+300 a una distancia de 2000 m.

TERRAZAS ALUVIALES

Se localizan en ambas márgenes del cauce del río Cabanillas. Se caracteriza por presentar un relieve plano con poca inclinación y pendientes subhorizontales (inferior a 3°). Esta sub-unidad geomorfológica se halla limitada hacia sus márgenes laterales por la llanura aluvial, en esta unidad geomorfología no atraviesa el Canal Principal B.

ZONAS DE LAGUNILLAS Y BOFEDALES.

Las pampas son alternadas con pequeñas áreas depresionadas, que son inundadas por las aguas de precipitaciones, que por impermeabilidad de sus lechos han conformado lagunillas (con algunas ya secas) y otras acumulaciones menores de aguajales, denominadas bofedales.

En la zona de proyecto podemos encontrar en el Canal Principal B al margen izquierdo a unos 1000 m. dentro de los progresivos km: 3+400 al 7+200.

DEPÓSITOS ALUVIALES

En general predominan los relieves subhorizontales en toda el área de la zona de proyecto con pequeñas ondulaciones como consecuencia de las acumulaciones aluviales.

3.8.1.6. Sistema sedimentario

Está constituido por geoformas originadas por edificación tectónica y sedimentaria; así como, originadas por denudación muy relacionada con la composición litológica. En conjunto el sistema de colinas presenta contrastes con las planicies, que, en conjunción con la zona, es refugio de flora y fauna silvestre. Se pueden distinguir las siguientes unidades:

LOMADAS Y CERROS

Son elevaciones del terreno en forma de colina, lomada o montaña, una serie de cerros alineados da lugar a la formación de una cadena montañosa, esta unidad geomorfológica se encuentra al margen izquierdo del canal Principal B dentro de las progresivas Km: 3+400 al 12+300 a una distancia de 200 m. promedio, estos lomadas y cerros son estables no presentan problemas al proyecto.

3.8.1.7. Deslizamiento de taludes

Este fenómeno que es una consecuencia de movimientos de inestabilidad producidos por falta de apoyo, para mantener el equilibrio isostático en los suelos granulares y suelos blandos que se emplazan a lo largo donde se desarrollara el canal principal B, el material que componen tiene plasticidad de medio a bajo esto quiere decir que son medianamente estables, es conveniente mantener los taludes de corte y relleno que se indican en el cuadro respectivo.

✓ **MEDIDAS CORRECTIVA**

Para manejar la sobresaturación y desprendimiento menores del material conglomeradico del talud superior se recomienda las siguientes medidas de solución:

Construir unas buenas zanjas de coronación, con entrega eficiente a las alcantarillas.

Realizar cortes de talud según lo indicado en el cuadro.

Hacer el mantenimiento de las zanjas de coronación y otras obras de artes de evacuación de aguas, para evitar su colmatación.

Tabla N°46 Tipo de roca

	ROCA SANA	ROCA FRACTURADA	ROCA SUELTA
Derrames Volcánicos	10:1	7:1	5:1
Intercalación de lutitas, margas, calizas y areniscas	10:1	5:1	4:1
Areniscas masivas	10:1	7:1	4:1
Conglomerado	10:1	4:1	3:1

Tipo de Depósito	Consistencia	Talud (V:H)
Depósito Aluvial y Fluvial	Densa	5:1
	Media	3:1
	Suelta	2:1
Depósito Coluvial	Densa	4:1
	Media	2:1
	Suelta	1:1
Depósito Residual	Densa	3:1
	Media	2:1
	Suelta	1:1

3.8.2. Estratigrafía y litología

3.8.2.1. estratigrafía local

3.8.2.2. pérmico

GRUPO MITU (Ps-mi)

Se caracteriza por generar una topografía abrupta, con picos de pendientes elevadas, esta morfología está acompañada de una distintiva cobertura de suelo color violáceo, rojo brunaceo.

Se ha reconocido dos tipos de litofacies en la secuencia; una principalmente clástica y otra mayormente volcánica; es claro que existe una evidente filiación de las facies volcánicas con la Cordillera Oriental y las facies sedimentarias con las estribaciones de la misma cordillera.

FM. CALIZA AYAVACAS (Kis-ay)

El nombre viene de la localidad de Ayabacas en el cuadrángulo de Juliaca, en la Carretera Juliaca - Taraco y constituye una secuencia de calizas y capas rojas de fangolitas.

En su sección típica muestra calizas masivas, gris, con orificios tabulares, intemperizadas, con una superficie áspera; las areniscas de grano fino, color rojo ladrillo, oscuro se presenta con irregularidad, mientras que las lutitas limolíticas son de color rojizo oscuro.

En la zona del proyecto esta formación parece descansar concordantemente sobre una secuencia de transición sobre las areniscas Angostura. La mayoría de los afloramientos son grandes capas alóctonas sobrecorridas. En términos generales la formación consiste en una matriz fangolítica roja alrededor de bloques de caliza fallados y plegados complejamente.

Se puede observar con claridad a ambos márgenes del eje del Canal Principal B KM: 7+000 – 12+300 pero no influye directamente al canal.

3.8.2.3. Terciario

GRUPO PUNO (T - pu)

Los afloramientos del grupo Puno, se encuentran sobreyaciendo al este del sistema de captación, están conformados por horizontes de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso de color rojizo, mal cementados, por lo que estos horizontes se tornan deleznable y gruesos bancos de conglomerados.

Estos afloramientos se encuentran muy deformados como consecuencia de los reajustes de una falla regional Laraqueri.

Las areniscas forman también plegamientos, producto de los desajustes estructurales.

El grupo Puno, en la zona de estudio, está constituida por una fase mixta arenisca – conglomerados, mal clasificados, los cuales se acumularon en cuencas de subsidencia rápida durante el Cretácico Superior y el Terciario

Las capas rojas de areniscas y conglomerados afloran al sur oeste de la zona del proyecto (hacia Lagunillas y Mañazo) El grupo consiste de areniscas con conglomerados comunes, limolitas subordinadas, calizas y horizontes de tufos. Las areniscas son feldespáticas, clasificándolas principalmente como arcosas, algunas subarcosas y pocas como wackas feldespáticas; son generalmente color rosado a marrón rojizo, bien clasificadas, masivas a bien estratificadas y de tamaño de grano variable, los granos de cuarzo son típicamente monocristalinos, angular a subredondeados.

GRUPO TACAZA (T - Ta)

La presencia de lavas andesíticas en los cerros Taman y Huaracho constituyen los mejores exponentes, en el tramo final de los canales, esta presencia indica los periodos de quietud en los cuales se efectuó una rápida denudación de las áreas elevadas, esta formación ofrece una fuerte variación lateral, además es posible apreciar discordancias locales entre los miembros que lo constituyen, aunque con más presencia presenta transiciones laterales.

En la zona de estudio, aflora en las partes altas de las cuencas al sur oeste del proyecto.

El grupo descansa mayormente sobre el grupo Puno, regionalmente es diverso con rocas volcánicas andesíticas, teniendo en gran parte hasta un 50% de sedimentos; las lavas son de olivino y/o augita porfirítica y se caracterizan por la presencia de minerales de cobre diseminados.

FM. AZANGARO (NQ-az)

Como consecuencia de la acumulación post-pleistocénica y el drenaje tipo endorréico ha dado lugar a la formación de depósitos lacustres. Los

sedimentos modernos de esta formación, que se extienden en las terrazas fluvio-lacustrinas del río Cabanillas, son los que dominan el flanco derecho del sistema de captación y el canal de derivación

Están constituidas por una alternancia de capas con estructura lenticular de arena, limo, arcilla y conglomerados finos; moderadamente consolidados, semipermeables, de color marrón a amarillento y beige. La potencia promedio de esta formación es de ± 20 m.

Se observa a lo largo de ambos flancos del río Cabanillas y en algunos lugares muy puntuales en los finales del Canal Principal B, en forma de capas horizontales, aparentemente de litología monótona, la formación presenta variación lateral tanto en el tamaño de los clastos como en su composición, dependiendo esta última de la fuente de alimentación, como limos arcillosos, en términos generales se emplazan en gran parte del sistema captación y conducción, mientras que en los bordes de la cuenca la litología tiene sus variaciones puntuales que van desde conglomerados en depósitos de creciente estratificación lenticular, con clastos de arenisca subredondeada a subangulosas.

3.8.2.4. Cuaternario

DEPOSITOS COLUVIALES RESIDUALES (Qh-co)

Se encuentra sobre yaciendo a los depósitos aluviales de terraza, especialmente en la margen izquierda, en forma de una secuencia de arenas limosas de baja plasticidad y arcillas arenosas ligeramente plásticas.

DEPOSITOS BOFEDALES (Qh-bo)

Los depósitos bofedales se encuentran distribuidos paralelo al río Cabanillas, e indistintamente en las áreas de baja pendiente, básicamente donde se establecieron los drenes superficiales.

Estos depósitos se caracterizan por la presencia de suelos con humedades permanentes, para el proceso constructivo serán reemplazados hasta los estratos convenientes.

En el tramo del canal principal B no influye, pero si está ubicado a unos 200 m. margen izquierdo.

DEPOSITOS PALUSTRES (Qh-pa)

Los depósitos palustres se caracterizan por los ambientes lacustrinos en su sedimentación, se encuentran en menor escala en el área de influencia del canal Principal A.

Sus materiales constitutivos son básicamente limos arcillosos y arcillas inorgánicas y orgánicas.

DEPOSITOS ALUVIALES DE TERRAZAS (Qh-al 2)

Se emplaza en forma masiva en la derecha del río Cabanillas, mayormente en el área de riego del proyecto, comprenden arcillas y limos de poco espesor (menor a 1m) y debajo arenas y gravas no consolidadas, depositadas por las corrientes de ríos, flujo de agua y corrientes laminares, se incluyen a los depósitos fluviales.

En forma general, los sedimentos están conformados por los depósitos transportados, estos materiales corresponden a gravas arenas y con matriz limosa de color beige, sin estructura estratificada, predominantemente, desde suelos permeables a impermeables, desarrollándose en ambos márgenes del río Cabanillas, que se convierte en las áreas a irrigar, delimitado por los ríos Cabanillas y lampa.

Es importante mencionar que sobre estos depósitos se emplazará una gran parte del canal principal A, habiendo zonas intermedias materiales finos de formación, tipo lagunar, por la presencia de suelos finos, en ambiente tranquilo (Depósitos aluviales-lagunares).

DEPOSITOS ALUVIALES DE CAUSE (Qh-al 1)

Corresponden a depósitos asociados al cauce actual del río donde existen grandes acumulaciones de arenas, gravas y guijarros que superficialmente presentan cantos y bolones, la presencia de arenas limonitas y gravas en condiciones retrabajadas se denota también en el área.

Estos materiales prácticamente no presentan finos en su composición, por lo que constituyen materiales friables de textura granular gruesa, con un mayor porcentaje de gravas con relación a las arenas, estos depósitos están considerados como canteras de agregado.

Por este depósito cuaternario atraviesa la mayor parte del Canal Principal B.

3.8.2.5. Intrusivo

DEPOSITOS INTRUSIVOS

Las rocas intrusivas observadas en el área del proyecto, corresponden a masas ígneas enfriadas a baja profundidad; son de composición diorítica y cuarzo diorítica (C⁰ Kankara), de color gris pálido (grisáceo), de grano medio y grueso, comúnmente de textura porfírica con fenocristales de plagioclasas, en una matriz de grano medio.

Figura N°15 Litoestratigrafía



3.8.3. Geología estructural

La Geología Estructural se utiliza para dar una idea global de las formas de las estructuras de una región, en este caso, son el resultado de la deformación ocurrida durante uno o más pulsos del ciclo orogénico Andino. En términos regionales se observa que los ejes de algunos pliegues y fallas ocurren generalmente en fajas lineales, las cuales se encuentran cerca de trazas de fracturas mayores. Durante las fases extensionales estas fracturas permitieron el desarrollo de grabens. Las estructuras mayores siguen el rumbo andino (NO – SE), pero una estructura mayor de dirección E – O, parte del sur de Lagunillas y atraviesa el cuadrángulo de Puno.

El Paleozoico, Mesozoico, y Cenozoico está afectado por sistemas de fallas. Sistema NO – SE: A este sistema pertenecen las fallas Laraqueri, Calapuja y Pusi. Estas fallas de carácter regional son de tipo normal, con sus planos de falla inclinados hacia el NE. Lo que implica que es el bloque NE el que sube respecto al SO, esta falla es el más cercano a nuestra zona de proyecto.

Localmente las deformaciones no son visibles por presentar inmensas capas de estratos cuaternarios, por lo que las que se describen a continuación son las estructuras en la región del Altiplano entre las fallas Laraqueri y Chupa, dentro de estas dos fallas se ubica el área del proyecto.

3.8.4. Geotecnia del canal principal b

El presente estudio de geotecnia tiene la finalidad de estudiar las características y naturaleza de los suelos típicos disponibles a lo largo del eje del canal Principal A y Canteras para el proyecto Diseño para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

. Los objetivos específicos del estudio son:

- ✓ Determinar el perfil estratigráfico del suelo de la sub rasante.
- ✓ Determinar los bancos de materiales a utilizar para la capa de relleno de terraplenes, roca y agregados para concreto, así como las fuentes de agua.
- ✓ Realizar el muestreo correspondiente y establecer sus propiedades y parámetros de comportamiento para la obra en mención.

3.8.4.1. Ensayos de mecánica de suelos

Los trabajos en laboratorio de mecánica de suelos consisten en realizar ensayos de muestras obtenidas en las diferentes calicatas excavadas en el campo, ensayos que se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto, para las siguientes estructuras que compondrá el sistema de riego como es:

- Canal Principal B y obras de arte
- Canteras.

Tabla N°47 ensayos para cada estructura

ESTRUCTURA	NOMBRE DEL ENSAYO
CANAL PRINCIPAL A	Humedad natural ASTM D-2216.
	Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
	Determinación del límite líquido ASTM D-4318.
	Determinación del límite plástico ASTM D-4318
	Densidad Natural ASTM D-1556.
	Peso Especifico Relativo de Sólidos (ASTM D854)
CANTERAS	Humedad natural ASTM D-2216.
	Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
	Determinación del límite líquido ASTM D-4318.
	Determinación del límite plástico ASTM D-4318
	Densidad Natural ASTM D-1556.
	Peso Especifico Relativo de Sólidos (ASTM D854)
	Proctor modificado. ASTM D-1557.

	Porcentaje de absorción
	Pesos unitarios
	análisis granulométrico por tamizado MTC E-204 para agregados

3.8.4.2. Geotecnia del canal principal b

3.8.4.2.1. descripción de suelos encontrados en el canal principal b

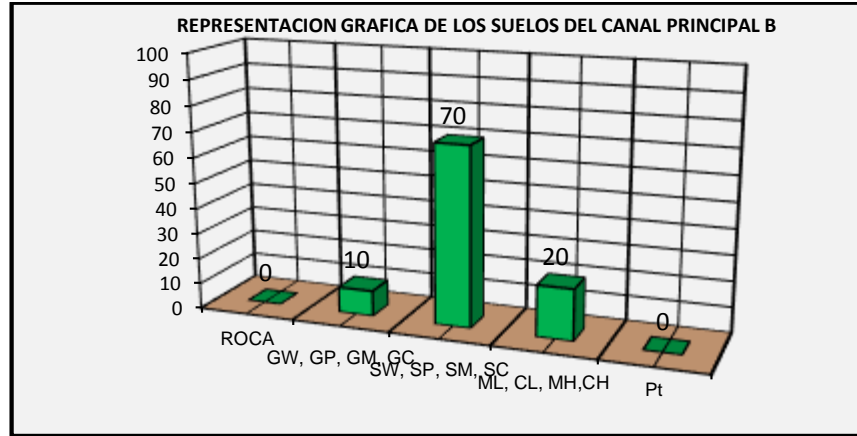
Los suelos que conforman el terreno de fundación por donde se construirá el Canal Principal B (KM: 0+000 – 12+300), presentan perfiles morfológicos definidos, guardando relación con los aspectos geológicos, geomorfológicos descritos anteriormente.

En todos los kilómetros se ha encontrado que están representados por un suelo de tipo A-1-a (0) hasta A-4 en la clasificación AASTHO y SM, SP, SW, CL, ML, en la clasificación SUCS constituidos predominantemente por suelos finos en mayor cantidad que son arenas, limos y arcillas y poco de material granular.

Las proporciones en las que estos se encontraron son las siguientes:

Tabla N°48 resumen de los materiales en el área de estudio

DESCRIPCION DEL MATERIAL	SIMBOLOS (SUCS)	PORCENTAJE EN %
ROCA	ROCA	0
SUELOS GRAVOSOS	GW, GP, GM, GC	10
SUELOS ARENOSOS	SW, SP, SM, SC	70
SUELOS FINOS	ML, CL, MH, CH	20
SUELOS ORGANICOS	Pt	0



RESUMEN DE VALORES DEL ENSAYO ASTM D-423 Y ASTM D-424 DEL CANAL PRINCIPAL B														
CALICATA	PROGRESIVA EN KM.	ESTRATO	DATOS Prof. (m)	GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA			HUMEDAD NATURA	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO
				% QUE PASA				L.L.	L.P.	IP		SUCS	AASHTO	
				# 200	# 40	# 4	# 2	(%)	(%)	(%)				
C-01	0+000	E-2	0.20 - 1.50	3.91	17.12	70.43	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	7.73	SP	A-1-a (0)	ARENA MAL GRADUADA
C-02	0+500	E-2	0.20 - 1.50	0.76	9.16	51.90	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	5.67	SP	A-1-a (0)	ARENA MAL GRADUADA
C-03	1+500	E-2	0.20 - 1.50	1.13	5.89	29.27	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	4.33	GP	A-1-a (0)	GRAVA MAL GRADUADA
C-04	2+500	E-2	0.20 - 1.50	13.17	34.22	84.01	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	8.06	SM	A-1-b (0)	ARENA LIMOSA
C-05	3+000	E-2	0.20 - 1.50	31.46	86.07	99.32	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	12.16	SM	A-2-4 (0)	ARENA LIMOSA
C-06	3+500	E-2	0.20 - 1.50	75.55	91.01	98.27	100.00	26.70	21.36	5.35	16.62	ML-CL	A-4 (8)	LIMO Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
C-07	4+000	E-2	0.20 - 0.50	3.93	34.63	86.97	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	7.06	SP	A-1-b (0)	ARENA MAL GRADUADA
C-08	4+500	E-2	0.20 - 1.50	1.16	20.27	80.93	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	7.65	SP	A-1-b (0)	ARENA MAL GRADUADA
C-09	5+000	E-2	0.20 - 1.50	0.56	12.11	65.70	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	5.15	SW	A-1-a (0)	ARENA BIEN GRADUADA
C-10	6+500	E-2	0.20 - 1.50	0.59	17.21	74.39	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	5.71	SP	A-1-b (0)	ARENA MAL GRADUADA
C-11	7+350	E-2	0.20 - 1.50	13.35	39.30	89.56	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	9.18	SM	A-1-b (0)	ARENA LIMOSA
C-12	9+500	E-2	0.20 - 1.50	14.40	32.47	90.01	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	8.69	SM	A-1-b (0)	ARENA LIMOSA
C-13	10+000	E-2	0.20 - 1.50	2.16	35.50	95.59	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	7.55	SP	A-1-b (0)	ARENA MAL GRADUADA
C-14	10+500	E-2	0.20 - 1.50	80.37	97.95	100.00	100.00	31.14	27.27	3.86	26.23	ML	A-4 (8)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
C-15	11+000	E-2	0.20 - 0.70	51.77	90.84	99.69	100.00	31.13	24.37	6.76	22.69	ML	A-4 (3)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
C-15		E-3	0.70 - 1.50	2.93	80.81	99.67	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	9.86	SP	A-3 (0)	ARENA MAL GRADUADA
C-16	11+500	E-2	0.20 - 1.50	66.60	91.01	97.61	100.00	29.34	25.90	3.44	25.33	ML	A-4 (6)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
C-17	12+000	E-2	0.20 - 1.50	18.94	65.61	98.56	100.00	30.99	25.86	5.13	9.27	SM	A-2-4 (0)	ARENA LIMOSA

3.8.4.2.2. Características geotécnicas del canal principal b

Las características geotécnicas del terreno a lo largo del trazo del Canal Principal B y definiendo las unidades estratigráficas considerando las características geológicas, más destacadas tanto de roca como de suelos y el grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construirse.

Así mismo se determinará la geomorfología y áreas definiendo los aspectos principales de interés geotécnico.

Tabla N°49 caracterización geotécnica de la canal principal

CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL CANAL PRINCIPAL B							
PROGRESIVAS	TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS REALES Y LOCALES	CLASIFICACION DE MATERIAL			PENDIENTE	DESCRIPCION LITOLOGICA DEL TRAMO
			R.F.	R.S.	M.S.		
0+000 - 4+500	PLANA	ZONA DE PAMPA	0.00%	0.00%	100.00%	5° - 8°	TRAMO CONFORMADO POR ARENAS LIMOSA EN LA PARTE SUPERFICIAL EN UN ESPESOR DE 0.40 A 0.60 M CONTINUANDO A MAS PROFUNDIDAD CONFORMADO POR ARENAS DE BUENA Y MALA GRADUACION CON POCO DE GRAVA PERTENECEN A DEPOSITOS FLUVIALES.
4+500 - 6+500	PLANA	ZONA DE PAMPA	0.00%	0.00%	100.00%	5° - 8°	TRAMO CONFORMADO POR ARENAS LIMOSA EN LA PARTE SUPERFICIAL EN UN ESPESOR DE 0.40 A 0.50 M CONTINUANDO A MAS PROFUNDIDAD CONFORMADO POR ARENAS DE BUENA Y MALA GRADUACION CON POCO DE GRAVA PERTENECEN A DEPOSITOS FLUVIALES.
6+500 - 6+900	PLANA	ZONA DE PAMPA Y HIDROMORFICA	0.00%	0.00%	100.00%	5° - 6°	TRAMO DENOMINADO COMO ZONA HIDROMORFICA CONFORMADO POR MATERIAL ORGANICO SUPERFICIAL MENTE EN UN ESPESOR DE 0.30 A 0.40 M. Y A MAS PROFUNDIDAD ESTA CONFORMADO POR ARENA LIMOSA Y LIMOS DE BAJA PLASTICIDAD SON CONSIDERADOS COMO MATERIALES CUATERNARIOS.
6+900 - 10+300	PLANA Y ONDULADA	ZONA DE PAMPAS Y PEQUEÑAS LOMADAS.	0.00%	0.00%	100.00%	5° - 8°	TRAMO CONFORMADO POR SUELOS FINOS SUPERFICIAL MENTE CON ESPESORES PROMEDIO DE 0.70 M. COMO ES ARENA LIMOSA DE COLOR GRIS PARDUCO Y A MAS PROFUNDIDAD SUELOS ARENOSOS DE DENSIDAD MEDIANAMENTE COMPACTO Y GEOLOGICAMENTE PERTENECE A DEPOSITOS CUATERNARIOS.
10+300 - 12+300	PLANA Y ONDULADA	ZONA (HIDROMORFICA), PAMPAS	0.00%	0.00%	100.00%	5° - 8°	TRAMO CONFORMADO POR SUELOS FINOS SUPERFICIAL MENTE CON ESPESORES PROMEDIO DE 0.80 M. COMO ES LIMOS, ARCILLAS Y A MAS PROFUNDIDAD SUELOS ARENOSOS DE DENSIDAD SUELTO CON PRESENCIA DE NIVEL FREATICO A UNA PROFUNDIDAD PROMEDIO 1.20 M., CON ZONAS HIDROMORFICA EN ALGUNOS SECTORES GEOLOGICAMENTE PERTENECE A DEPOSITOS CUATERNARIOS.

Km. 0+000 – 4+500

- DESCRIPCION : tramo que atraviesa geomorfológicamente por pampas y está conformado por arenas limosa en la parte superficial en un espesor de 0.40 a 0.60 m continuando a más profundidad conformado por arenas de buena y mala graduación con poco de grava pertenecen a depósitos fluviales tal como se observa en la foto siguiente:

Figura N°16 Tramo 0+000 – 4+500



- Su clasificación SUC : ML, SM, SP

- Nombre : Limos de baja plasticidad, arena limosas y arenas de mala graduación.
- Resistencia : Baja.
- Cohesión : 0.00 kg/cm².
- Angulo de fricción : 28° a 30°
- Compresibilidad : Alta.
- Densidad Natural : 1.70 a 1.75 gr/cm³.
- Carga admisible húmeda : 1.123 a 1.240 Kg/cm².
- Carga admisible seco : 1.435 a 1.650 Kg/cm²
- Coeficiente de Permeabilidad : 10⁻⁴ a 10⁻⁶ cm /seg.
- Módulo de elasticidad : 80 a 100 kg/cm².
- Taludes para corte : en terreno natural V: H – 1:1.2, en relleno V: H – 1:1.
- Valor como cimentación : muy pobre susceptible de sifonamiento.
- Riesgo de deslizamiento de talud: medio.
- Características de drenaje : semipermeable.
- Observaciones y nivel freático : no hay presencia de nivel freático hasta la profundidad explorada.

Km. 4+500 – 6+500

- DESCRIPCION : eje del canal que atraviesa topográficamente por zona plana y está conformado por arenas limosa en la parte superficial en un espesor de 0.40 a 0.50 m continuando a más profundidad conformado por arenas de buena y mala graduación con poco de grava pertenecen a depósitos fluviales, tal como se observa en la siguiente foto:

Figura N°17 Tramo 4+500 – 6+500



- Su clasificación SUC : SM, SP, SW.
- Nombre : arena limosa, arena de mala y buena graduación.
- Resistencia : Alta
- Cohesión : Menor 0.00 Kg/cm².
- Angulo de fricción : Alta 28° - 32°.
- Compresibilidad : baja
- Densidad Natural : 1.60 a 1.75 gr/cm³.
- Carga admisible húmedo : 1.56 a 1.60 Kg/cm²
- Carga admisible seco : 1.62 a 1.72 Kg/cm²
- Coeficiente de Permeabilidad : 10⁻² a 10⁻⁵ cm / seg.
- Módulo de elasticidad : 100 a 120 kg/cm².
- Taludes para corte : en terreno natural V: H – 1:1.2, en relleno V: H – 1:1.
- Valor como cimentación : Buen apoyo
- Riesgo de asentos : bajísimo a muy bajo
- Riesgo de deslizamiento de talud: bajo a muy bajo
- Características de drenaje : permeable.
- Nivel freático : no hay.

Km. 6+500 – 6+900

- DESCRIPCION : Eje de canal que atraviesa por zonas de pampa y tramo denominado como zona hidromorfica conformado por

material orgánico superficialmente en un espesor de 0.30 - 0.40 m. y a más profundidad está conformado por arena limosa y limos de baja plasticidad en algunos casos está saturado de agua y son considerados como materiales cuaternarios, tal como se observa en la foto siguiente:

Figura N°18 Tramo 6+500 – 6+900



- Su clasificación SUC : ML, SM, SP.
- Nombre : limo y arenas de baja plasticidad superficialmente, continuando arena bien y mal graduada.
- Resistencia : Baja.
- Cohesión : 0.125 – 0.130 kg/cm².
- Angulo de fricción : 20° a 26°
- Compresibilidad : media.
- Densidad Natural : 1.550 a 1.68 gr/cm³.
- Carga admisible húmeda : 1.120 a 1.140 Kg/cm².
- Carga admisible seco : 1.180 a 1.200 Kg/cm²
- Coeficiente de Permeabilidad : 10⁻⁴ a 10⁻⁶ cm /seg.
- Módulo de elasticidad : 80 a 120 kg/cm².
- Taludes para corte : en terreno natural V: H – 1:1.2, en relleno V: H – 1:1.
- Valor como cimentación : apoyo de bueno a pobre en función a la densidad.
- Riesgo de deslizamiento de talud: medio a bajo
- Características de drenaje : pobre a medio.

- Observaciones y nivel freático : su nivel freático está en la superficie en épocas de avenida tener cuidado con presión de agua para evitar esto hacer obras de drenaje como alcantarillas como son drenes.

Km. 6+900 - 10+300

- DESCRIPCION: Eje de canal que atraviesa por zona de pampas o llanas y tramo que está conformado por suelos finos superficialmente con espesores promedio de 0.70 m. cómo es arena limosa de color gris parduzco y a más profundidad suelos arenosos de densidad medianamente compacto y geológicamente pertenece a depósitos cuaternarios, tal como se observa en el foto siguiente:

Figura N°19 Tramo 6+900 – 10+300



- Su clasificación SUC : SM, ML.
- Nombre : arena limosa, limo de baja plasticidad.
- Resistencia : variable a baja
- Cohesión : 0.025 – 0.050 Kg/cm².
- Angulo de fricción : 24° - 26°.
- Compresibilidad : media a alta
- Densidad Natural : 1.520 a 1.65 gr/cm³.
- Carga admisible húmeda : Entre 1.00 a 1.25 Kg/cm².
- Carga admisible seco : Entre 1.46 a 1.78 Kg/cm².

- Coeficiente de Permeabilidad : 10^{-3} a 10^{-6} cm / seg.
- Módulo de elasticidad : 80 a 100 kg/cm².
- Taludes para corte : en terreno natural V: H – 1:1, en relleno V: H – 1:1.
- Valor como cimentación : apoyo de bueno a pobre según a la densidad
- Riesgo de asientos : bajo
- Riesgo de deslizamiento de talud: bajo a medio
- Características de drenaje : pobre a medio.
- Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.

Km. 10+300 - 12+300

- DESCRIPCION: Canal que atraviesa por zonas de amplias pampas con pendiente mínimo este tramo conformado por suelos finos superficialmente con espesores promedio de 0.80 m. cómo es limos, arcillas y a más profundidad suelos arenosos de densidad suelto con presencia de nivel freático a una profundidad promedio 1.20 m., con zonas hidromorfica en algunos sectores geológicamente pertenece a depósitos cuaternarios, tal como se observa en la foto siguiente:

Figura N°20 Tramo 10+300 – 12.+300



- Su clasificación SUC : ML, CL, SC.

- Nombre : Limo y arcilla de baja plasticidad, arena arcillosa
- Resistencia : variable a baja
- Cohesión : 0.125 – 0.220 Kg/cm².
- Angulo de fricción : 18° - 20°.
- Compresibilidad : media a alta
- Densidad Natural : 1.55 a 1.64 gr/cm³.
- Carga admisible húmedo : 0.94 a 1.20 Kg/cm².
- Carga admisible seco : 1.13 a 1.54 Kg/cm².
- Coeficiente de Permeabilidad : 10⁻⁴ a 10⁻⁸ cm / seg.
- Módulo de elasticidad : 90 a 100 kg/cm².
- Taludes para corte : en terreno natural V: H – 1:1, en relleno V: H – 1:1.
- Valor como cimentación : Bueno a pobre
- Riesgo de asentos : bajo a medio
- Riesgo de deslizamiento de talud: bajo a medio
- Características de drenaje : pobre a medio.
- Nivel freático y recomendaciones: el nivel freático es variable en épocas de avenida están casi en la superficie y en épocas de estiaje están a un promedio de 1.20 a 1.80 dependiendo de la topografía.

3.8.4.2.3. Descripción de suelos expansivos en el canal principal b

Los suelos expansivos son aquellos suelos arcillosos (es decir, con predominancia de partículas de tamaño inferior a 2 micras) cuya estructura mineralógica les permite absorber agua con un cambio de volumen importante. Entonces la expansividad es el aumento de volumen por absorción de agua, y retracción la disminución de volumen por eliminación de agua. Todo esto está condicionado por los siguientes factores geológicos:

- Las variaciones climáticas
- La vegetación

- Los cambios hidrológicos.

El nuestro proyecto Canal Principal B (0+000 – 12+300 km.) el grado de expansión potencial es bajo y su hinchamiento es bajo, por lo tanto, el riesgo no es significativo, tal como se observa en las siguientes tablas.

Tabla N°50 descripción de suelos expansivos

INDICE DE PLASTICIDAD (%)	POTENCIAL DE EXPANSION
Mayor de 37%	Muy Alto
17 – 37	Alto
12 – 17	Medio
Menor de 12	Bajo

CUADRO DE GRADO DE EXPANSION Y EL LIMITE LIQUIDO

LIMITE LIQUIDO %	GRADO DE EXPANSIÓN
0 - 20	NO HAY HINCHAMIENTO
20 - 35	BAJO HINCHAMIENTO
35 - 50	HINCHAMIENTO MEDIO
50 - 70	ALTO HINCHAMIENTO
70 - 90	HINCHAMIENTO MUY ALTO
> a 90	HINCHAMIENTO EXTRA ALTO

CUADRO DE RESUMEN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN Y GRADO DE HINCHAMIENTO													
CALICATA	PROGRESIVA EN KM.	ESTRATO	DATOS			LIMITES DE CONSISTENCIA			HUMEDAD NATURA	CLASIFICACION		POTENCIAL DE EXPANSION	GRADO DE EXPANSION
			Prof. (m)	L.L. (%)	L.P. (%)	IP (%)	SUCS	AASHTO					
C-01	0+000	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	7.73	SP	A-1-a (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-02	0+500	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	5.67	SP	A-1-a (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-03	1+500	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	4.33	GP	A-1-a (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-04	2+500	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	8.06	SM	A-1-b (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-05	3+000	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	12.16	SM	A-2-4 (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-06	3+500	E-2	0.20 - 1.50	26.70	21.36	5.35	16.62	ML-CL	A-4 (8)	BAJO	BAJO HINCHAMIENTO		
C-07	4+000	E-2	0.20 - 0.50	N.P.	N.P.	N.P.	7.06	SP	A-1-b (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-08	4+500	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	7.65	SP	A-1-b (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-09	5+000	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	5.15	SW	A-1-a (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-10	6+500	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	5.71	SP	A-1-b (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-11	7+350	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	9.18	SM	A-1-b (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-12	9+500	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	8.69	SM	A-1-b (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-13	10+000	E-2	0.20 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	7.55	SP	A-1-b (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-14	10+500	E-2	0.20 - 1.50	31.14	27.27	3.86	26.23	ML	A-4 (8)	BAJO	BAJO HINCHAMIENTO		
C-15	11+000	E-2	0.20 - 0.70	31.13	24.37	6.76	22.69	ML	A-4 (3)	BAJO	BAJO HINCHAMIENTO		
		E-3	0.70 - 1.50	N.P.	N.P.	N.P.	9.86	SP	A-3 (0)	BAJO	NO HAY HINCHAMIENTO		
C-16	11+500	E-2	0.20 - 1.50	29.34	25.90	3.44	25.33	ML	A-4 (6)	BAJO	BAJO HINCHAMIENTO		
C-17	12+000	E-2	0.20 - 1.50	30.99	25.86	5.13	9.27	SM	A-2-4 (0)	BAJO	BAJO HINCHAMIENTO		

3.8.4.2.4. Identificación de tramos críticos del c.p. b

A lo largo del eje del Canal Principal B se han identificado tramos críticos que requieren un tratamiento, para conseguir una estabilidad del suelo por donde pasara el canal y tener un funcionamiento normal,

en el siguiente cuadro se detalla los tramos críticos y su alternativa de solución:

Tabla N°51 identificación de tramos críticos

KILMETRAJE		LONGITUD EN m.	DESCRIPCION DE LA ZONA CRITICA	SOLUCION DEL PROBLEMA
INICIO	FINAL			
6+500	6+900	400	TRAMO CRITICO POR SER UNA ZONA HIDROMORFICA DONDE SE PRESENTAN NIVELES DE AGUA ALTO OSEA EN LA SUPERFICIE EN EPOCAS DE AVENIDA.	REALIZAR CAMBIO CON MATERIAL DE RELLENO MEJORADO EN UN ESPESOR DE 0.30 A 0.40 m., Y LA VEZ EVACUAR EL AGUA MEDIANTE OBRAS DE DRENAJE.
11+500	12+300	800	TRAMO INESTABLE POR SER UNA ZONA HIDROMORFICA EN EPOCA DE AVENIDAS OSEA SON ZONAS INUNDABLES EN EPOCA DE LLUVIAS.	CONSTRUIR OBRAS DE DRENAJE COMO SON ALCANTARILLAS, CÁNOAS Y OTROS PARA EL PASO DE AGUA EN EPOCAS DE AVENIDA.

3.8.4.3. Conformación de terraplén para canal principal b

Siendo las canteras, la fuente de aprovisionamiento de suelo y rocas necesarias para la construcción de la infraestructura de riego, se procedió a efectuar el reconocimiento de los depósitos existente para ver la calidad de las canteras, conocer si cumplirá con las condiciones de las especificaciones del material que se busca, asimismo conocer la suficiente potencia y rendimiento del mismo, el estado de los accesos y su situación legal.

Se han realizado las investigaciones de campo y laboratorio, lo suficientemente conveniente como para determinar las características de los materiales de canteras desde el punto de vista de su utilización en la construcción de los terraplenes y otros. La investigación geológica ha tratado el problema fundamental previo, consistente en la valorización de las disponibilidades de cada uno de estos materiales.

La correlación, evaluación y análisis geotécnico de la información técnica existente con la obtenida en la presente fase de investigaciones complementarias han permitido caracterizar las principales propiedades ingenieriles de cada área. Las características de los materiales y según su utilización, son calificados de acuerdo a las Normas ASTM y del Manual del U.S Department of the Interior del Bureau of Reclamation.

3.8.4.3.1. Descripción de material para la conformación de terraplen

De acuerdo a la Clasificación de suelos para Terraplenes, según su Plasticidad (LL e IP), el material Ensayado (Mezcla), debe cumplir con las características de un Suelo Seleccionado (Límite líquido menor de treinta $WL < 30$) (Índice de Plasticidad menor de diez $IP < 10$).

Así mismo por su distribución granulométrica el material propuesto, corresponde a un material que cumpla según las especificaciones técnicas correspondientes para ser utilizado en la conformación de Terraplenes.

Tabla N°52 distribución granulométrica

N° MALLAS	ABERTURA DE MALLAS EN mm.	ESPECIFICACIONES PARA TERRAPLEN	
11/2	38.100	100	100
N°4	4.760	40	75
N°200	0.074	5	30

Durante el proceso de explotación de la cantera, se deberá llevar un control de las variaciones del material de estas tanto en profundidad como lateralmente, mediante ensayos de humedades, de los límites de consistencia, adicionalmente se efectuarán ensayos de compactación Proctor.

A partir de los parámetros determinados en la conformación del terraplén se realizará en capas de 0.20 y 0.30 m. de espesor de terraplén que tendrá una compactación mayor de 95 % de la máxima densidad seca de laboratorio dicha compactación se controlará con el ensayo de densidad en situ.

3.8.5. Estudio de canteras

3.8.5.1. introducción

Siendo las canteras, la fuente de aprovisionamiento de suelo y rocas necesarias para la construcción del proyecto Mejoramiento y Ampliación de la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego en el distrito de Caracoto provincia de San Román Región Puno.

se procedió a efectuar el reconocimiento de los depósitos existente para ver la calidad de las canteras, conocer si cumplirá con las condiciones de las especificaciones del material que se busca, asimismo se deberá conocer la suficiente potencia y rendimiento del mismo, el estado de los accesos y su situación legal.

Se han realizado las investigaciones de campo y laboratorio, lo suficientemente conveniente como para determinar las características de los materiales de préstamos y canteras desde el punto de vista de su utilización en la construcción de las subestructuras, superestructuras, caminos de acceso y obras complementarias. La investigación geológica ha tratado el problema fundamental previo, consistente en la valorización de las disponibilidades de cada uno de estos materiales.

Las características de los materiales de préstamos y canteras, se han determinado con la ejecución de los ensayos clásicos de identificación de los materiales, con las muestras representativas, que definan sus propiedades físicas y mecánicas. En las zonas de canteras se evaluaron las calidades de la roca mediante la aplicación de Tablas de Clasificación Geomecánica, complementadas con los ensayos estándar de mecánica de rocas; se estimó la potencia del desencape y los grados de meteorización y fracturamiento de los afloramientos rocosos.

Las áreas se localizan a lo largo de vías existente y/o adyacentes a ella, lo que facilita las fases de: Explotación, carguío y transporte; los que disminuyen los costos de explotación y por consiguiente el de las obras. En

un plano general se muestra la posición en planta de estos medios de explotación y los datos sobre sus ubicaciones e identificaciones.

La correlación, evaluación y análisis geotécnico de la información técnica existente con la obtenida en la presente fase de investigaciones complementarias han permitido caracterizar las principales propiedades ingenieriles de cada área. Las características de los materiales y según su utilización, serán calificados de acuerdo a las Normas ASTM y del Manual del U.S Department of the Interior del Bureau of Reclamation.

3.8.5.2. Ensayos de mecánica de suelos

Con las muestras representativas se ejecutaron los siguientes ensayos:

- Caracterización física (ASTM-D-2216, D422, D4318, D2487, D3282).
- Análisis granulométrico (ASTM – D422)
- Gravedad específica de finos (ASTM – D854)
- Gravedad específica de gruesos (ASTM – D854)
- Proctor modificado (ASTM – D698)
- Permeabilidad carga constante (ASTM – D5084)
- Granulometría de agregados (ASTM-C-136)
- Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso (ASTM-C127)
- Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino (ASTM-C-128)
- Peso Unitario del Agregado Grueso (Suelto y varillado) (ASTM-C-29)
- Peso Unitario del Agregado Fino (Suelto y varillado) (ASTM-C-29)
- Abrasión Máquina Los Ángeles (ASTM-C-131)
- Abrasión Máquina Los Ángeles (Roca) (ASTM-C-131)
- Durabilidad con Sulfato de Magnesio (Agregado grueso y fino) (ASTM-C-88).
- Equivalente de arena (MTC-114)

3.8.5.3. Trabajos realizados

Los trabajos realizados referentes al estudio de canteras son los siguientes:

CAMPO. Los trabajos de campo consistieron en visitar, explorar, verificar y hacer los muestreos respectivos de cada una de las canteras seleccionadas, para realizar los ensayos en laboratorio de mecánica de suelos y concreto para determinar la calidad y las propiedades física - mecánicas de los materiales de cada una de las canteras propuestos para el Proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Servicio de Agua del Sistema de Riego (Canal Principal B Km: 0+000 – 12+300 y Obras de Arte).

LABORATORIO. De las muestras obtenidas en el campo se realizaron sus respectivos ensayos de laboratorio tales como la determinación de humedad, granulometría, Límite Líquido, Límite Plástico, las respectivas clasificaciones y diseños de Mezcla para suelo y concreto en el laboratorio de Programa Regional de Riego y Drenaje.

3.8.5.4. Material de agregado para el proyecto

3.8.5.4.1. material agregado ma-01 (puente quimsachata)

Corresponden a depósitos fluviales que se localizan en el cauce del río Cabanillas, específicamente ubicado en el Puente Quimsachata, estos materiales presentan buenas propiedades. A continuación, se indicarán sus principales características relacionadas a su utilización:

- Ubicación : **MA-01** se ubica en el discurso del rio cabanillas, aguas abajo y arriba del puente y en km 2+780 del C.D.
- Coordenadas UTM : N: 8'276,860.998 - E: 361,798.17
- Geología: Depósitos fluvio-aluviales, mezcla de arenas, y gravas; en las gravas predominan las formas sub-redondeadas a sub-angulosas; se han derivado litológicamente de rocas ígneas y sedimentarias principalmente.
- Clasificación SUCS : GW-GP (Predominan las arenas gravosas de buena y mala gradación), aceptable distribución granulométrica.
- Porcentaje mayores de 3" : 20 %
- Porcentaje de gravas : 54.03 %

- Porcentaje de arenas : 41.20 %
- Porcentaje de finos : 4.77 %
- Utilización : Como agregado para concreto y material permeable, filtros o cama del enrocado. Compactar al 70% de la densidad relativa.
- **Distancias** : 10+500 KM. DESDE C.P. B, 15+200 KM DESDE C.L. B-3, 9+300 KM DESDE C.L. B-2.
- **Explotación y Colocación:** La explotación de los materiales para agregados grueso y fino, se debe realizar con maquinaria, cuidando de no sobrepasar los límites del estrato estudiado, con el fin de no contaminarlos con los materiales subyacentes.
- **Tratamiento:** El material se deberá zarandear de la en las siguientes mallas:

$F'c=140\text{kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 2"

$F'c=175\text{kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 1 ½ y/o 2"

$F'c=210 - 280 \text{ kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 1"

Y también se deberá zarandear 3/8" para separar el agregado grueso y el agregado fino y dar las proporciones exactas, en el diseño de mezcla de concreto.

- La explotación se limita a los periodos de estiaje, para aprovechar el descenso del nivel del río y poder acumular.
- **Usos.-** Elaboración de concreto masivo, mezcla para terraplén, filtro, dren.
- Su acceso es por la que conduce las trochas existentes en el lugar de proyecto.
- Limitaciones: tiene materiales mayores de 3" en un 20 %.
- Disponibilidad: coordinar con los beneficiarios y con sus respectivas municipalidades.

3.8.5.4.2. material agregado ma-02 (rio cabanillas)

Corresponden a depósitos fluviales que se localizan en el cauce del río Cabanillas, estos materiales presentan buenas propiedades. A continuación, se indicarán sus principales características relacionadas a su utilización:

- Ubicación : **MA-02** SE UBICA EN EL DISCURSO DEL RIO CABANILLAS EN KM 3+725 DEL C.P. A.
- Coordenadas UTM : N: 8'282,783.195 - E: 366,117.201
- Geología: Depósitos fluvio-aluviales, mezcla de arenas, y gravas; en las gravas predominan las formas sub-redondeadas a sub-angulosas; se han derivado litológicamente de rocas ígneas y sedimentarias principalmente.
- Clasificación SUCS : GW-GP (grava bien graduada con mezcla de arena consta de buena y mala gradación), aceptable distribución granulométrica.
- Porcentaje mayores de 3" : 5 %
- Porcentaje de gravas : 40.34 %
- Porcentaje de arenas : 55.43 %
- Porcentaje de finos : 4.23 %
- Utilización : Como agregado para concreto y material permeable, filtros o cama del enrocado. Compactar al 80% de la densidad relativa.
- **Distancias** : ESTA A UNA DISTANCIA 2+000 KM. DESDE C.L. A-1, 1+800 KM. DESDE C.L. B-1, 5+500 KM. DESDE C.P. B-1.2, 3+000 KM DESDE C.P. B Y 5+600 KM. DESDE DREN 01.
- **Explotación y Colocación:** La explotación de los materiales para agregados grueso y fino, se debe realizar con maquinaria, cuidando de no sobrepasar los límites del estrato estudiado, con el fin de no contaminarlos con los materiales subyacentes.
- **Tratamiento:** El material se deberá zarandear de la en las siguientes mallas:

$F'c=140\text{kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 2"

$F'c=175\text{kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 1 ½ y/o 2"

$F'c=210 - 280 \text{ kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 1"

Y también se deberá zarandear 3/8" para separar el agregado grueso y el agregado fino y dar las proporciones exactas, en el diseño de mezcla de concreto.

- La explotación se limita a los periodos de estiaje, para aprovechar el descenso del nivel del río y poder acumular.
- **Usos. - Elaboración de concreto masivo, mezcla para terraplén.**
- Su acceso es por la que conduce a las trochas existentes en el lugar de proyecto.
- Limitaciones: tiene materiales mayores de 3" en un 5 %.
- Disponibilidad: coordinar con las comunidades involucradas y con sus respectivas municipalidades.

3.8.5.5. cantera para material de relleno.

3.8.5.5.1. material de relleno mr – 01 (deza)

Este material de relleno se ubica en el km 4+900 del canal principal A margen derecho y a una distancia de 3+500 KM DESDE C.L. A-1, 1+200 KM DESDE C.L. A-2, 2+800 KM. DESDE C.L. A-3, 1+500 KM DESDE C.L. B-1, 3+100 KM DESDE C.P. B, 3+200 KM DESDE C.L. B-1.1, 1+800 KM. DESDE C.L. B-1.2. Con coordenadas UTM: N: 8'283,119 - E: 367,643.

Geología : Depósitos aluviales y coluviales mezcla de arcillas, y gravas.

Material mayor a 3" : 20 %

Clasificación SUCS : GM (grava limosa).

Porcentaje de gravas : 53.10 %

Porcentaje de arenas : 20.84 %

Porcentaje de finos : 26.06 %

Límite Líquido	:	53.10
Límite Plástico	:	37.70
Índice de Plasticidad	:	14.40 (Ligera plasticidad)
Densidad Proctor	:	2.00 gr/cm ³ .
Humedad Proctor	:	8.95 %
Utilización	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes.
Distancias	:	3+500 KM DESDE C.L. A-1, 1+200 KM DESDE C.L. A-2, 2+800 KM. DESDE C.L. A-3, 1+500 KM DESDE C.L. B-1, 3+100 KM DESDE C.P. B, 3+200 KM DESDE C.L. B-1.1, 1+800 KM. DESDE C.L. B-1.2.
Volumen	:	± 787,500 m ³
Tratamiento	:	Se necesita batir el material con agregado in situ, con los distintos estratos de la cantera durante el proceso de explotación y zarandear tamaños mayores a 2".
Explotación	:	La explotación de estos materiales se realizará en forma mecanizada, (tractor-cargador) a tajo abierto con selección.
Usos	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes se debe mezclar con material de agregado en el mismo lugar.
Rendimiento	:	85 %.

3.8.5.5.2. material de relleno mr – 02 (cerro huarachi)

Este material de relleno se ubica a la altura del KM: 4+300 C.L. B-1.2, y a una distancia de 3+500 KM C.P. B, 0+500 KM DESDE C.L. B-1.2. Con coordenadas UTM: N: 8´281,618.763 - E: 370,455.009.

Geología	:	Depósitos coluviales mezcla de arcillas, arena y gravas en menor proporción.
Material mayor a 3"	:	20 %
Clasificación SUCS	:	SC (arena arcillosa).
Porcentaje de gravas	:	33.04 %

Porcentaje de arenas	:	40.72 %
Porcentaje de finos	:	26.24 %
Límite Líquido	:	29.10
Límite Plástico	:	20.30
Índice de Plasticidad	:	8.70 (Ligera plasticidad)
Densidad Proctor	:	2.08 gr/cm ³ .
Humedad Proctor	:	9.40 %
Utilización	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes.
Distancias	:	3+500 KM C.P. B, 0+500 KM DESDE C.L. B-1.2.
Volumen	:	± 36,000 m ³
Tratamiento	:	Se necesita batir el material in situ, con los distintos estratos de la cantera durante el proceso de explotación y zarandear tamaños mayores a 2".
Explotación	:	La explotación de estos materiales se realizará en forma mecanizada, (tractor-cargador) a tajo abierto con selección.
Usos	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes se debe mezclar con material de agregado en el mismo lugar.
Rendimiento	:	80 %.

3.8.5.5.3. Material de relleno mr – 04.

Este material de relleno se ubica a la altura del KM: 7+950 C.P. B y a una distancia de 0+800 KM DESDE C.P. B, 1+200 KM DESDE C.L. B-3. Con coordenadas UTM: N: 8´279,385.731 - E: 371,232.558.

Geología	:	Depósitos coluviales mezcla de limos, arena y gravas en menor proporción.
Material mayor a 3"	:	10 %
Clasificación SUCS	:	SC (arena arcillosa).
Porcentaje de gravas	:	38.93 %

Porcentaje de arenas	:	45.50 %
Porcentaje de finos	:	15.57 %
Límite Líquido	:	26.80
Límite Plástico	:	17.50
Índice de Plasticidad	:	9.30 (Ligera plasticidad)
Densidad Proctor	:	2.11 gr/cm ³ .
Humedad Proctor	:	8.40 %
Utilización	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes.
Distancias	:	0+800 KM DESDE C.P. B, 1+200 KM DESDE C.L. B-3.
Volumen	:	± 100,800 m ³
Tratamiento	:	Se necesita combinar en algunos casos con arena y grava que se encuentra en su alrededor para bajar así su plasticidad y zarandear tamaños mayores a 2”.
Explotación	:	La explotación de estos materiales se realizará en forma mecanizada, (tractor oruga, excavadora, cargador) a tajo abierto con selección.
Usos	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes se debe mezclar con material de agregado en el mismo lugar.
Rendimiento	:	85 %.

3.8.5.5.4. Material de relleno mr – 05 (pataqueña).

Este material de relleno se ubica a la altura del KM: 12+300 C.P. B y a una distancia de 5.00 KM DESDE EL EJE DE C.P. B margen izquierdo. Con coordenadas UTM: N: 8´282,731 - E: 376,406.

Geología	:	Depósitos coluviales mezcla de limos, arena y gravas.
Material mayor a 3”	:	10 %
Clasificación SUCS	:	GM (grava limosa).
Porcentaje de gravas	:	47.43 %

Porcentaje de arenas	:	29.18 %
Porcentaje de finos	:	23.39 %
Límite Líquido	:	20.50
Límite Plástico	:	17.10
Índice de Plasticidad	:	3.40 (Ligera plasticidad)
Densidad Proctor	:	2.12 gr/cm ³ .
Humedad Proctor	:	7.50 %
Utilización	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes.
Distancias	:	5.00 KM DESDE EL EJE DE C.P. B.
Volumen	:	± 120,000 m ³
Tratamiento	:	Se necesita batir el material in situ, con los distintos estratos de la cantera durante el proceso de explotación y zarandear tamaños mayores a 2”.
Explotación	:	La explotación de estos materiales se realizará en forma mecanizada, (tractor-cargador) a tajo abierto con selección.
Usos	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes se debe mezclar con material de agregado en el mismo lugar.
Rendimiento	:	90 %.

3.8.5.5.5. Material de relleno mr – 06 (jatun huaycco).

Este material de relleno se ubica a la altura del KM: 5+650 C.L. B-3 y a una distancia de 1.800 KM DESDE EL EJE DE C.L. B-3 margen izquierdo. Con coordenadas UTM: N: 8'277,322 - E: 376,125.

Geología	:	Depósitos coluviales mezcla de gravas y limosa.
Material mayor a 3”	:	10 %
Clasificación SUCS	:	GM (grava limosa).
Porcentaje de gravas	:	53.05 %
Porcentaje de arenas	:	19.66 %

Porcentaje de finos	:	27.29 %
Límite Líquido	:	36.50
Límite Plástico	:	24.60
Índice de Plasticidad	:	11.90 (Ligera plasticidad)
Densidad Proctor	:	2.04 gr/cm ³ .
Humedad Proctor	:	9.11 %
Utilización	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes.
Distancias	:	1.800 KM DESDE EL EJE DE C.L. B-3.
Volumen	:	± 120,000 m ³
Tratamiento	:	Se necesita batir el material in situ, con los distintos estratos de la cantera durante el proceso de explotación y zarandear tamaños mayores a 2".
Explotación	:	La explotación de estos materiales se realizará en forma mecanizada, (tractor-cargador) a tajo abierto con selección.
Usos	:	Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de terraplenes se debe mezclar con material de agregado en el mismo lugar.
Rendimiento	:	90 %.

3.8.5.6. Canteras de roca para el proyecto.

3.8.5.6.1. Cantera de roca cr-01 (kangara).

La cantera de roca propuesta CR-01 (Kangara) para los diferentes trabajos de la estructura que compondrá el Canal Principal B como son: obras de artes, cimentaciones menores, enrocadas y otros. Se localiza en el KM: 6+250 C.P. B. y a una distancia 0.80 KM DESDE EL C.P. B. con coordenadas UTM: E: 369 864 - N: 8 278 280.

Litología : Roca ígnea compuesta por plagioclasas, cuarzo y feldespato (diorita, cuarzodiorita), de textura hipidiomórfica e irregular.

- Pesos específicos (s.s.s.) : 2.58 - 2.59 (Alto)
- Porcentaje de Absorción : 2.25 - 2.55 (Bajo)
- Pérdida por Intemperismo : 10.00 a 12.00 %.
- Abrasión Los Ángeles : Pérdida 28.38 %.
- Calidad geomecánica : Mediana a Buena
- Distancias : 0.80 KM DESDE EL C.P. B.
- Rendimiento : 75 %
- Clasificación geomecánica : Roca tipo II y III.
- Calidad geomecánica : Regular.
- Explotación : Explosivos/Tractor.
- Tratamiento : Selección.
- Mantenimiento : 2.20 KM DESDE LA C.P. B.

3.8.5.6.2. Cantera de roca cr-02 (hacienda)

La cantera de roca propuesta CR-02 para los diferentes trabajos de la estructura que compondrá el Canal Principal B como son: obras de artes, cimentaciones menores, enrocadas y otros. Se localiza en el KM: 3+800 C.L. B-1, margen derecho, con coordenadas UTM: E: 368 304.373 - N: 8 283 861.966.

- Litología : roca sedimentaria de tipo arenisca cuarzosa de grano fino de colores gris blanquecino, con baja fracturación y poca alteración.
- Pesos específicos (s.s.s.) : 2.55 - 2.57 (Alto)
- Porcentaje de Absorción : 2.35 - 2.58 (bajo)
- Pérdida por Intemperismo : 12.00 a 14.00 %.
- Abrasión Los Ángeles : 20.26 %.
- Calidad geomecánica : Buena a regular.
- Distancias : a 0.20 KM DESDE EL C.L. B-1.
- Mantenimiento : 2.50 KM DESDE LA C.L. B-1..
- Rendimiento : 75 %.
- Tratamiento : Selección.
- Clasificación geomecánica : Roca tipo II y III.

- Calidad geomecánica : Regular.
- Método de explotación : será a tajo abierto cargador frontal oruga, se seleccionará los bloques de roca y utilizar voladura.

3.8.5.7. Fuentes de agua

3.8.5.7.1. Fuente de agua rio cabanillas.

Se encuentra en el discurso del río Cabanillas que este paralelo al canal Principal A esta fuente se podrá emplear para los siguientes usos:

- Para la elaboración de concretos.
- Para humedecido de material durante el proceso de compactación de rellenos,
- Otros.

Caudal. - Permanente

Tabla N°53 fuente de agua

TIPO DE CANTERA	ACCESO	DISTANCIA	METODO DE EXPLOTACION	USOS	APERTURA ACCESO	MANTEN. ACCESO
1.- FUENTE DE AGUA						
FA-1 RIO CABANILLAS	Se utilizara los accesos de los agregados.	2000 m. promedio desde el eje del C.P, A.	Toma directa con sistema de bombeo a cisterna.	Elaboración de concreto, curados, compactación etc.	2+500 Km. Hacia el Canal Principal A.	8.00 KM DESDE LOS CANALES PRINCIPALES Y LATERALES.

3.8.5.7.2. fuente de agua subterranea (fa-2) (opcional)

Ubicación

Se ubica en el mayor porcentaje del perímetro de la irrigación Yocará, con niveles freáticos explotables de 3.5 m. en promedio, las zonas próximas a los canales presentan mejores condiciones.

Accesibilidad

Las mismas que conduzcan al eje del trazo de los canales, con una apertura de accesos promedio de 500 m. y mantenimiento de 500 m.

Periodo y Modo de Captación

Permanente.

Usos

- Para elaboración de concretos,
- Utilización en el curado de concretos,
- Para humedecimiento de material durante el proceso de compactación de material de rellenos,
- Otros.

Caudal

- Permanente, mayor de 1 l/s. por excavación mayor a 3.20 m.

3.8.5.8. Diseño de mezcla de concreto

3.8.5.8.1. Diseño de mezcla de concreto de la cantera rio cabanillas.

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión que se diseñarán serán a $F_c=140, 175, 210, 280 \text{ Kg/Cm}^2$, entonces para nuestro diseño la resistencia promedio será de 210, 245, 294, 364 Kg/Cm^2 .

Las condiciones de colocación para las estructuras de nuestras obras la colocación de un asentamiento de 3" – 4" (76.2 mm. a 101.6 mm.).

En el caso del agregado grueso hay varios husos y se emplea el que se adecue más a la granulometría del agregado, ósea que comprenda el mayor número de tamices que incluya la muestra. Para graficar el huso y la granulometría del agregado.

Nuestro tamaño máximo será el diámetro del tamiz inmediato superior al que retiene 15% o más en porcentaje acumulado retenido en nuestras canteras tienen un tamaño máximo de 1" y 11/2".

El cemento que utilizaremos será el cemento portland tipo IP que es el más comercial y adecuado para nuestras estructuras que comprenderá nuestro proyecto, también la cantidad de bolsas son iguales por ser diseñados con un solo tamaño máximo que es 1". Tal como se observa en el cuadro siguiente:

TablaN°54 tipo de mescla

ESFUERZO EN kg/cm ²	CANTERA AGREGADO RIO CABANILLAS	
	CANTIDAD DE CEMENTO kg/m ³	CANTIDAD DE BOLSAS
140	285.09	6.71
175	336.21	7.91
210	375.00	8.82
280	443	10.43

Para esto además se indicará las pruebas de laboratorio para los agregados realizados previamente que son los siguientes:

DESCRIPCION		UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RIO CABANILLAS		TIPO IP	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		Pulg.		1/16	1"
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m ³		1579	1684
PESO UNITARIO COMPACTO		Kg/m ³		1836	1790
PESO ESPECIFICO		gr/cm ³	2.96	2.57	2.44
ABSORCION		%		5.08	3.12
MODULO DE FINURA				2.96	7.47
CONTENIDO DE HUMEDAD		%		9.37	8.14

Una vez determinado las cantidades de agua, cemento y agregados de diseño de mezclas, los materiales restantes para completar a un m³ de concreto consistirán en arena y el atrapado de aire. La cantidad de arena requerida se puede determinar sobre la base del volumen absoluto como se muestra a continuación:

Tabla N° 55 material de agregado rio Cabanillas

140 Kg/Cm2

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m ³	ABSOLUTO m ³	UNIT.SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	285.09	0.0963	1.00	285	1.00
AGREGADO FINO	778.59	0.3028	2.73	852	2.99
AGREGADO GRUESO	952.98	0.3909	3.34	1031	3.61
AGUA (Litros.)	195.00	0.1950	0.68	114	0.40
AIRE	1.50	0.0150			

175 Kg/Cm2

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m ³	ABSOLUTO m ³	UNIT.SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	336.21	0.1136	1.00	336	1.00
AGREGADO FINO	759.21	0.2952	2.26	830	2.47
AGREGADO GRUESO	929.25	0.3812	2.76	1005	2.99
AGUA (Litros.)	195.00	0.1950	0.58	116	0.34
AIRE	1.50	0.0150			

210 Kg/Cm2

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m ³	ABSOLUTO m ³	UNIT.SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	375.00	0.1267	1.00	375	1.00
AGREGADO FINO	744.50	0.2895	1.99	814	2.17
AGREGADO GRUESO	911.25	0.3738	2.43	985	2.63
AGUA (Litros.)	195.00	0.1950	0.52	117	0.31
AIRE	1.50	0.0150			

280 Kg/Cm2

DESCRIPCION	PESO ESTIMADO	VOLUMEN	DISEÑO	DISEÑO EN	DISEÑO UNIT.
	SECO/m ³	ABSOLUTO m ³	UNIT.SECO	OBRA	EN OBRA
CEMENTO	443.18	0.1497	1.00	443	1.00
AGREGADO FINO	755.18	0.2937	1.70	826	1.86
AGREGADO GRUESO	844.96	0.3466	1.91	914	2.06
AGUA (Litros.)	195.00	0.1950	0.44	120	0.27
AIRE	1.50	0.0150			

3.4. Presupuesto del proyecto

Tabla N°05 propuesta del proyecto

N°	META/ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1.0	INVERSIÓN EN ESTUDIOS DEFINITIVOS				632,220.00
2.1	Estudios Definitivos (Exp. Técnicos)	Expedientes	23.00	27,487.83	632,220.00
2.0	INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA DE RIEGO				35,937,879.16
2.1	Construcción de Bocatomas	Unidad	1.00	8,435,929.91	8,435,929.91
2.2	Construcción de Canal de Derivación revestido de concreto (Entubado en el tramo 0+000 al 1+800 km.)	Km.	7.489	1,001,286.72	7,498,375.88
2.3	Construcción de Canal Principal revestido de concreto	Km.	21.40	304,942.72	6,525,774.22
2.4	Construcción de Canal Lateral revestido de concreto	Km.	36.1500	334,394.36	12,088,355.96
2.5	Construcción de Drenes superficiales	Km.	9.73	142,873.34	1,389,443.19
3.0	INVERSIÓN EN CAPACITACIÓN				469,183.65
3.1	Cursos de Capacitación	Evento	18.00	6,178.58	111,214.37
3.2	Asistencia Técnica en manejo de riego y cultivo	Usuario	769.00	264.48	203,384.01
3.3	Pasantías a sistema de riego	Visita	3.00	12,128.35	36,385.04
3.4	Instalación de Parcelas Demostrativas	Has	5.00	8,629.06	43,145.28
3.5	Concurso de Riego Parcelario	Evento	1.00	75,054.95	75,054.95
4.0	INVERSIÓN EN IMPACTO AMBIENTAL				229,743.28
4.1	Medidas de Mitigación de Impacto Ambiental	Unidad	1.00	229,743.28	229,743.28
5.0	INVERSIÓN EN G. GENERALES, SUPERVISIÓN, MONITOREO Y LIQUIDACIÓN				3,342,293.77
5.1	Gastos Generales	Global	1.0	2,410,522.61	2,410,522.61
5.2	Gastos de Supervisión	Global	1.0	778,664.79	778,664.79
5.3	Gastos de Seguimiento y Monitoreo	Global	1.0	90,746.07	90,746.07
5.4	Gastos de Liquidación	Global	1.0	62,360.30	62,360.30
	TOTAL COSTO DE OBRA Y/O ACTIVIDAD				40,611,319.87
6.0	TOTAL COSTO ADMINISTRATIVO DEL PROYECTO	Meses	15.00	103,683.84	1,555,257.60
	PRESUPUESTO TOTAL DE INVERSIÓN				42,166,577.47

IV. DISCUSIÓN

Anrango, B. A. & Bolaños, S. R. (2017) en su investigación contempla como beneficiarios a 2000 agricultores y el pago por el agua es anual con un precio de 10 dólares, mientras que la Población Objetivo o la población que van hacer beneficiadas con la ejecución del proyecto son un total de 128 agricultores con sus respectivas familias, con un promedio de 5 miembros por familias, teniendo un total de 973 habitantes.

Díaz, J. C. (2014) contempla para el diseño de los muros del canal un revestimiento con concreto armado utilizando acero de dimensiones de 1/2", 5/8" y 3/8" y concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Coincidiendo con los datos obtenidos en esta investigación.

En su estudio, Tello, L. (2013), no cuenta con información hidrológica suficiente, por lo que opta por la transferencia de información, utilizando la semejanza hidrológica. A diferencia de éste, aquí se contó con información estadística histórica suficiente para realizar un correcto análisis hidrográfico.

Respecto a la topografía, el trazo se procedió sobre la línea de gradiente. Para el levantamiento topografico del canal se efectuaron los siguientes trabajos:

- Ubicación de los puntos de inflexión
- Trazo del eje canal
- Nivelación del terreno
- Seccionamiento del terreno
- Amarre con un sistema de coordenadas absolutas

Respecto al Estudio hidrológico, en los meses de avenidas se cerrarán las compuertas de regulación con el objetivo de almacenar las precipitaciones (enero, Febrero Marzo Abril), que ocurren en la cuenca receptora. En los meses de necesidad hídrica se van distribuyendo gradualmente lo almacenado, de acuerdo al porcentaje de los 200 MMC almacenado en un año hidrológico. La distribución se realiza de la siguiente manera para el mes de mayo se da el 9% de lo almacenado,

Junio 9%, Julio 11%, Agosto 14%, Setiembre 15%, Octubre 19%, Noviembre 17% y en el mes de Diciembre 6% completandose al 100%.

V. CONCLUSIONES

OE1: El estudio de topografía del canal radicó en el levantamiento del canal principal y canales laterales, cada uno con caudales y secciones bien definidos de acuerdo a la capacidad y diseño de los mismos.. La meta física del canal total proyectado es de 12,300.00 Km.

OE2: Respecto al Estudio hidrológico, en los meses de avenidas se cerrarán las compuertas de regulación con el objetivo de almacenar las precipitaciones (enero, Febrero Marzo Abril), que ocurren en la cuenca receptora. El balance hídrico ha sido establecido tomando como base la demanda del proyecto que corresponde a un área de 6106.14 Has. de cultivos y a la disponibilidad del recurso hídrico al 75% de persistencia. El caudal en el canal principal es de 2.50 m³/seg. El agua de buena

calidad se puede usar para riego sin restricciones en todo tipo de suelos, no presenta problemas de sodicidad

OE3: Los estudios geológicos y de geotecnia nos dieron a conocer los componentes y parámetros geotécnicos.

Km. 0+000 – 7+300. En la superficie de la rasante del Canal Principal B se observa capa de suelos limo con mezcla de raíces de plantas típicas de lugar en un espesor promedio de 0.20 m., y luego seguido por suelos finos como son limos, arenas de buena y mala graduación de tipo ML, SM de color gris pardusco de buena compresibilidad y de mediana compacidad todo este material se encontró con un espesor promedio de 0.40 m., a más profundidad se encontró suelos granulares de tipo SW, SP, arena de buena y mala graduación con poco de grava hasta una profundidad de 1.50m. Su estado de compacidad es suelto y son considerados como depósitos aluviales y lacustrinos.

Km. 7+300 – 12+300 Tramo compuesto superficialmente por mezcla de suelos de limo y gravas con raíces de plantas de lugar en un espesor de 0.20 y 0.30 m., y a más profundidad están conformados por suelos de SM, ML considerados como arena limosa, limos de baja plasticidad y su estado es de media compacidad su espesor promedio es de 0.50 m., y a más profundidad podemos encontrar suelos arenosos finos y su estado de compacidad es suelto hasta la profundidad explorada que es 1.50 m, hay presencia de nivel freático en los tramos últimos a una profundidad promedio 1.20 m.

VI. RECOMENDACIONES

Que, al existir serios problemas de mal drenaje en la zona, debido más que todo a su posesión fisiográfica, se recomienda tener en cuenta esta posición al ser regada, en donde debe proveerse de obras de drenaje.

Que las áreas adyacentes a las corrientes fluviales del río Cabanillas son inundadas en épocas de avenidas, ocasionando disminución del área útil. Es aconsejable desarrollar un plan integral de defensa ribereña y drenaje.

Se recomienda el uso de CEMENTO PORTLAND TIPO IP.

Las canteras de agregados para la elaboración de concreto masivo, será con selección (zarandeo) de acuerdo a su empleo, por la presencia de material grueso.

- $F'c=140\text{kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 2"
- $F'c=175\text{kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 1 ½ y/o 2"
- $F'c=210\text{kg/cm}^2$ = Utilizar la zaranda de abertura 1"

Y también se deberá zarandear 3/8" para separar el agregado grueso y el agregado fino y dar las proporciones exactas, en el diseño de mezcla de concreto.

Se recomienda que el acopio de los materiales de las canteras de río se efectúe con la debida anticipación, preferentemente en épocas de estiaje.

El clima debe ser un factor a considerarse en durante el manejo del concreto, puesto a que las temperaturas mínimas afectaran el resultado de los diseños

considerando que las temperaturas del agua de mezcla se recomienda que deben estar entre los rangos de 23°C a +/- 17 °C

Deberá realizarse pruebas fisicoquímicas, de las fuentes de agua a emplearse en la preparación del concreto, porque la composición de la misma puede variar por el discurso de las aguas subterráneas que provienen de lugares distantes, atravesando diversas formaciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Anrango, B. A. & Bolaños, S. R. (2017). Rediseño del canal de riego La Victoria ubicado en las parroquias San Roque, Atuntaqui, Chaltura, Natabuela e Imbaya del cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. (Trabajo de titulación). Universidad Central de Ecuador, Quito. Recuperado de:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1374>.

Dávalos, J. P. & Yépez, I. E. (2017). Evaluación y mejoramiento del canal principal del sistema de riego Pisque de la Comunidad Guachala, Parroquia Cangahua. (Trabajo de graduación). Universidad Central de Ecuador, Quito. Recuperado de:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12119>

Díaz, J. C. (2014). Remodelación y revestimiento de 1.2 km en los canales Escute, Arenal y Ramal Pulen del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. (Tesis Ingenieril). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de:

<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/300>.

Romero, A. J. (2017). El Proyecto del canal del algar de Francisco Morell: Una iniciativa temprana del regeneracionismo hidráulico en Alicante. Num. 64, pp. 145-162. Universidad de Alicante, España. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17643402008>

Tello, L. (2013). Mejoramiento del canal de riego El Piruro. (Proyecto Profesional). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/681>

Rocha, A. (1980). Introducción a la Hidráulica Fluvial. 1era. Edic. Facultad de Ingeniería Civil – UNI. Lima – Perú.

Tello, L. (2013). Mejoramiento del canal de riego El Piruro. (Proyecto Profesional). Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/681>.

Villon, M. (2000). Diseño de Estructuras Hidráulicas, 1 era Edición. Instituto Tecnológico de Costa Rica- Departamento de Ingeniería Agrícola.

VIII. ANEXOS

