

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



“PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITENI – DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO”.

TESIS

PRESENTADO POR:

Nestor CONDORI CONDORI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO

PERÚ

2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA

“PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO
POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITENI –
DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO”

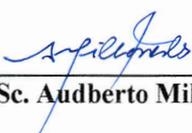
TESIS

PRESENTADO A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DE JURADO :


MSc. Audberto Millones Chafloque

PRIMER MIEMBRO :


Ing. Esteban Moisés Vilca Perez

SEGUNDO MIEMBRO :


Ing. Marco Antonio Rodríguez Mendoza

DIRECTOR :


Ing. Germán Belizario Quispe

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Proyectos hidráulicos
LÍNEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

*El presente trabajo es dedicado a mis padres **Salvador** y **Alejandra** por sus esfuerzos incansables y perseverancia.*

*A mis hermanos (**Elvis**, **Vidal**, y **Ronald**) y a todos los seres queridos, que en todo momento me dieron su apoyo y aliento para ser profesional al servicio de los que más necesitan.*

A los Ingenieros de la Gerencia de Desarrollo Económico del periodo 2006 – 2010, de la Municipalidad Distrital de Echarate por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano Alma máter de mi formación profesional, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela profesional de Ingeniería Agrícola a sus docentes y compañeros que estudian esta carrera.

Al Ing. GERMÁN BELIZARIO QUISPE, por su acertada dirección y especial conducción en el presente trabajo.

De manera especial agradecer al Ingeniero RONALD ALEGRIA MUÑOZ, por su aporte a la presente investigación, sin ello no hubiera sido posible su ejecución.

A todas las personas y amigos que de una u otra manera coadyuvaron a la ejecución del presente estudio.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCION.....	1
1.1	GENERALIDADES.....	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3	ANTECEDENTE.....	3
1.4	JUSTIFICACION.....	4
1.5	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	5
1.6	OBJETIVO ESPECIFICOS.....	5
1.7	HIPOTESIS GENERAL DEL PROYECTO.....	5
1.8	HIPOTESIS ESPECIFICAS.....	5
2	REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1	SUELO.....	6
2.1.1	Características físicas del suelo.....	6
2.1.1.1	Textura.....	8
2.1.1.2	Estructura.....	8
2.1.1.3	Densidad aparente.....	8
2.1.1.4	Densidad real.....	9
2.1.1.5	Porosidad.....	9
2.2	EL RIEGO.....	10
2.2.1	Ventajas del riego por aspersión.....	12
2.2.2	Limitaciones.....	12
2.2.3	Tipos de sistema de riego por aspersión.....	13
2.2.4	Eficiencia de riego.....	13
2.2.4.1	Eficiencia de captación.....	14
2.2.4.2	Eficiencia de almacenamiento.....	14
2.2.4.3	Eficiencia de conducción.....	14
2.2.4.4	Eficiencia de distribución.....	15
2.2.4.5	Eficiencia parcelaria.....	15
2.3	MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO.....	15
2.3.1	Conceptos sobre potencial del agua.....	15
2.3.2	Velocidad de infiltración del suelo.....	16
2.3.2.1	Velocidad de infiltración instantanea.....	16
2.3.2.2	Infiltracion acumulada o lámina acumulada.....	17
2.3.2.3	Velocidad de infiltración básica.....	17
2.3.2.4	Medida de la velocidad de infiltración.....	18
2.3.3	Contenido de humedad del suelo.....	19
2.3.4	Relaciones y constantes de humedad del suelo.....	20
2.3.4.1	Saturación.....	20
2.3.4.2	Capacidad de campo.....	20
2.3.4.3	Punto de marchitez permanente.....	21
2.3.4.4	Humedad disponible.....	21
2.3.4.5	Humedad aprovechable total.....	22
2.3.4.6	Humedad fácilmente aprovechable.....	23
2.4	EVAPOTRANSPIRACION, DEMANDA DE AGUA Y REQUERIMIENTO DE RIEGO.....	23
2.4.1	Evapotranspiración potencial.....	23
2.4.2	Evapotranspiración real.....	24
2.4.3	Cálculo de la demanda de agua por los cultivos.....	24
2.4.3.1	Método directo.....	24
2.4.3.2	Métodos indirectos.....	25
2.5	EVAPOTRANSPIRACION REAL DE UN CULTIVO.....	26
2.5.1	Coefficiente del cultivo.....	26
2.6	DEMANDA DE AGUA EN UN PROYECTO DE RIEGO.....	27
2.7	DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO O DEMANDA DE AGUA REAL.....	30
2.8	CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.....	30

2.9	CALIDAD DE AGUA DE RIEGO.....	34
2.10	EVALUACION ECONOMICA.....	36
2.10.1	Conceptos de evaluación de proyecto.....	37
2.10.2	Clases de evaluación de proyecto.....	37
2.10.2.1	Evaluación privada.....	37
2.10.2.1.1	Evaluación económica.....	37
2.10.2.1.2	Evaluación financiera.....	37
2.10.2.2	Evaluación social.....	38
2.10.3	Etapas previas a la evaluación económica y financiera.....	38
2.10.3.1	Cuantificación de costos y beneficios.....	38
2.10.3.2	Evaluación de flujos de fondos.....	38
2.10.3.3	Actualización de costos y beneficios.....	38
2.10.3.3.1	Valor actual neto (VAN).....	39
2.10.3.3.2	Tasa interna de retorno (TIR).....	40
2.10.3.3.3	Relación beneficio/costo (B/C).....	41
3	METODOS Y MATERIALES.....	43
3.1	ASPECTOS GENERALES DEL AREA DEL PROYECTO.....	43
3.1.1	Localización.....	43
3.1.1.1	Ubicación Política.....	43
3.1.1.2	Ubicación geográfica.....	43
3.1.2	Vías de comunicación.....	43
3.1.3	Beneficios.....	44
3.1.4	Climatología e hidro agrometeorología.....	44
3.1.4.1	Condiciones climáticas.....	44
3.1.4.2	Parámetros meteorológicos.....	44
3.1.5	Materiales.....	46
3.2	PLANTEAMIENTO METODOLOGICO.....	46
3.2.1	Estudios básicos.....	46
3.2.1.1	Hidrología.....	46
3.2.1.2	Análisis de información.....	49
3.2.1.3	Completación y extensión de información.....	49
3.2.1.4	Análisis de consistencia.....	50
3.2.1.5	Análisis de doble masa.....	50
3.2.1.6	Análisis estadístico.....	51
3.2.1.7	Análisis de tendencia.....	52
3.2.1.8	Calidad de agua.....	53
3.2.2	Estudio de suelos.....	54
3.2.2.1	Muestreo de suelos.....	54
3.2.2.2	Determinación de perfiles y horizontes (calicatas).....	55
3.2.2.3	Medida de la infiltración.....	57
3.2.3	Planteamiento del sistema de riego.....	58
3.2.4	Diseño del sistema de riego por aspersión.....	64
3.2.4.1	Riego por aspersión.....	64
3.2.4.2	Componentes.....	65
3.2.4.3	Criterios para el diseño de sistema de riego por aspersión.....	66
3.2.5	Diseño de sistema de riego por aspersión.....	70
3.3	EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE RIEGO.....	101
3.3.1	Evaluación privada.....	101
3.3.1.1	Valor actual neto (VAN).....	101
3.3.1.2	Tasa interna de retorno (TIR).....	101
3.3.1.3	Indicador beneficio costo (B/C).....	101
3.3.1.4	Evaluación social.....	102
4	RESULTADOS.....	103
4.1	ESTUDIOS BASICOS.....	103
4.1.1	Hidrología.....	103
4.1.1.1	Caudal disponible.....	118

4.1.1.2	Calidad de agua de riego.....	118
4.1.2	Resultados del estudio de suelo.....	122
4.1.3	Pruebas de infiltración.....	125
4.1.4	Planteamiento del sistema de riego.....	125
4.2	DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO.....	133
4.2.1	Perdida de carga.....	133
4.2.2	Calculo de diseño agronómico.....	133
4.2.3	Diseño del sistema de riego.....	133
4.2.3.1	Riego por aspersión.....	133
4.2.3.2	Componentes.....	134
4.2.3.3	Criterios para el diseño de sistema de riego por aspersión en ladera.....	142
4.3	EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE RIEGO.....	164
4.4	ANALISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO	169
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	174
5.1	CONCLUSIONES	174
5.2	RECOMENDACIONES.....	175
6	BIBLIOGRAFIA.....	176
	ANEXOS.....	178

RELACION DE CUADROS

Cuadro N° 01	Clasificación de la textura del suelo	7
Cuadro N° 02	Duración máxima diaria media de hora de fuerte insolación (n) y latitud sur (N)	25
Cuadro N° 03	Radiación extraterrestre media (rmd) expresada en equivalente de evapotranspiración (mm/día) para diferentes latitudes y mese.	26
Cuadro N° 04	Límite de la precipitación efectiva	28
Cuadro N° 05	Coefficiente para el cálculo de la precipitación efectiva	29
Cuadro N° 06	Profundidad del sistema radicular efectivo de algunos cultivos	31
Cuadro N° 07	Ruta 1: Cusco-Quebrada-Chahuares-Sangobatea	43
Cuadro N° 08	Ruta 2: Cusco-Echarate-Sangobatea	44
Cuadro N° 09	Temperatura	45
Cuadro N° 10	Precipitación	45
Cuadro N° 11	Precipitación media anual en las microcuencas	45
Cuadro N° 12	Estaciones seleccionadas para el área del proyecto	48
Cuadro N° 13	Estaciones que cuentan con diferentes periodos de registro históricos	48
Cuadro N° 14	Espaciamiento entre aspersores y laterales	67
Cuadro N° 15	Denominación de obras de arte	88
Cuadro N° 16	Precipitación total anual acumulada de las cuatro estaciones	104
Cuadro N° 17	Análisis regional de precipitación y ecuación de regresión	115
Cuadro N° 18	Precipitación total anual acumulada de las cuatro cuencas	116
Cuadro N° 19	Precipitación máxima de 24 horas	116
Cuadro N° 20	Variables climáticas	117
Cuadro N° 21	Caudal disponible de las tres fuentes hidrias superficiales	118
Cuadro N° 22	Análisis de calidad de agua del Sector Sangobatea	119
Cuadro N° 23	Análisis fisicoquímico de aguas	121
Cuadro N° 24	Resumen de análisis de agua y clasificación	122
Cuadro N° 25	Características físicas, químicas e hidrodinámicas de los suelos	124
Cuadro N° 26	Resultados de las pruebas de infiltración	125
Cuadro N° 27	Evapotranspiración potencial	126
Cuadro N° 28	Resumen de la evapotranspiración potencial anual en mm	126
Cuadro N° 29	Los métodos / variables y la evapotranspiración asumida	127
Cuadro N° 30	Valores de kc ponderado	128
Cuadro N° 31	Precipitación efectiva al 75% en el área de estudio (Sanbobatea)	128
Cuadro N° 32	Cálculo de la demanda de agua con proyecto de riego por aspersión 42.9 ha (kasungatiari)	130
Cuadro N° 33	Cálculo de la demanda de agua con proyecto de riego por aspersión 42.9 ha (pinchiquiato)	131
Cuadro N° 34	Cálculo de la demanda de agua con proyecto de riego por aspersión 14.3 (Tarangani)	132
Cuadro N° 35	Línea de conducción presurizada kasungatiari - I	135
Cuadro N° 36	Obras de arte a lo largo de la línea de conducción kasungatiari - I	135
Cuadro N° 37	Línea de conducción presurizada kasungatiari - II	136
Cuadro N° 38	Obras de arte a lo largo de la línea de conducción kasungatiari - II	136
Cuadro N° 39	Línea de conducción presurizada pinchiquiato	137
Cuadro N° 40	Obras de arte a lo largo de la línea de conducción pinchiquiato	137
Cuadro N° 41	Línea de conducción presurizada Tarangani	138
Cuadro N° 42	Obras de arte a lo largo de la línea de conducción tarangani	138
Cuadro N° 43	Cámara rompe presión del sistema kasungatiari - I	139
Cuadro N° 44	Cámara rompe presión del sistema kasungatiari - II	139
Cuadro N° 45	Cámara rompe presión del sistema pinchiquiato	140
Cuadro N° 46	Cámara rompe presión del sistema tarangani	140
Cuadro N° 47	Hidrantes en los tres sistemas de riego	141
Cuadro N° 48	Válvulas de purga en los tres sistemas de riego	141
Cuadro N° 49	Registro de aforos en (m ³ /s)	144
Cuadro N° 50	Calendario agrícola de siembra/plantación y cosecha (Sangobatea)	145
Cuadro N° 51	Presupuesto del sistema de riego por aspersión del sector Sangobatea	165
Cuadro N° 52	Costos del proyecto	166
Cuadro N° 53	Costo y valor de producción agrícola	166
Cuadro N° 54	Mano de Obra, actividades agrícolas	166
Cuadro N° 55	Beneficios del Proyecto	166
Cuadro N° 56	Tasa interna de retorno y Valor actual neto a precios privados	167
Cuadro N° 57	Tasa interna de retorno y Valor actual neto a precios sociales	168
Cuadro N° 58	Factores ambientales que serán afectados por el proyecto en las etapas de construcción y operación y mantenimiento	169
Cuadro N° 59	Elementos y Acciones que Pueden Causar Impactos	170
Cuadro N° 60	Matriz de Leopold modificada	173

RELACION DE TABLAS

TABLA N° 01	Datos para calcular el valor de (pHc)	36
TABLA N° 02	Cálculo de (pHc)	54
TABLA N° 03	Profundidad del sistema radicular efectivo de algunos cultivos	71
TABLA N° 04	% del rango de humedad aprovechable (f) para distintos cultivos FAO	72
TABLA N° 05	Fracción granulométrica	74
TABLA N° 06	Densidad aparente	75
TABLA N° 07	Textura del suelo y Velocidad de infiltración básica	75
TABLA N° 08	Valores de Eficiencia de aplicación	77
TABLA N° 09	Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo	86
TABLA N° 10	Valores de C según Hazen Williams	87
TABLA N° 11	Valores del modulo de elasticidad volumétrico.	98

RELACION DE FIGURAS

FIGURA N° 01	Triangulo de texturas para determinar la clase textural según los porcentajes de arcilla, limo y arena.	8
FIGURA N° 02	Croquis de ubicación de las pruebas de infiltración, muestreo de suelo y calicatas	56
FIGURA N° 03	Línea Móvil de aspersores	93

RELACION DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1	Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Quillabamba	104
GRAFICO N° 2	Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Quillabamba	105
GRAFICO N° 3	Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Quillabamba	106
GRAFICO N° 4	Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Machupicchu	108
GRAFICO N° 5	Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Machupicchu	108
GRAFICO N° 6	Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Huyro	110
GRAFICO N° 7	Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Huyro	111
GRAFICO N° 8	Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Cirialo	112
GRAFICO N° 9	Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Cirialo	113

RESUMEN

La presente tesis lleva como título **“PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITENI – DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO”**, ubicado en el Sector de Sangobatea, Distrito de Echarate, Provincia de La Convención, Departamento de Cusco y geográficamente se encuentra a 12°35'47" de latitud sur y 72°56'28" de longitud Oeste, a una altitud media de 963.00 msnm., con el presente estudio se beneficiará a 54 familias (324 habitantes), se logra la inclusión de 100 hectáreas a la actividad agrícola, se dispondrá de un caudal de 49 l/s. y se abastecerá de agua con fines de riego a flujo continuo durante 24 horas del día con una frecuencia de riego de cada 5 días.

En la elaboración del presente estudio se ha tenido que cumplir dos etapas bien definidas: la primera etapa consiste en la fase de campo, en el cual se realizó el reconocimiento de campo o el diagnóstico de área del estudio, fuente de agua, recopilación de información, pruebas de infiltración, determinación de la distribución de las redes de riego, así mismo la ubicación de estructura de captación, regulación.

La segunda etapa consiste en los estudios realizados en el gabinete, con los análisis de los datos obtenidos en el campo tales como el procesamiento de datos topografía, pruebas de infiltración de suelo, análisis de los datos meteorológicos y la realización de balance con fines de diseño del sistema de riego por aspersión.

La disponibilidad de agua con fines de riego está dada a través de 04 fuentes hídricas denominadas Kasungatiari, Pinchiquiato, Kincurishiato y Manuntuari con una oferta hídrica total de 50 l/s. La calidad de estas aguas para fines de riego corresponde a las clases de C1S1, lo que indica que es bueno para riego.

Se plantea para la zona de estudio tres sistemas de riego por aspersión independientes, su diseño será para 42.86 has del sistema de riego Kasungatiari, 42.86 has del sistema de Pinchiquiato y 14.28 has del sistema de Tarangani. La línea de conducción presurizada Kasungatiari – I será de 1820m de tubería de

diseño telescópico de $\varnothing = 6''$ el caudal que transporta es de 21 l/s. y los aspersores elegidos son VYR26 de $\varnothing 1/2''$, VYR35 de $\varnothing 3/4''$ Y VYR70 de $\varnothing 3/4''$.

La línea de conducción presurizada Kasungatiari – II será de 2252 m de tubería de diseño telescópico de $\varnothing = 6''$ el caudal que transporta es de 21 l/s. y los aspersores elegidos son VYR26 de $\varnothing 1/2''$, VYR35 de $\varnothing 3/4''$ Y VYR70 de $\varnothing 3/4''$.

La línea de conducción presurizada Pinchiquiato será de 1063 m de tubería de diseño telescópico de $\varnothing = 6''$ el caudal que transporta es de 21 l/s. y los aspersores elegidos son VYR26 de $\varnothing 1/2''$, VYR35 de $\varnothing 3/4''$ Y VYR70 de $\varnothing 3/4''$.

La línea de conducción presurizada Tarangani será de 2893 m de tubería de diseño telescópico de $\varnothing = 4''$ el caudal que transporta es de 7 l/s. y los aspersores elegidos son VYR26 de $\varnothing 1/2''$, VYR35 de $\varnothing 3/4''$ Y VYR70 de $\varnothing 3/4''$.

Con estas características económicamente el sistema de riego por aspersión en ladera se tiene que el VAN es de S/. 40,117.94, con TIR de 11.27% y la relación B/C es 1.01, lo que significa que el sistema de riego por aspersión en ladera es **rentable**, con un presupuesto de S/. 3, 576,435.35.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

En el Perú, país poseedor de un rico territorio, de variados recursos naturales, con gran tradición de trabajo colectivo, una cultura milenaria y una población joven y en crecimiento, teóricamente podría vivir con bienestar material y apoyar el desarrollo de otros pueblos del mundo.

Sin embargo, debido a políticas equivocadas nuestro país estuvo sumido hasta 1990 en crisis generalizada especialmente el sector agrario.

Es indiscutible la importancia que tiene los recursos naturales agua y suelo en el desarrollo económico del país. Su empleo en forma racional y eficiente solo puede lograrse mediante un adecuado planteamiento integral de la unidad de producción que es la cuenca hidrográfica, a través de acciones de conservación manejo y aprovechamiento de estos recursos.

El éxito de las actividades agrícolas depende en gran medida de la productividad que se obtenga de las especies cultivadas. Esta a su vez, es consecuencia de proveerles el recurso hídrico necesaria para su desarrollo en cantidad, calidad y oportunidad adecuada siempre que existan las condiciones convenientes de clima, presencia de nutrientes y se realice un efectivo control de plagas y enfermedades.

El recurso hídrico juega un papel muy importante en el crecimiento de la planta, y constituye el canal por el cual por el cual circula los nutrientes, forma la mayor parte de ella. Es así que la aplicación del agua en forma de lluvia o aspersion da origen a la agricultura intensa para que sea económicamente competitiva y rentable.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Periodo de insuficiencia del recurso hídrico en el área del cultivo es una de las causas de que los cultivos presenten un bajo rendimiento y por ende exista la baja producción agrícola en el sector Sangobatea. La temporalidad de las precipitaciones ocasiona que los cultivos no cuenten con la cantidad suficiente de agua en el momento oportuno, ocasionando generalmente stress hídrico en los meses de mayo a setiembre afectando negativamente los rendimientos de los cultivos, lo que se traduce en una disminución de la producción agrícola. La inaccesibilidad al recurso hídrico es una de las principales causas de los bajos rendimientos en el sector de Sangobatea, a pesar de que actualmente existen cuatro fuentes de agua superficial como son los rio Kasungatiari, rio Pinchiquiato, rio kinkurisiato y el manante manuntuari. En épocas de estiaje, la superficie agrícola de la zona no es cultivada debido al periodo de insuficiencia de agua para riego, además que no permite intensificar el uso de los suelos bajo riego. Otro de los problemas que existe en el área de estudio es la topografía con pendientes muy pronunciadas.

El manejo inadecuado de los cultivos permanentes y temporales, con bajos niveles tecnológicos de producción, son también causantes principales de la baja producción agrícola, debido solamente al uso de insumos tradicionales, ausencia de prácticas de fertilización, incipiente manejo de prácticas culturales.

Tienen deficiente capacidad de gestión para la producción y la comercialización, donde se observa en forma generalizada una débil organización de usuarios con fines productivos de riego y de comercialización; los cuales inciden directamente en una débil capacidad de gestión para los procesos productivos y la comercialización de los productos agrícolas.

1.3. ANTECEDENTE

En años anteriores se ha realizado diversos estudios del sistema de riego por aspersión en el distrito de Echarate, de los cuales mencionaremos los estudios que se han ejecutado al cercano del área del proyecto:

- ✓ En el año 2008, se ejecuta el estudio definitivo del proyecto de construcción del sistema de riego en el sector de Terebinto – Piedra Blanca, Distrito de Echarate – La Convención – Cusco”. La infraestructura propuesta permitirá el riego de 78 ha por aspersión, la cual se beneficia 32 familias. De acuerdo al estudio agrológico y las evaluaciones efectuadas en campo, la cedula de cultivos y la distribución espacial, está conformada por cultivos perennes tales como: café, cacao, cítricos, plátanos, achiote, papaya, annona, caña de azúcar. Asimismo se tiene cultivos anuales como: yuca, maíz, piña, uncucha, soya, fréjol, tomate, sandía.

- ✓ En el año 2008, se ejecuta el estudio definitivo del proyecto de construcción del sistema de riego en el sector de Rosariomayo – Ichupampa - Huaynapata, Distrito de Echarate – La Convención – Cusco”. La infraestructura propuesta permitirá el riego de 110 ha por aspersión, la cual se beneficia 58 familias. De acuerdo al estudio agrológico y las evaluaciones efectuadas en campo, la cedula de cultivos y la distribución espacial, está conformada por cultivos perennes tales como: cacao, café, cítricos, papaya, plátanos, piña, coca, mango, achiote. Asimismo se tiene cultivos anuales como: maíz, yuca, fréjol, uncucha.

- ✓ En el año 2009, se ejecuta el estudio definitivo del proyecto de construcción del sistema de riego en el sector de Santoato, Kiteni, Distrito de Echarate – La Convención – Cusco”. La infraestructura propuesta permitirá el riego de 104.83 ha por aspersión, la cual se beneficia 41 familias. De acuerdo al estudio agrológico y las evaluaciones efectuadas en campo, la cedula de cultivos y la distribución espacial, está conformada por cultivos perennes tales como: cacao, café, achiote, coca, cítricos. Asimismo se tiene cultivos anuales como: yuca, maíz duro, fréjol de palo.

1.4. JUSTIFICACION

En numerosas comunidades campesinas de la provincia de La Convención los agricultores practican una agricultura que se podría considerar la de subsistencia, baja producción, debido a la insuficiencia durante un periodo del recuso hídrico, y conocimiento de metodologías apropiadas en la aplicación de agua al suelo; en la actualidad el Sector Sangobatea no cuenta con la infraestructura de riego tecnificado, razón por la cual las autoridades locales y agricultores del Distrito de Echarate priorizaron mediante el presupuesto participativo 2007, el proyecto de irrigación “Sistema de Riego en el Sector de Sangobatea”

La insuficiencia durante un periodo del recurso hídrico en sus predios incide directamente en los bajos niveles de producción agrícola, que genera problemas de abandono de la actividad agraria; bajos rendimientos, disminución del grado de integración al mercado, migración de los pobladores, y la postergación socio económico del poblador de Sangobatea.

En este sentido se identificó áreas potenciales de riego para los cuales se recomienda las mejores formas de utilización, con una adecuada cédula de cultivo que permitirá optimizar el uso de la tierra, con respecto al diseño hidráulico y agronómico, con respecto a la disponibilidad del recurso hídrico, optimizando el uso del agua, que además permitirá ampliar la frontera agrícola bajo riego, a su vez se elevará la producción de alimentos para autoconsumo y el mercado.

En presente propuesta para el diseño del sistema de riego por aspersion es una alternativa para la mayoría de regiones con características del sector Sangobatea de riego en ladera que en la actualidad, aquejan diversos problemas entre otros la erosión de los suelos en pendientes pronunciadas, a este se atribuye la baja productividad y rentabilidad de los cultivos.

1.5. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

- ✓ Realizar la propuesta metodológica del diseño de sistema de riego por aspersión en ladera, y determinar la rentabilidad económica del sistema de riego por aspersión en el Sector Sangobatea.

1.6. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Proponer una cedula de cultivo óptimo en la zona de estudio.
- ✓ Diseñar el planteamiento agronómico, hidráulico del sistema de riego por aspersión en ladera.
- ✓ Determinar la rentabilidad económica del sistema de riego por aspersión.

1.7. HIPOTESIS GENERAL DEL PROYECTO

- ✓ Al diseñar un sistema de riego por aspersión, permite a incrementar los niveles de la producción agrícola, y el uso racional y adecuado del recurso hídrico y por ende a mejorar los ingresos económicos.

1.8. HIPOTESIS ESPECIFICAS

- ✓ Al proponer una optima cedula de cultivo incrementa la productividad en la zona del estudio.
- ✓ Con un adecuado diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión en ladera se optimiza el uso de agua en su aplicación a los predios.
- ✓ Con sistema de riego por aspersión en ladera se genera incremento económico para los productores en el ámbito de estudio respecto a estudios sin proyecto.

2. REVISION DE LITERATURA

Conceptos básicos de riego

2.1. SUELO

AMARO, G (1992) Es un sistema heterogéneo y poli disperso conformado de elementos sólidos (minerales y orgánicos). Líquidos y gaseosos, caracterizados por propiedades específicas adquiridas durante su evolución que le confiere la capacidad de poder satisfacer en mayor o menor medida las necesidades vitales de crecimiento y desarrollo de la planta.

OLARTE, W (2002) Se puede conceptualizar el suelo como un medio natural poroso que sirve para almacenar cierta cantidad de agua que luego será extraído por las plantas para satisfacer sus demandas ocasionadas como consecuencia de la producción de cosechas.

A parte de las definiciones clásicas y específicas, por las cuales el suelo es considerado un medio de sostén de las plantas y de abastecimiento de nutrientes para la producción de tejidos; desde el punto de vista de la relación agua suelo planta, es decir, desde el punto de vista de riego, se puede conceptualizar al suelo como un medio natural poroso que sirve para almacenar cierta cantidad de agua que luego será extraída por las plantas para satisfacer sus demandas ocasionadas como consecuencia de la producción de cosechas.

2.1.1. Características físicas del suelo

OLARTE, W (2002) El suelo como un medio poroso, es un sistema compuesto por tres componentes básicos: fase sólida, fase líquida y fase gaseosa.

2.1.1.1. Textura

AVIDAN A. (1994) La textura expresa el porcentaje, a base del peso, de cada una de las cuatro fracciones del suelo. La clasificación de la textura según la sociedad

internacional de la ciencia del suelo agrupada a las partículas del suelo en fracciones de acuerdo a su diámetro.

CUADRO N° 1: Clasificación de la textura del suelo

FRACCION DEL SUELO	DIAMETRO EQUIVALENTE DE LAS PARTICULAS (mm)
Arena gruesa	2.0 - 0.2
Arena Fina	0.2 - 0.02
limo	0.02 - 0.002
Arcilla	inferior a 0.002

Fuente AVIDAN A. (1994) Pag.3

La textura del suelo se determina por medio del análisis mecánico. Se toman en cuenta únicamente las fracciones con diámetro inferior a 2mm. El análisis comprende tres etapas:

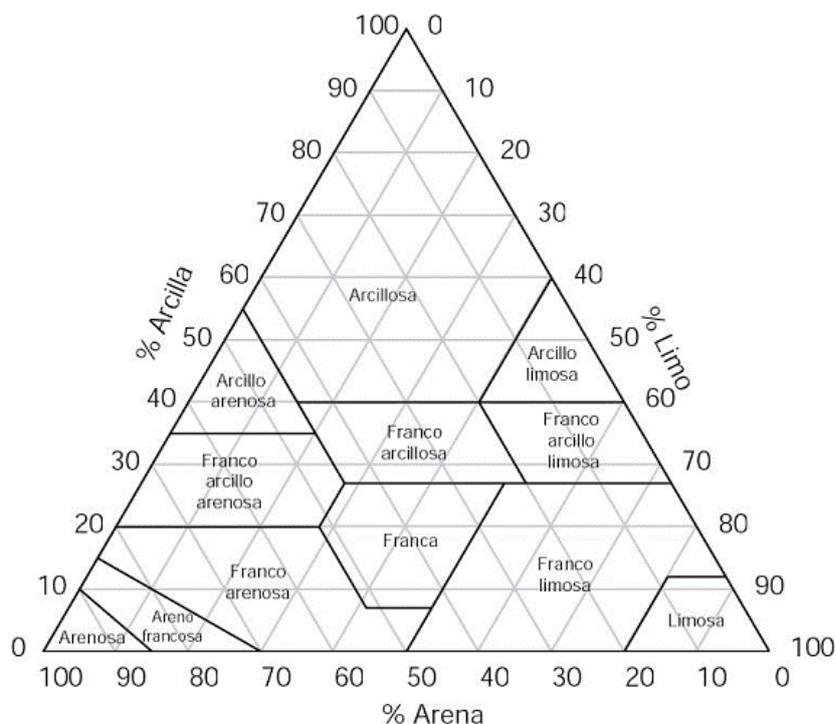
- ✓ Separación de las partículas minerales (ligadas generalmente por materia orgánica, por cationes de Calcio o por Óxidos de hierro).
- ✓ Preparación de una solución estable del suelo, donde las partículas se encuentran en suspensión.
- ✓ Sedimentación de las partículas del suelo.

La sedimentación de la partícula finas se rige por la ley de Stokes la cual expresa la relación entre la velocidad de decantación, en un liquido, de una partícula esférica y el diámetro de dicha partícula.

Existen varios métodos para separar a las partículas de acuerdo a su tamaño. El comúnmente al empleado de laboratorio de suelo es el método del hidrómetro con el cual se determina el peso específico de la solución del suelo a intervalos prefijos. Se emplea el "hidrómetro de Bouyocuous" que está directamente calibrado en porcentaje de partículas.

De acuerdo al porcentaje (a base de peso) en cada fracción del suelo, se definirá la textura de este, recurriendo al triangulo de texturas.

Figura N° 1: Triangulo de texturas para determinar la clase textural según los porcentajes de arcilla, limo y arena.



FUENTES, J (2003) la textura de un suelo hace referencia a la proporción relativa de arena, limo y arcilla que contiene. Atendiendo a su textura, los suelos se clasifican en arenosos, limosos y arcillosos.

2.1.1.2. Estructura

CALDERON, L, VAN DEN, B (2004) se denomina estructura a la modalidad de agrupación de las partículas de suelo, en unidades llamadas agregados, por acción de la arcilla, materia orgánica y algunos cementantes inorgánicos (óxido de Fe, Al). La cohesión entre ellas forman la estructura de suelo, desde granos pequeños hasta bloques grandes.

2.1.1.3. Densidad aparente

VASQUEZ, A, NAVARRO L (1992) densidad aparente o densidad seca, representa la relación que existe entre el peso del suelo seco o peso de sólidos y el volumen

total de una muestra de suelo no disturbada, cuyos valores se expresan generalmente en g/cm³, t/m³ o kg/dm³

OLARTE, W (2002) se llama así a la relación que existe entre la masa de un suelo seco y su volumen en condiciones naturales. Es decir, el peso del suelo seco por unidad de volumen total (conteniendo todos sus poros). La densidad aparente viene dada por:

$$D_{ap} = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

Donde:

D_{ap} = Densidad aparente (gr/cm³)

P_{ss} = Peso de suelo seco a estufa a 105 °C (gr)

V_t = Volumen total (cm³)

2.1.1.4. Densidad real

OLARTE, W (2002) Es la relación que existe entre la masa de un suelo seco por unidad de volumen real de sus partículas.

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

Donde:

D_r = Densidad real (gr/cm³)

P_{ss} = Peso de suelo seco a estufa a 105 °C (gr)

V_t = Volumen solo de la parte sólida del suelo (cm³)

2.1.1.5. Porosidad

OLARTE, W (2002) Es el volumen de un suelo ocupado por los espacios vacíos o poros. Es decir, es la porción del suelo no ocupado por las partículas sólidas. La porosidad se expresa a través de la relación siguiente:

$$P = \frac{V_t - V_s}{V_t} \text{ o } P = 1 - \frac{d_a}{d_r}$$

Donde:

P = Porosidad

d_a = Densidad aparente

d_r = Densidad real

FUENTES, J (2003) La porosidad de un suelo es la fracción de volumen del mismo no ocupado por la materia sólida. Viene condicionado por su textura y estructura.

2.2. EL RIEGO

BENITES, A (2001) **El riego** es una práctica que se viene aplicando desde tiempos inmemoriales, el desarrollo antiguo de las civilizaciones dependían en gran parte de las practicas de riego que en ese entonces utilizaban.

ISRAELSEN, W (1975) **El riego por aspersión**. El método de aplicar el agua al suelo en forma de rociada, a veces como una lluvia ordinaria, se ha encontrado muy práctico.

OLARTE, W (2002) En términos generales, se puede conceptualizar al riego como la **ciencia** y **arte** de aplicar el agua al perfil del suelo en la cantidad suficiente y en el momento oportuno, para reponer el agua consumida por los cultivos o el agua requerida para suavizarlo y hacerlo laborable para las actividades agrícolas.

Características

- ✓ CIENCIA. Porque su diseño requiere de conocimiento de ciertas leyes físicas validadas.
- ✓ ARTE. Por que toma en cuenta la habilidad y destreza del usuario

Objetivos del riego

- ✓ Aplicar agua en la cantidad suficiente y en el momento oportuno para brindarle a las plantas las mejores condiciones de humedad.
- ✓ Mejorar las condiciones ambientales para el desarrollo del vegetal.
- ✓ Disolver los nutrientes del suelo.
- ✓ Intensificar el uso del suelo.
- ✓ Incrementar la producción y la productividad por m³ de agua utilizada.

Tener en cuenta las siguientes precauciones para desarrollar el riego tecnificado

- ✓ Evitar la erosión hídrica del suelo y promover su conservación.
- ✓ Aplicar en forma uniforme y eficiente haciendo del riego una actividad rentable.
- ✓ Distribuir el agua de una manera equitativa.
- ✓ Evitar el lavado de nutrientes naturales o artificiales aplicados al suelo.
- ✓ Evitar la acumulación de sales en el perfil del suelo.
- ✓ Regar la mayor superficie posible de áreas.

Métodos de riego

FUENTES, J (1996) Los métodos de riego son las diferentes formas y maneras de aplicar el agua a los cultivos. Entre estos podemos mencionar:

a. Riego por gravedad.

Riego por inundación.

Desbordamiento.

Melgas rectangulares (en contorno secciones grandes de inundación).

Pozas (secciones pequeños o tazas).

Surcos (retos, en contorno, corrugaciones).

b. Riego por presión.

Riego por aspersion.

Riego por goteo.
Riego por micro aspersión.
Microyot.
Riego por pulsos.

c. Riego sub superficial.

Sub irrigación natural.
Sub irrigación artificial.

2.2.1. Ventajas del riego por aspersión

OLARTE, W (2002)

- ✓ No esta supeditada a la topografía del suelo.
- ✓ Se adapta mejor, al mayor numero de cultivos.
- ✓ Es posible aplicar láminas muy pequeñas.
- ✓ Es un riego mas uniforme.
- ✓ Es más eficiente, es decir emplea menor cantidad de agua.
- ✓ No requiere construir infraestructura dentro de las parcelas que obstaculicen las labores culturales.
- ✓ Se puede aplicar las fertilizantes, economizando mano de obra.
- ✓ Es de fácil operación, así como de sencillo aprendizaje.
- ✓ De fácil incorporación a plantaciones ya existentes tales como frutales.
- ✓ Adecuado para cultivos rentables.
- ✓ Permite intensificar el uso del suelo.
- ✓ Es efectivo para la lucha contra heladas.
- ✓ En la zona andina, no demanda de costos de energía.
- ✓ No se contamina el agua.
- ✓ Es una alternativa tecnológica para la producción conservacionista en laderas.

2.2.2. Limitaciones

OLARTE, W (2002)

- ✓ Costo de inversión inicial elevado.
- ✓ Los vientos fuertes constituyen un serio problema, muchas veces distorsionan la superficie de riego.
- ✓ Es antieconómico cuando su uso es intermitente.
- ✓ Agua de riego con sales pueden quemar el follaje de las plantas.

2.2.3. Tipos de sistemas de riego por aspersión

OLARTE, W (2002) Los sistemas de riego por aspersión pueden clasificarse desde diversos puntos de vista.

- ✓ Por su magnitud
- ✓ Por su forma de operación
- ✓ Por la presión aplicada al sistema
- ✓ Por el nivel tecnológico empleado

2.2.4. Eficiencia de riego

BENITES, C (2001) Toda el agua se aplica al suelo no es aprovechada por la planta; así como toda el agua que se capta en la bocatoma no llega a la parcela. Algunos sistemas, tanto de conducción como de aplicación, pierden mas agua que otro. A los que menos agua pierden se les denomina más eficiente.

OLARTE, W (2002) La eficiencia de riego (E_r), se refiere a la cantidad de agua que se coloca en el perfil del suelo en relación con la cantidad de agua que se deriva de la fuente. La eficiencia de riego se considera como el producto de varias eficiencias parciales tales como:

- ✓ Eficiencia de captación (E_{cap}).
- ✓ Eficiencia de almacenamiento (E_{al}).
- ✓ Eficiencia de conducción (E_c).
- ✓ Eficiencia de distribución (E_d).

- ✓ Eficiencia parcelaria (E_p).

$$E_r = E_{cap} \times E_{al} \times E_c \times E_d \times E_p$$

2.2.4.1. Eficiencia de captación

OLARTE, W (2002) Es la relación existente entre el caudal de agua captado realmente en la fuente (Q_c) y el que se ha programado captar (Q_{pc}).

$$E_{cap} = \frac{Q_c}{Q_{pc}} \times 100$$

2.2.4.2. Eficiencia de almacenamiento

OLARTE, W (2002) Es la relación que existe entre la cantidad de agua que sale del reservorio (A_{sr}) y la cantidad de agua que entra al mismo (A_{er}). Esta eficiencia se ve disminuida por las pérdidas por evaporación y filtración a través de las paredes o taludes.

$$E_{al} = \frac{A_{sr}}{A_{er}} \times 100$$

2.2.4.3. Eficiencia de conducción

BENITES, C (2001) definida como el caudal de agua que se capta en la bocatoma y es entregado al canal principal al inicio del área de riego. Se determina con el aforo en el punto de captación y el realizado a la entrada del área del riego.

$$E_{fc} = \frac{Q_e}{Q_c}$$

- E_{fc} = Eficiencia de conducción
- Q_c = Caudal de captación en bocatoma (l/s)
- Q_e = Caudal a la entrada del área de riego (l/s)

2.2.4.4. Eficiencia de distribución

FAO (1976) A fin de cuantificar el agua necesaria para satisfacer las necesidades de riego en el campo, habrá que determinar la eficiencia del sistema de distribución. Esta eficiencia se define como el promedio entre la cantidad de agua que se recibe en la entrada del campo y la cantidad que sale de la cabecera.

2.2.4.5. Eficiencia parcelaria

OLARTE, W (2002) Es la relación que existe entre la cantidad de agua colocada en el perfil del suelo con respecto a las pérdidas por evaporación durante la aplicación (e) que dependen del clima que tiende a evaporar las gotas de agua que salen del aspersor y la uniformidad con que se aplica el agua a la superficie del suelo (cu).

$$Ep = 1 - \left[(100 - e) \left(0.5 \times \frac{cu}{200} \right) \right] \times 100$$

La **eficiencia de aplicación** de agua para el método de riego por aspersión es considerado 0.65 – 0.85

2.3. MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO

2.3.1. Concepto sobre potencial del agua

OLARTE, W (2002) El concepto de **potencial del agua** en un determinado medio como el de: planta, suelo y atmósfera, hace referencia a la intensidad de las fuerzas que tienden a retener el agua en dicho medio y en consecuencia, a la magnitud del trabajo que es preciso realizar para extraer el agua de ese medio.

2.3.2. Velocidad de infiltración del suelo

OLARTE, W (2002) La infiltración es la entrada vertical del agua desde la superficie hacia las capas mas profundas del perfil del suelo. Esta información es muy importante por que va a condicionar el tiempo de riego y el diseño del sistema. La velocidad de infiltración depende de varios factores, entre ellos los más importantes son.

1. La lamina de agua aplicada
2. La textura y la estructura del suelo
3. El contenido inicial de agua en el suelo
4. La conductividad hidráulica del suelo saturado "K"
5. El estado de la superficie del suelo.
6. La presencia de estratos y capas endurecidas.
7. La profundidad de la capa freática.

2.3.2.1. Velocidad de infiltración instantánea (I)

VASQUEZ, A, NAVARRO, L (1992) Llamado simplemente velocidad de infiltración, puede ser definida como la velocidad de entrada vertical del agua en el perfil del suelo, cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina delgada de agua. La función que describe la velocidad de infiltración en un punto cualquiera, es un modelo exponencial de la forma:

$$I = a \times T_o^b$$

I = Velocidad de infiltración, mm/hora, cm/hora

To = Tiempo de oportunidad (tiempo de contacto del agua con el suelo), min, horas.

a = Coeficiente que representa la velocidad de infiltración pa To = 1.0 min.

b = Exponente que varía entre 0 y -1.

2.3.2.2. Infiltración acumulada o lámina infiltrada acumulada (ICUM).

OLARTE, W (2002) La cantidad de agua que penetra en el perfil del suelo es acumulada en el tiempo, determinando una lámina de agua. Calculo por tanto se efectuara integrando la ecuación de la infiltración instantánea en función del tiempo.

$$I_{cum} = \frac{a}{60(b+1)} \times t_0^{b+1}$$

FUENTES, J (2003) Es la cantidad de agua que se infiltra en la unidad de superficie de un suelo a lo largo de un tiempo determinado. Se mide en mm de altura de agua.

2.3.2.3. Velocidad de infiltración básica (Vlb).

BENITES, C (2001) Se presenta cuando la velocidad instantánea no tiene variación significativa (es menor o igual al diez por ciento de su valor) entre dos valores continuos, para un periodo estándar de tiempo. En riego se debe considerar ésta velocidad de infiltración, que es la que se presenta en la mayor parte del tiempo.

En la mayoría de los suelos, la velocidad de infiltración disminuye durante el lapso de tiempo en que se riega. Suele ser relativamente grande al principio y disminuye gradualmente hasta alcanzar un valor constante, se suele denominar velocidad de absorción básica.

El tiempo en el cual se logra la velocidad de infiltración básica, se encuentra igualando la derivada de la velocidad de infiltración con el 0.1 del mismo valor.

$$\frac{dI}{dT} = -0.1I$$

Así se tiene que

$$\frac{d(aT^b)}{dT} = -0.1(aT^b)$$

$$T_{bcs} = -10b \text{ (en horas)}$$

$$T_{bcs} = -600 \text{ (en minutos)}$$

Entonces

$$I_{bcs} = aT_{bcs}^b$$

2.3.2.4. Medida de la velocidad de infiltración

OLARTE, W (2002) Varios métodos se han desarrollado para medir la velocidad de infiltración de los suelos, tales como la utilización de cuadros elaborados en función a la textura, método de los infiltrómetros, método del surco infiltrómetro y otros. Para los fines de diseño de pequeños sistemas de riego por aspersión dos son los métodos más recomendados.

a. Método de los infiltrómetros

OLARTE, W (2002) El método del infiltrómetro de anillos concéntricos es el mas recomendado para diseños de riego por aspersión y goteo, consiste en verter el agua en el infiltrómetro cilíndrico colocado sobre el terreno y medir en tiempos sucesivos la disminución de altura del agua vertida en el. El movimiento del agua en el suelo es vertical y horizontal, para evitar el error de la medida de la infiltración horizontal, el infiltrómetro de anillos concéntricos dispone de otro cilindro concéntrico exterior de mayor diámetro y se vierte agua entre los dos cilindros; de esta manera se corrige el error causada por la infiltración lateral.

Las recomendaciones bibliográficas señalan que el cilindro central debe tener un diámetro no menor de 30cm. Y una longitud superior a los 30cm. Es recomendable que el acero tenga un espesor de 2mm y vaya provisto de un borde con filo, con el fin de introducirlo con facilidad en el terreno sin disturbar la estructura del suelo.

El proceso de medición es de la siguiente forma:

- ✓ Se coloca el infiltrómetro en un lugar elegido como representativo del área
- ✓ De estudio y se introduce en el suelo mediante golpes de martillo hasta que haya penetrado 10-15cm. Se procurará en todo momento que el cilindro no quede inclinado, con el fin de evitar que se alteren las condiciones de la superficie del suelo.

- ✓ Se llena de agua el espacio comprendido entre ambos cilindros hasta una altura de 5cm y se mantiene constante esa altura de agua durante todo el proceso.
- ✓ Inmediatamente después se llena de agua el cilindro interior hasta una altura de 5cm rápidamente se marca este nivel, que ha de servir de referencia a las lecturas posteriores, y se anota el momento de la operación.
- ✓ Se realizan mediciones de la altura de agua del cilindro interior a intervalos periódicos de 5 minutos, anotando los valores observados hasta observar que la infiltración se haga constante, lo que se alcanzaría antes en suelos arenosos que en los arcillosos.

2.3.3. Contenido de humedad del suelo

BENITES, C (2001) El contenido de humedad del suelo vendría a ser el porcentaje de la humedad del suelo (agua), referida al total suelo. Cuando se relaciona el peso del agua, con el peso del suelo seco (a la estufa por 24 horas), se dice que el contenido de humedad está en base al peso seco (% peso). Si el agua esta referida a volumen (V_{ag}) y se relaciona con el volumen total del suelo (V_{ts}) se tiene el contenido de humedad en base a volumen (% Vol). Si se entiende que la densidad aparente del suelo (D_{aps}), es la relación del peso del suelo seco entre su volumen es igual al contenido de humedad en base a volumen es igual al contenido de humedad en base a peso por la densidad aparente.

Es mucho mas practico determinar el contenido de humedad del suelo en base a peso seco, por el método gravimétrico; para lo cual se toma una muestra de suelo al natural (húmeda) y se le pesa (P_h); luego es colocado a la estufa a 105° , con el fin de eliminarle el agua y obtener el **peso seco (Ps)**. La diferencia de ambos entre el peso del suelo desecado, multiplicando por cien, nos da el porcentaje de humedad en base a peso.

$$\% \text{Peso} = \frac{p_h - p_s}{p_s} \times 100$$

$$\%Peso = \frac{pag}{ps} \times 100$$

$$\%Vol = \frac{Vag}{Vts} \times 100$$

2.3.4. Relaciones y constantes de humedad del suelo

OLARTE, W (2002) El contenido de humedad de un suelo depende de muchos factores y dentro de ellos básicamente de sus propiedades físicas tales como la capacidad de retención y del tipo de fuerza física que retiene.

2.3.4.1. Saturación (S)

FUENTES, J (2003) Un suelo esta saturado cuando sus poros estan ocupados por agua. Esta situación se presenta después de una lluvia copiosa o de un riego abundante, o cuando existe un estrato impermeable a poca profundidad. Cuando a un suelo saturado se le deja drenar, el agua sobrante pasa al subsuelo por la acción de la gravedad. El agua eliminada de esta forma, que no es retenida por el suelo, se llama agua libre o gravitacional.

Cuando el estado de suelo saturado se prolonga, las raíces de las plantas no acuáticas se mueren por falta de respiración.

2.3.4.2. Capacidad de campo (CC)

OLARTE, W (2002) Llamado también capacidad normal de campo, field capacity, témpero, etc. Se dice que un suelo se encuentra a capacidad de campo, cuando el suelo retiene la máxima cantidad de agua que le permita sus microporos y cuando se ha recompuesto el aire en los macroporos.

Es decir que se ha cesado el drenaje libre de agua. De esta manera, se puede afirmar que la capacidad de campo se constituye en el estado mas favorable de humedad para el crecimiento de las plantas y adonde debe llegarse con el riego.

Este estado generalmente se presenta cuando el potencial alcanza las 0.3 atmósferas en suelos francos, 0.5 en suelos arcillosos y 0.1 atmósferas en suelos arenosos. El tipo de agua contenida en un suelo a capacidad de campo se llama agua capilar o agua útil y se encuentra retenida por la tensión superficial de las partículas del suelo. Los instrumentos que miden de mejor manera este tipo de humedad en campo son los hidrómetros de bloque de yeso.

Recientemente Fuentes Yague en su publicación “Técnicas de riego” al efectuar regresiones lineales entre el contenido de arcilla, arena, y limo y la capacidad de campo obtiene la ecuación siguiente:

$$CC = 0.48 Ac + 0.162 Li + 0.023 Ar + 2.62$$

Donde:

CC = Capacidad de campo (en % de Pss).

Ac = Contenido de arcilla (en % de Pss).

Li = Contenido de limo (en % de Pss).

Ar = Contenido de arena (en % de Pss).

CALDERON, L, VAN DEN, A (2004) Se define como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problemas de drenaje. El suelo alcanza a cc, según la textura, de 24 a 72 horas, después de un riego pesado. Para un suelo de textura media, el agua retenida por el suelo, está a una tensión de 0.3 atmósferas.

2.3.4.3. Punto de marchitez permanente (PMP)

VASQUEZ, A, CHANG, L (1992) Es el punto en el cual la vegetación manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo retardado de agua del suelo hacia la planta y que en promedio corresponde a un estado energético de 15 bares.

2.3.4.4. Humedad disponible (HD)

BENITES, C (2001) Está referido a la humedad del suelo que puede ser consumida fácilmente por la planta. Algunas veces recibe el nombre de rango de humedad aprovechable. Son los contenidos de humedad entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

OLARTE, W (2002) La humedad disponible para la planta es el agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

A partir de 1965, hay aceptación por el cálculo de la CC a partir de la HE, habiendo surgido algunos autores que proponen las siguientes ecuaciones para estimar la HE:

- ✓ Según Albert: $HE = 0.55 Ac + 10$
- ✓ Según Grass: $HE = 0.59 Ac + 0.16 Li + 5.47$
- ✓ Según Boeing: $HE = 0.61 Ac + 0.25 Li + 0.023 Ar$
- ✓ Según Gardner: $HE = 0.555 Ac + 0.187 Li + 0.027 Ar + 3.0 MO$

2.3.4.5. Humedad aprovechable total

VASQUEZ, A, CHANG, L (1992) Es la diferencia que existe entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (Cc) y el punto de marchitez permanente (PMP).

$$HAT = \frac{(Cc - Pm)}{100} * Pr$$

Donde:

HAT = Humedad aprovechable total

Cc = Capacidad de Campo

Pm = Punto de Marchitez

Pr = Profundidad de Raíces

En forma practico para diseños de sistema de riego, se utiliza el criterio de aplicar un riego cuando se produce un agotamiento o descenso del 50% de la humedad aprovechable total.

$$L \text{ riego} = 0.50 * HAT$$

2.3.4.6. Humedad fácilmente aprovechable

Es la fracción de humedad que puede ser utilizado por los cultivos, también se le conoce con el nombre de lámina neta de riego o lámina de agua a restituir en un riego.

$$Ln = \frac{f * (Cc - Pm) * Pr * Da}{100}$$

Donde:

f = Fracción de agua aprovechable (50%)

Cc = Capacidad de Campo %

Pm = Punto de Marchitez (%)

Pr = Profundidad de Raíces (m)

Da = Densidad aparente del suelo (gr/cc)

2.4. EVAPOTRANSPIRACION, DEMANDA DE AGUA Y REQUERIMIENTO DE RIEGO

OLARTE, W (2002) Cuando se tiene que diseñar un sistema de riego por aspersión, primeramente se aborda el cálculo de la demanda de agua por el conjunto de cultivos que conforman la cédula considerada como estratégica dentro del futuro proyecto.

La evapotranspiración, también conocida como el uso consuntivo del agua, es la expresión mas aceptada para estimar la demanda de agua y expresa la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde las inmediaciones de la superficie del suelo. Existen dos tipos de evapotranspiración.

2.4.1. Evapotranspiración potencial (ETP)

BENITES, C (2001) Es transmisión del agua a la atmósfera (que se toma como referencia), producida cuando el suelo esta cubierto con un cultivo que abarque totalmente el área, con agua disponible en condiciones optimas, bajo condiciones meteorológicas existentes. Generalmente una pradera no alta (pasto) como cultivo

estándar. Esta evapotranspiración sirve como referencia para la evaluación del consumo de agua por las plantas.

2.4.2. Evapotranspiración real (ETR)

VASQUEZ, A, CHANG, L (1992) La evapotranspiración real o actual es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo exento de enfermedades, que crece en un campo extenso (1 ó mas hectáreas) en condiciones optimas de suelo, fertilidad y suministro de agua.

La evapotranspiración real es llamada también uso consuntivo. Su cálculo se efectúa mediante la relación.

$$ETR = K * ETP$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real o actual del cultivo considerado (mm ó cm).

K = Coeficiente que tiene en cuenta el efecto de la relación agua-suelo-planta

ETP = Evapotranspiración potencial (mm ó cm)

2.4.3. Cálculo de la demanda de agua por los cultivos

OLARTE, W (2002) La determinación de las necesidades de agua de un cultivo puede realizarse por diversos métodos.

2.4.3.1. método directo

OLARTE, W (2002) **Utilizando lisímetros.** Los lisímetros, son recipientes de gran tamaño, llenos de tierra agrícola y en donde se siembran las plantas objeto de estudio, cultivado en las condiciones mas similares posibles a las condiciones de campo.

2.4.3.2. métodos indirectos

OLARTE, W (2002) **Ecuaciones basadas en datos climatológicos.** Son los primeros métodos empíricos desarrollados utilizando información climatologica, para predecir la demanda de agua de los cultivos, tales como: temperatura, humedad relativa, horas del sol, etc.

Ecuaciones basadas en la medida de la radiación. El inconveniente señalado en los métodos climatológicos, ha motivado a los investigadores la búsqueda de métodos más convenientes. En esta dirección, Penman en el Reino Unido ideó la primera ecuación para estimar la ETP, basado en datos medidos o estimados de la radiación. Entre los métodos radiométricos, destacan los de Penman, Hargreaves, Christiansen, etc.

Número de horas sol máxima media diaria probable para diferentes meses y latitud sur (N)

Cuadro N° 2: Duración máxima diaria media de horas de fuerte insolación (n) para diferentes meses y latitud sur

Latitud Sur	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0°	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10	12.10
5°	12.30	13.30	12.10	12.00	11.90	11.80	11.80	11.90	12.00	12.20	12.30	12.40
10°	12.60	12.40	12.10	11.80	11.60	11.50	11.60	11.80	12.00	12.30	12.60	12.70
15°	12.90	12.60	12.20	11.80	11.40	11.20	11.30	11.60	12.00	12.50	12.80	13.00
20°	13.20	12.80	12.30	11.70	11.20	10.90	11.00	11.50	12.00	12.60	13.10	13.30
25°	13.50	13.00	12.30	11.60	10.90	10.60	10.70	11.30	12.00	12.70	13.30	13.70
30°	13.90	13.20	12.40	11.50	10.60	10.20	10.40	11.10	12.00	12.90	13.60	14.00
35°	14.30	13.50	12.40	11.30	10.30	9.80	10.10	11.00	11.90	13.10	14.00	14.50
40°	14.70	13.70	12.50	11.20	10.00	9.30	9.60	10.70	11.90	13.30	14.40	15.00

Fuente: Manual diseño y gestión de sistemas de riego por aspersión en laderas

Cuadro N° 3: Radiación extraterrestre media (rmd) expresada en equivalente de evapotranspiración (mm/día) para diferentes latitudes y meses.

LAT. SUR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0°	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	15.6	15.3	15.4	15.1	14.8
2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
6°	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.3	15.9	16.2	16.2
12°	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.5
16°	16.9	16.4	15.2	15.2	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.3	15.8	16.8	17.1
20°	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	12.9	15.8	17.0	17.4

Fuente: Manual diseño y gestión de sistemas de riego por aspersión en laderas w.OLARTE-2002

2.5. EVAPOTRANSPIRACION REAL DE UN CULTIVO

2.5.1. Coeficiente del cultivo

VAZQUEZ, A; CHANG, L (1997) El valor de Kc representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzca rendimientos óptimos. La información necesaria de los cultivos es la siguiente: La fecha de siembra, La duración de la estación vegetativa total incluyendo: La duración de la fase inicial (Desde la germinación hasta el 10% de la cobertura del terreno); la duración de la fase mediados del periodo (Desde el 80% de cobertura del terreno hasta el comienzo de la maduración) y la maduración de la fase mediados del periodo (desde el comienzo de la maduración hasta la recolección). (FAO Riego y Drenaje).

El Kc tendrá una variación estacional en función de las fases de desarrollo del cultivo y que son las siguientes:

- ✓ **Fase I.**

Llamado también fase inicial, corresponde a la germinación y crecimiento inicial cuando existe aproximadamente un 10% de cobertura vegetal.

✓ **Fase II.**

Se la denomina a la fase de desarrollo del cultivo, es el final de la fase inicial cuando existe un 70 a 80% cobertura vegetal.

✓ **Fase III.**

Se le denomina a la fase de mediados del periodo (periodo de maduración), en esta fase la cobertura es completa y se caracteriza por que existe decoloración y caída de hojas en la planta, viene a ser el inicio de la maduración.

✓ **Fase IV.**

Es la fase final del periodo corresponde a la cosecha del cultivo y este se encuentra en plena maduración. Viene a ser la fase de los cauticos.

2.6. DEMANDA DE AGUA EN UN PROYECTO DE RIEGO (Da).

Es determinado desde la evapotranspiración real de los cultivos considerando la precipitación y la demanda real que requiere un cultivo en un área determinado, considerando la eficiencia de riego que se espera alcanzar. En el riego por aspersión se considera una eficiencia del 75%

Precipitación Efectiva

BENITES, A (2001) es la lámina de lluvia que cae sobre superficie, parte escurre a través de la superficie, y la otra se infiltra en el suelo. De la infiltrada parte percola a estratos inferiores y parte es retenida por el suelo para ser aprovechada por la planta. Esta última es la que interesa para efectos de riego y es pequeña con relación a la lámina total precipitada.

La precipitación efectiva (PE) se define como la porción de la lámina total de agua precipitada, que es retenida por el suelo, para ser aprovechada por la planta y satisfacer sus necesidades para su normal desarrollo.

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se supone que los caudales promedio y 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 escorrentía.

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:

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

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente de polinomio

El cuadro N° 5 muestra los valores límite de la precipitación efectiva y el Cuadro N° 6 muestra los tres juegos de coeficiente ai, que permite alcanzar por interpolación valores de C, comprendidos entre 0.15 y 0.45.

Cuadro N° 4: Límite de la precipitación efectiva

Límite superior para la Precipitación Efectiva:	
Curva I :	PE = P - 120.9 para P > 177.8 mm/mes
Curva II :	PE = P - 86.4 para P > 152.4 mm/mes
Curva III :	PE = P - 59.7 para P > 127.0 mm/mes

Fuente Sholz, Lutz. (1980)

Cuadro N° 5: Coeficiente para el cálculo de la precipitación efectiva

Coeficiente para el Cálculo de la Precipitación Efectiva			
	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.018	-0.021	-0.028
a1	-0.0185	0.1358	0.2756
a2	0.001105	-0.002296	-0.004103
a3	(-1204 E - 8)	(+4349 E - 8)	(+5534 E - 8)
a4	(+144 E - 9)	(-89.0 E - 9)	(+124 E - 9)
a5	(-285 E -12)	(-879 E - 13)	(-142 E - 11)

Fuente Sholz, Lutz. (1980)

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

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

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual

P = Precipitación Total anual

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

Los valores de precipitación al 75% de probabilidad de ocurrencia y los valores de la precipitación efectiva, se visualiza en el cuadro de precipitación efectiva al 75% de probabilidad de ocurrencia.

$$Da = ETr - PE$$

Donde:

Da : demanda de agua neta de los cultivos (mm/mes)

ETr : Evapotranspiración real o actual (mm/mes)

PE : Precipitación efectiva (mm/mes)

2.7. DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO O DEMANDA DE AGUA REAL (Dp).

VAZQUEZ, A; CHANG, L (1992) En la planificación de proyectos de riego se de importancia definir el COMO, CUANTO Y CUANDO proporcionar la cantidad de agua de riego a la planta.

Para el cálculo de la demanda de agua de un proyecto se debe tener en cuenta, por lo tanto todas las pérdidas resultantes del sistema de distribución del agua de riego y de la eficiencia de riego y de la eficiencia de aplicación del al cultivo.

La demanda de agua del proyecto (Dp) será igual a la necesidad de riego del cultivo (Da) dividida por la eficiencia de riego del proyecto (Er)

$$Dp = Da / Er$$

2.8. CRITERIOS PARA EL DISEÑO UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.

OLARTE, W (2002)

1. Determinar la lamina de riego aplicada Lap , una vez determinada la Lamina neta de requerimiento de agua, Ln . Como datos necesitamos Capacidad de campo CC , punto de marchitez PMP , densidad aparente Dap , profundidad de raíces h , % del rango de humedad aprovechable p , eficiencia de aplicación de agua $Efap$.

$$L = \frac{(CC - PMP) * Dap * h}{100}$$

$$Ln = L * p$$

$$Lap = Ln / Efap$$

Cuadro N° 6: Profundidad del sistema radicular efectivo de algunos cultivos

CULTIVO	PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA (m)	CULTIVO	PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA (m)
Aguacate (Palta)	0.9 - 1.0	Manzanos	0.9 - 1.0
Alfalfa	0.9 - 1.2	Melocotón (durazno)	0.9 - 1.0
Algodón	1.0 - 1.2	Melón	0.8 - 1.0
Almendros	0.9 - 1.2	Nogal	1.1 - 1.2
Batata	0.6 - 0.9	Olivos	0.9 - 1.1
Berengena	0.5 - 0.6	Palmera	0.8 - 0.9
Café	0.9 - 1.2	Papa	0.6 - 0.8
Caña de azúcar	1.0 - 1.1	Pepino	0.6 - 0.9
Cebada	0.9 - 1.0	Peral	0.8 - 1.1
Cebolla	0.4 - 0.5	Pimentón	0.5 - 0.6
Ciruelo	0.9 - 1.0	Piña	0.4 - 0.6
Citricos	0.9 - 1.0	Plátano, banano	0.9 - 1.2
Clavel	0.3 - 0.4	Remolacha azucarera	0.8 - 1.0
Fresa (frutilla)	0.3 - 0.5	Sorgo para grano	0.8 - 0.9
Frijol (frijol)	0.5 - 0.8	Tabaco	0.8 - 1.0
Frutales de hoja caduca	1.0 - 1.2	Tomate	0.9 - 1.2
Girasol	0.9 - 1.0	Trebol	0.7 - 0.9
Lechuga	0.3 - 0.4	Trigo	0.8 - 1.2
Maíz de grano	0.9 - 1.2	Viñedo	0.8 - 0.9
Maíz ensilaje	0.9 - 1.2	Zanahoria	0.4 - 0.5
Maní (cacahuete)	0.9 - 1.0		

Fuente: Sistema de riego para proyectos de pequeña escala en zonas de ladera. Vergara Mendoza J. E. (pág. 18)

2. Uso de agua de los cultivos UC. Este requerimiento esta influenciado por las condiciones climáticas y clases de cultivos para cada localidad.
3. Frecuencia de riego Fr , corresponde al número de días en que debemos aplicar el agua. Es el cociente de la lamina neta Ln , entre el uso consuntivo.

$$Fr = \frac{Ln}{Uc}$$

4. Velocidad de infiltración I , la determinación de este parámetro por medio de los cilindros infiltrómetros, se desarrollo en el acápite correspondiente.

$$I = a * T^b$$

La velocidad de infiltración nos indica la tasa máxima de aplicación recomendada para los aspersores.

5. Tiempo de aplicación de agua T , conociendo la lámina de agua aplicada y la tasa máxima de aplicación (velocidad de infiltración), se puede determinar el tiempo en que debemos aplicar el agua.

$$T = \frac{Lap}{I}$$

T = Tiempo de aplicación en hora

Lap = lamina de riego aplicar en mm.

I = Velocidad de infiltración en mm hora.

A este tiempo hay que adicionar el tiempo que se requiere para el cambio de líneas por posición del sistema si es que lo hubiese.

6. Caudal de emisión de los aspersores que se debe realizar una evaluación en el mercado para determinar que tipo aspersor se utilizará. Determinando una carga promedio de funcionamiento, para encontrar de acuerdo a tablas (proporcionadas por el fabricante) el caudal de emisión q y el diámetro de alcance D .
7. Número de posición N , la frecuencia con la que se recibe agua, y el número de horas diarias de agua disponibles, nos da como resultado el total de horas disponible por ciclo de riego. El número de posiciones consiste en dividir el total de horas disponibles t , entre las horas de aplicación T .

$$N = t / T$$

8. Área por módulo, es el resultado de cociente del área total de riego, entre el número de posiciones.

$$a = A / N$$

a = área por módulo (m²)

A = área de riego (m²)

N = número de posiciones

9. Número de aspersores $\#$, es la relación que existe entre el área del modulo y el área del riego que cubre cada aspersor, ésta última es el producto de la distancia entre aspersores S_1 , por la distancia entre líneas S_2 .

$$\# = a / S_1 * S_2$$

10. Caudal requerido Q , corresponde al producto del caudal emitido por cada uno de los aspersores por el número de aspersores.

$$Q = q * \#$$

11. Pérdida de carga

La conducción de agua por las diferentes tuberías está sujeta a pérdidas de energía debido a las siguientes razones.

Fricción

Por entrada

Por salida

Por ensanchamiento

Por contracción

Por válvulas

Por cambio de dirección (codos o curvas)

Para calcular las pérdidas de presión en tuberías de salidas múltiples, se desarrolla el método de Christiansen, el que se encuentra ampliamente aceptado.

Esta metodología calcula la pérdida por fricción en la tubería sin salida múltiples, usando la fórmula de Scobey y luego aplica un factor F, basado en el número de salidas sobre la línea N. según Scobey

$$pf = \frac{Ks * L * V^{1,9}}{386 * d^{1,3}}$$

Pf = Pérdida por rozamiento en la tubería, en metros

Ks = Coeficiente de retardo, debido al material de constitución del tubo

En tuberías de aluminio:

Ks = 0,34 en diámetros de 2 plg.

Ks = 0,33 en diámetros de 3 plg.

Ks = 0,32 en diámetros de 4 a 6 plg.

L = Longitud de la tubería en metros.

V = Velocidad de la tubería en m/seg.

D = Diámetro del tubo en metros

La ecuación empírica para el cálculo del factor F en salidas múltiples es

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m - 1}}{6N^2}$$

m = 1,9 exponente de la velocidad en la fórmula de Scobey

N = Numero de salidas en la línea

$$pf' = pf * F$$

Pf' = Perdida de carga por rozamiento en tuberías con salida múltiple

12. Selección de tubería principal

Consiste en determinar el diámetro adecuado de la tubería, para ello es necesario tener en cuenta su capacidad de conducción, la longitud, el material de construcción, las pérdidas de carga y la presión requerida.

Para el calculo se emplea la formula propuesta por Hanzen Willians.

$$Q = 0,504 * C_1 * d^{2,63} * S^{0,54}$$

C_1 = Coeficiente

D = Diámetro de la tubería (m)

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \text{Perdida de carga por unidad de longitud (m/m)}$$

$$\Delta H = pm + pf$$

Pm , presión requerida en el tubo principal y pf perdida de fricción en el tubo principal.

2.9. CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

AMARO, G (1992) La capacidad es un factor importante para evaluar el suministro de agua de riego y debe practicarse un análisis previo antes de decidir el tipo de agua que debe emplearse para el riego.

YAGUE, J (2003) Los suelos contienen sales solubles que provienen de la descomposición de las rocas de donde se originan y de las incorporadas con el agua de riego y con las aguas provenientes del subsuelo. Solo vamos a considerar los problemas originados por las sales contenidas en el agua de riego.

La calidad del agua para riego depende no sólo de su contenido en sales, sino también del tipo de sales. Los problemas más comunes derivados de la calidad del agua se relacionan con los siguientes efectos:

- ✓ **Salinidad:** a medida que aumenta el contenido de sales en la solución de suelo, tanto más se incrementa la tensión osmótica y, por tanto, la planta tiene que hacer mayor esfuerzo de succión para absorber el agua para las raíces. Todo ello se traduce, en última instancia, en una disminución de la cantidad de agua disponible para la planta.
- ✓ **Infiltración del agua en el suelo:** un contenido relativamente alto de sodio y bajo de calcio significa que las partículas del suelo tienden a disgregarse, lo que ocasiona una reducción de la velocidad de infiltración de agua. Esta reducción de la infiltración puede ser de tal magnitud que implique poca disponibilidad de agua en el perfil del suelo.
- ✓ **Toxicidad:** algunos iones, tales como los de sodio, cloro y boro, se puede acumular en los cultivos en concentraciones suficientemente altas como para reducir el rendimiento de la cosecha.
- ✓ **Otros efectos:** en algunas ocasiones hay que considerar los nutrientes contenidos en el agua de riego, a efectos de restringir la fertilización o porque se produzcan excesos contraproducentes. En otras ocasiones se puede producir una corrosión excesiva en el equipo de riego, lo que aumenta el coste de mantenimiento.

OLARTE, W (2002) De acuerdo a las "Directivas para la evaluación de la calidad del agua para riego", FAO 1976; la salinidad crea condiciones de sequía fisiológica, es decir, el agua aún cuando se encuentra disponible en el suelo, no puede ser absorbida por la planta, por que se encuentra retenida con una alta presión osmótica creada por las sales acumuladas en el suelo, así se tiene:

- ✓ Aguas con CE < 700 mmhos/cm, no presentan problemas para su uso.
- ✓ Aguas con CE entre 700 y 3000 mmhos/cm, puede presentar problemas crecientes de salinidad.
- ✓ Aguas con CE > 3000 mmhos/cm, presentarán problemas graves de salinidad.

Método.

Relación absorción de sodio RASaj.

a. Cálculo del RAS.

Se toma en cuenta los datos del análisis de agua y luego son remplazados en la fórmula siguiente para determinar los valores del RAS.

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

Tabla N° 1: Datos para calcular el valor de (pHc)

Concentraciones de iones del suelo(meq/lit)	p(Ca + Mg+Na)	p(Ca+ Mg)	p(CO3+HCO3)
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
1,50	2,1	3,1	2,8
2,00	2,2	3,0	2,7
2,50	2,2	2,9	2,6
3,00	2,2	2,8	2,5
4,00	2,2	2,7	2,4
5,00	2,2	2,6	2,3
6,00	2,2	2,5	2,2
8,00	2,3	2,4	2,1
10,00	2,3	2,3	2,0
12,50	2,3	2,2	1,9
15,00	2,3	2,1	1,8
20,00	2,3	2,0	1,7
30,00	2,4	1,8	1,5
50,00	2,5	1,6	1,3
80,00	2,5	1,4	1,1

Fuente: Manual de riego por Gravedad OLARTE H. W.

2.10. EVALUACION ECONOMICA

2.10.1. Conceptos de evaluación de proyecto

OLARTE, W (2002) Según el Instituto Latinoamericano de planificación Económica y Social, la evaluación de proyecto de inversión es el proceso de valorización de los recursos, cuyos indicadores conducen a aceptar, rechazar o postergar un proyecto dentro de cierto orden de prioridades previamente establecidos.

2.10.2. Clases de evaluación de proyectos

OLARTE, W (2002) Los proyectos se evalúan desde dos puntos de vista:
Evaluación privada y evaluación social.

2.10.2.1. Evaluación privada

OLARTE, W (2002) Correspondiente al punto de vista exclusivamente empresarial o de la institución ejecutora del proyecto por lo que se le conoce como evaluación privada, presenta dos modalidades: evaluación económica y evaluación financiera.

2.10.3.1.1 Evaluación económica

OLARTE, W (2002) Es una técnica que permite medir el valor económico del proyecto sin considerar las fuentes de financiamiento o intereses de dinero invertido. Es decir, sin examinar la procedencia de los créditos de capital ni el aporte de los accionistas.

2.10.3.1.2 Evaluación financiera

OLARTE, W (2002) Consiste en medir el aspecto financiero de un proyecto y busca demostrar la capacidad del proyecto para afrontar los compromisos derivados de su financiamiento después de remunerar al capital propio.

2.10.2.2 Evaluación social

OLARTE, W (2002) La evaluación social de un proyecto, es el análisis de la rentabilidad del proyecto desde el punto de vista del estado y se efectúa a precios de sombra. La viabilidad de estos proyectos también se analiza, viendo se contribuye o no a los grandes objetivos nacionales. La evaluación social se entiende como una actividad que tiene por objeto maximizar la eficacia de los programas en relación con sus fines y la eficiencia en la asignación de recursos para la consecución de los mismos.

2.10.3 Etapas previas a la evaluación económica y financiera

2.10.3.1 Cuantificación de costos y beneficios

OLARTE, W (2002) El primer paso para la evaluación de un proyecto es, determinar cuales son sus beneficios y cuales son sus costos durante su vida útil y luego cuantificarlos. En base a esta información se formulará el cuadro de flujo de fondos.

2.10.3.2 Evaluación del flujo de fondos

OLARTE, W (2002) El flujo de fondos, representa la diferencia entre los beneficios y los costos anuales. Tiene la finalidad de ofrecer la información básica para la evaluación económica y financiera, detallando los beneficios, los costos y el flujo neto de fondos.

2.10.3.3 Actualización de costos y beneficios

OLARTE, W (2002) Una vez conocido el flujo de fondos, se procede a la actualización de los beneficios y de los costos. En las inversiones, la tasa de interés juega un papel fundamental, toda vez que se trata del medio contable entre el presente y el futuro.

2.10.3.3.1 Valor actual neto (VAN)

OLARTE, W (2002) Es una técnica de evaluación para calcular a la fecha actual, el valor de ingresos (beneficios) y egresos (costos) futuros de una inversión durante la vida útil del proyecto a una tasa de descuento "i" determinada. El "VAN" de un proyecto se obtiene sumando sus beneficios netos anuales actualizados a la tasa de descuento "i"

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BB_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

$$VAN = \sum_{t=0}^{n=0} \frac{BN_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

BN1 = Beneficio neto en el periodo

BB1 = Beneficio bruto en el periodo

n = Vida útil proyecto (años)

i = Tasa de descuento o tasa de corte

C1 = Costos en que se incurre en el periodo

t = Periodo específico

- ✓ Si $VAN > 0$: significa que los beneficios generados son superiores a los costos incurridos por el proyecto; es decir, que después de cumplir con las obligaciones incurridas por el proyecto, queda todavía un saldo favorable para el inversionista, por tanto, se acepta el estudio y puede procederse con la ejecución inmediata. A medida que el VAN positivo sea mayor, mas atractivo será el proyecto por ofrecer los mayores beneficios.
- ✓ Si el $VAN = 0$; significa que los beneficios del proyecto son iguales a sus costos, en este caso se recomienda examinar algunas variables para una nueva evaluación posterior. En estas condiciones, resulta indiferente ejecutar el proyecto.
- ✓ Si el $VAN < 0$; significa que los beneficios del proyecto son inferiores a sus costos, por lo que se debe desechar el proyecto, debido a que los ingresos futuros actualizados, no cubrirán el costo del capital invertido en el proyecto.

ZANS, W (2004) El VAN permite evaluar un proyecto, comparando todos los flujos de ese proyecto, para lo cual los lleva al momento cero o inicio del plazo. Allí los resta. Cualquier flujo que no esté en el momento cero, deberá ser llevado a ese momento. En algunos casos, incluso la misma inversión inicial, si requiere un plazo de desarrollo o construcción que no se pueda ignorar, deberá ser actualizada.

2.10.3.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)

OLARTE, W (2002) La tasa interna de retorno es aquella tasa de descuento para la cual el valor actualizado de los beneficios y costos del proyecto resulta igual a cero. También se define como aquel factor de actualización para el cual el valor actual neto resulta igual a cero.

Este indicador, hace conocer el rendimiento de los fondos invertidos. La TIR, evalúa un proyecto en función a una tasa única de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a la totalidad de los desembolsos actualizados.

$$TIR = i_A + (i_s - i_A) \left[\frac{VAN_s}{VAN_s + VAN_A} \right] \%$$

Donde:

i_A : Tasa de descuento inferior

i_s : Tasa de descuento superior

VAN_s : Valor actual neto superior (positivo)

VAN_A : Valor actual neto inferior (negativo)

- ✓ Si $r > i$, equivale a decir que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera, es superior al interés mínimo aceptable del capital bancario, en este caso el proyecto es aceptable por lo que se recomienda su inmediata ejecución.
- ✓ Si $r = i$, nos indica que el interés equivalente sobre el capital que el proyecto genera es igual al interés mínimo aceptable, en este caso el proyecto es

indiferente ya que su costo de oportunidad de capital es igual al costo de capital bancario.

- ✓ Si $r < i$, equivale a decir que el costo de oportunidad del capital es inferior al costo de bancario, lo cual indica que el rendimiento del proyecto es menor al que se obtendría en otra alternativa de inversión, en este caso se recomienda la no ejecución del proyecto.

✓

ZANS, W (2004) La TIR es la tasa de rentabilidad contenida en los flujos de un proyecto o plan de pagos. Se puede decir también que es la tasa de descuento o actualización que, en el momento inicial del proyecto, iguala los flujos negativos con los positivos.

Normalmente, para evaluar un proyecto de inversión, el plazo se expresa en años y no en meses. Se busca una TIR anual.

2.10.3.3 Relación beneficio/costo (B/C)

OLARTE, W (2002) La relación beneficio/costo, es el cociente que resulta de dividir la sumatoria de los beneficios entre la sumatoria de los costos del proyecto, actualizados a una tasa de descuento. Esta tasa es la misma que se utiliza para el cálculo del VAN. Su expresión matemática es la siguiente:

$$B / C : \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^n}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^n}}$$

Donde:

- B = Beneficios actualizados
- C = Costos actualizados
- B_t = Beneficio bruto en el periodo considerado
- C_t = Costo total en el periodo considerado
- i = Tasa de descuento
- n = Numero de años del periodo considerado

t = Periodo específico

- ✓ Si $B/C > 1$, indica que el valor de los beneficios es superior a los costos del proyecto, por tanto, la regla de decisión es aceptar el proyecto y recomendar la ejecución de las inversiones.
- ✓ Si $B/C = 1$, indica que los beneficios del proyecto son iguales a sus costos. En este caso, es indiferente aceptar o rechazar el proyecto; pero antes de decidir por su aceptación o rechazo es recomendable realizar algunos ajustes buscando alternativas tecnológicas más baratas y volver a evaluar el proyecto.
- ✓ Si $B/C < 1$, indica que los valores de los beneficios son inferiores al de los costos del proyecto, en este caso particular la regla de decisión es desechar el proyecto.

3. METODOS Y MATERIALES

3.1. ASPECTOS GENERALES DEL AREA DEL PROYECTO

3.1.1. Localización

3.1.1.1. Ubicación política

- ✓ Región : Cusco
- ✓ Provincia : La Convención
- ✓ Distritos : Echarate
- ✓ Sectores : Sangobatea

3.1.1.2. Ubicación geográfica

- ✓ Latitud Sur : 12°35'47"
- ✓ Longitud Oeste : 72°56'28"
- ✓ Altitud Media : 963.00 msnm

3.1.2. Vías de comunicación

Accesibilidad al Ámbito del Proyecto

El acceso al ámbito del proyecto en camioneta y a una velocidad promedio de 40 Km/h se logra por las siguientes rutas:

Cuadro N° 7: Ruta 1: Cusco – Quebrada – Quellouno – Chahuares – Sangobatea

De	A	Dist.	Tiempo	Tipo de Vía	Medio de Transporte
		Km	Hr. - Min		
Cusco	Quebrada	230	05h 30min	Carretera Asfaltada / Afirmada	Camioneta
Quebrada	Quellouno	60	01h 30min	Carretera Afirmada	Camioneta
Quellouno	Chahuares	30	00h 30min	Carretera Afirmada	Camioneta
Chahuares	Sangobatea	80	02h 45min	Carretera Afirmada	Camioneta
TOTAL		400	10h 15min		

Cuadro N° 8: Ruta 2: Cusco – Quillabamba – Echarate - Sangobatea

De	A	Dist.	Tiempo	Tipo de Vía	Medio de Transporte
		Km	Hr. - Min		
Cusco	Quillabamba	230	06h 00min	Carretera Asfaltada / Afirmada	Camioneta
Quillabamba	Echarate	30	00h 50min	Carretera Afirmada	Camioneta
Echarate	Sangobatea	115	03h 00min	Carretera Afirmada	Camioneta
TOTAL		275	09h 50min		

3.1.3. Beneficiarios

Con el presente Propuesta Metodológica del sistema de riego por aspersión en ladera del sector de Sangobatea, Kiteni se benefician un total de 54 familias (324 habitantes) distribuidas de la siguiente manera:

13 familias (78 habitantes) en el sector kasungatiari-I (Margen Derecha de río kasungatiari), 8 familias (48 habitantes) en el sector kasungatiari-II (Margen Izquierda de río Kasungatiari), 13 familias (78 habitantes) en el sector de Pinchiquiato, 20 familias (120 habitantes) en el sector de Tarangani. Promedio 6 miembros por familia. PEA de 76.12. %

3.1.4. Climatología e hidro agrometeorología

3.1.4.1. Condiciones climáticas

En el análisis y evaluación del recurso clima se han empleado los registros de esta estación meteorológica, los estudios existentes, información de campo, etc. Y los resultados de otras disciplinas sobre estudios agrostológicos, fisiográficos y agronómicos, entre otros.

El clima de la región corresponde a la zona tropical del Perú. La información tomada es de las estaciones Quillabamba, Machupicchu, Huyro y Cirialo.

3.1.4.2. Parámetros meteorológicos

Cuadro N° 9: Temperatura

ESTACION	ALTITUD H msnm	TEMPERATURA MEDIAS ANUALES HISTORICAS			TEMPERATURA MEDIAS ANUALES CORREGIDAS		
		MEDIA °C	MAXIMA °C	MINIMA °C	MEDIA °C	MAXIMA °C	MINIMA °C
QUILLABAMBA	990.00	24.09	30.53	17.86	24.52	30.68	18.39
MACHU PICCHU	2,563.00	15.76	21.08	10.42	15.97	22.26	9.67
HUYRO	1,700.00	19.38	25.22	13.56	20.66	26.88	14.46
CIRIALO	900.00	25.23	31.29	19.31	25.01	31.16	18.89

Cuadro N° 10: Precipitación

NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA msnm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL	PRECIPITACION MEDIA ANUAL CORREGIDA
		mm	mm
QUILLABAMBA	990.00	976.93	1,285.94
MACHUPICCHU	2,563.00	2,005.96	2,091.83
HUYRO	1,700.00	1,921.59	1,697.74
CIRIALO	900.00	1,318.65	1,223.88
SUMA	6,153.00	6,223.13	6,299.39
n	4	4	4
PROMEDIO	1,538.25	1,555.78	1574.85

Cuadro N° 11: Precipitación media anual en las microcuencas

PRECIP. MEDIA ANUAL EN LAS MICROCUENCAS		
CUENCAS		
Cuenca Kasungatiari	1,943.87	1,817.78
Cuenca Pinchiquiato	1,759.37	1,727.73
Cuenca Kincurishiato	1,675.73	1,685.32
AREAS DE CULTIVO		
Sistema Sangobatea	963.00	1,267.64

Humedad relativa

En toda el área del estudio la humedad relativa presenta valores medios y así mismo se encuentra el valor mínima en el mes de setiembre 79.33% y el valor máximo en el mes de febrero 89.61 %.

3.1.5. Materiales

Materiales e instrumentos utilizados en el diseño del sistema de riego por aspersión en ladera del sector Sangobatea

- ✓ Formatos de investigación existentes con tuberías, accesorios y suelo
- ✓ Equipos topográficos.
- ✓ Cilindros infiltrómetros.
- ✓ Instrumentos de análisis de suelo.
- ✓ Instrumentos de análisis de agua.
- ✓ Equipo completo de cómputo.
- ✓ Papel.
- ✓ Diseño de sistema de riego por aspersión.

3.2. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

3.2.1. Estudios básicos

Los estudios básicos considerados para la propuesta metodológica del diseño óptimo del sistema de riego por aspersión en ladera del sector Sangobatea-Kiteni; son en los aspectos de hidrología, análisis de suelo, análisis del recurso hídrico con fines de riego y la propuesta del diseño del sistema de riego por aspersión en ladera

3.2.1.1. Hidrología

a. Cartografía

La cartográfica con la que se contó fueron cartas nacionales del I.G.N. (Instituto Geográfico Nacional), en una escala de 1/100,000 con lo cual se delimitó la cuenca del proyecto para la obtención de ciertos datos de interés tales como los parámetros de la cuenca (área, longitud del cauce principal y entre otros)

b. Geomorfología

En la zona de estudio irrigación sangobatea, destacan geomórficas bien definidas que conforman una topografía muy variada, con pendientes fuertes,

se caracteriza por presentar morfología joven, agreste y con relieves agudos (cerros empinados) como consecuencia del último levantamiento de los andes, el cual originó la reactivación de los procesos erosivos y geodinámicos que han definido el relieve actual (laderas y quebradas). Asimismo; el área del proyecto presenta un relieve ondulado con pendientes que varían de 5 a 45%.

c. Hidrografía

Es de importancia ya que mediante este análisis podemos llegar a un planteamiento adecuado para el sistema de riego teniendo una visión clara de la forma de las microcuencas y de las características de los ríos que conforman la cuenca de interés, en base a esta podemos visualizar mejor la distribución de los ríos que lo integran y señalaremos que la fuente hídrica del proyecto lo constituyen los ríos kasungatiari, Pinchiquiato y kinkurishiato, pertenecientes a tres diferentes cuencas del mismo nombre, cabe destacar que también se captarán aguas de la cuenca del río manuntuari que tiene sus orígenes en manantes.

d. Régimen hidrológico

Información meteorológica

La información meteorológica se ha tomado de los registros de las estaciones existentes en el ámbito del proyecto.

Para los estudios básicos del planteamiento del sistema de riego, información meteorológica resulta una fuente de vital importancia para la determinación de la magnitud de obra.

Para el caso específico de las cuencas kasungatiari, Pinchiquiato y kinkurishiato no cuenta con estación de registro meteorológico siendo necesario hacer uso de otras que se encuentran aledañas a la cuenca en estudio como son las estaciones de Quillabamba, Machupicchu, Huyro y Cirialo.

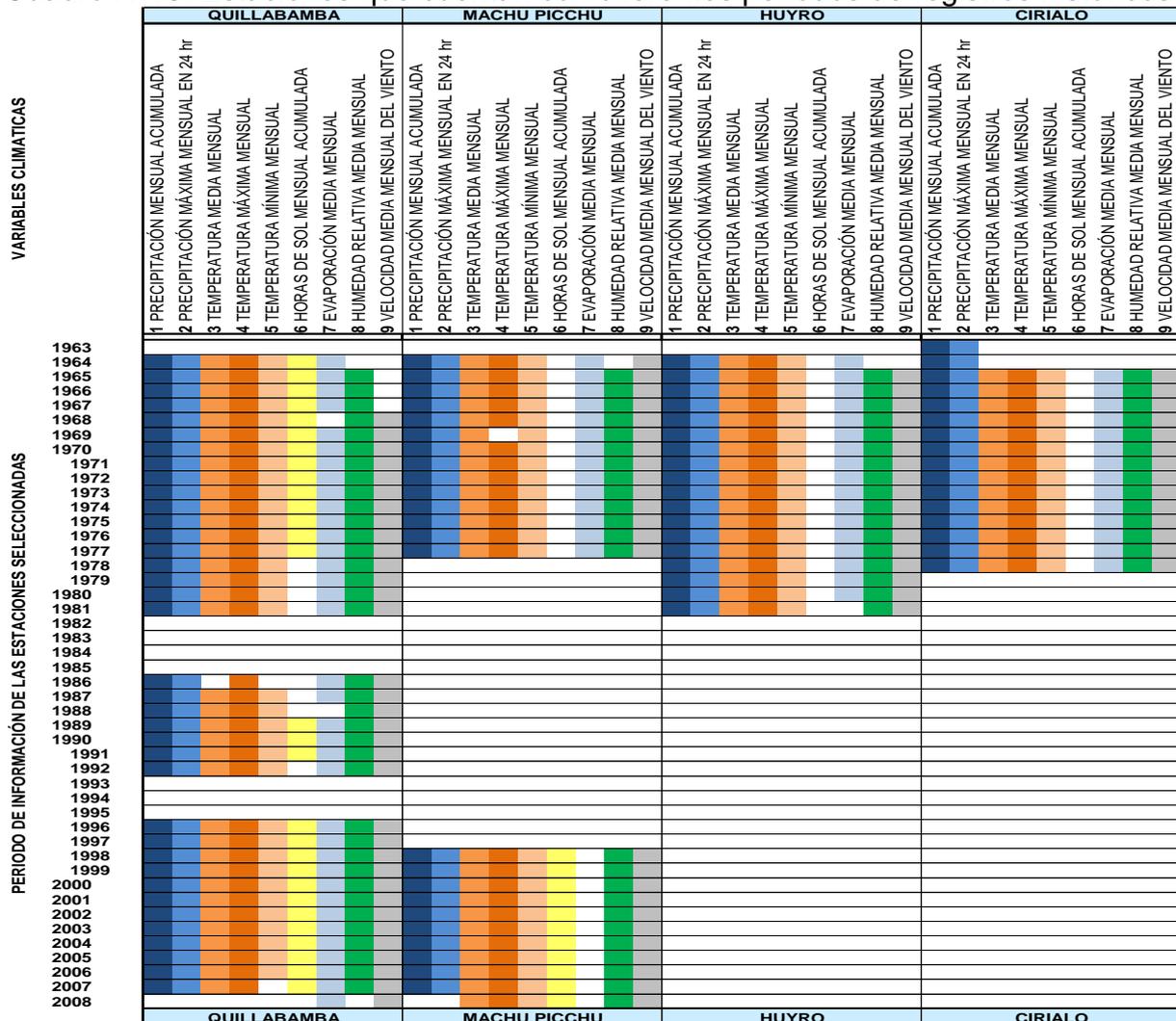
Con respecto a la información hidrometeorológica con la que se contó o trabajo por estaciones, se tiene

Cuadro N° 12: Estaciones seleccionadas para el área del proyecto

PARÁMETROS HIDROMETEOROLÓGICOS	ESTACIONES SELECCIONADAS			
	QUILLABAMBA	MACHU PICCHU	HUYRO	CIRIALO
PRECIPITACIÓN MENSUAL ACUMULADA	X	X	X	X
PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN 24 hr	X	X	X	X
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	X	X	X	X
TEMPERATURA MÁXIMA MENSUAL	X	X	X	X
TEMPERATURA MÍNIMA MENSUAL	X	X	X	X
HORAS DE SOL MENSUAL ACUMULADA	X	X		
EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL	X	X	X	X
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL	X	X	X	X
VELOCIDAD MEDIA MENSUAL DEL VIENTO	X	X	X	X

Estaciones que cuentan con información hidrometeorológica con diferentes periodos de registro que van de 14 a 37 años entre los años 1963-2008 como a continuación se puede apreciar:

Cuadro N°13: Estaciones que cuentan con diferentes periodos de registros históricos



e. Información hidrométrica

La información hidrométrica (registro de aforos) realizadas por el Plan MERISS Inka (PMI) durante los años 1999 al 2077 de diferentes cuencas del ámbito de la U.O. Quillabamba, así como los aforos realizados por el Área de Gestión de Recursos Hídricos de la Municipalidad Distrital de Echarate durante los meses de junio a diciembre del año 2008 y mayo a julio del año 2009.

3.2.1.2. Análisis de información

Las estaciones hidrometeorológicas presentan periodos no uniformes e incompletos, por lo que se realizó el proceso de uniformización al periodo base. Para lo que se utilizó un procedimiento de correlación cruzada con grupos de comportamiento hidrológico homogéneo que permitió seleccionar las de mejor comportamiento y efectuar la clasificación de las estaciones.

3.2.1.3. Completación y extensión de información

Para la completación y extensión de información hidrometeorológicas se utilizó el modelo hidrológico denominado HEC – 4, elaborado por el Army Corps of Engineers de los EE.UU. Programa que emplea el modelo de regresión múltiple para completar y extender la información en base al registro de la propia estación así como de estaciones vecinas, priorizando la información de las estaciones con mayor período de registro.

Entre una de las varias aplicaciones, el modelo permite reconstituir los registros faltantes de una estación sobre la base de registros concurrentes observados en otras estaciones.

Para cada estación en registros incompletos se realiza una búsqueda, mes a mes, de los registros de mayor longitud entre las estaciones utilizados, para encontrar luego aquellas que sirva de base al cálculo de los registros incompletos, tomando en cuenta la correlación entre la estación base y aquella que se quiere extender respecto a su registro.

Cada registro individual es convertido en una variable estándar normalizado, usando la distribución tipo pearson III, para evitar que los valores calculados sean sobreestimados debido a una inconsistencia de los coeficientes de correlación, todos estos coeficientes son recalculados después de cada estimación de datos faltantes. De presentarse inconsistencia se calcula nuevamente la ecuación de regresión hasta que se alcance la consistencia.

Para la realización del procedimiento anterior tanto para datos de descarga se han agrupado las estaciones según pertenezcan a una cuenca o zona hidrológica con comportamiento similar, con la finalidad de determinar sus relaciones funcionales de tal forma que permitan formular las expresiones de extensión y/o competición.

3.2.1.4. Análisis de consistencia

Para este análisis se consideran el total de estaciones de cada grupo, según sea el caso, con los datos ya completados y extendido a través del modelo HEC – 4.

3.2.1.5. Análisis de doble masa

El análisis doble masa se desarrolla siguiendo los siguientes pasos:

- ✓ Cálculo de los valores de descargas anuales acumuladas de cada una de las estaciones y obtención de la estación promedio.
- ✓ Gráficos doble masa entre los datos de descargas anuales acumuladas de estación promedio de cada grupo, contra los datos de cada estación.
- ✓ Selección de la estación modelo, que es la que presenta menores saltos para cada grupo.
- ✓ Gráficos doble masa de los datos de precipitación o descargas anuales acumuladas de cada una de las estaciones, contra los datos de estación modelo.

3.2.1.6. Análisis estadístico

El análisis de doble masa nos permite la identificación de los saltos, lo que se traduce en la separación de los periodos con información confiable respecto de aquellos que presentan información dudosa.

El análisis estadístico es un proceso de inferencia en relación con el comportamiento de la media y desviación estándar de los diferentes periodos de información utilizando para ello las pruebas estadísticas “T” y “F” respectivamente.

Mediante dichas pruebas es posible establecer si existe diferencia estadística a un determinado nivel de significación entre la media y desviación estándar de dos periodos de información considerados.

Para estas pruebas se establece que los parámetros estadísticos Tc y Fc definen el comportamiento comparativo entre las muestras de longitud N1 y N2, de los periodos en análisis, las relaciones que permiten realizar esta prueba son:

$$T_c = \left(\frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{SP \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{1/2}} \right)$$

$$S_p = \left(\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{1/2}$$

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{Cuando } S_1^2 \supset S_2^2 \quad \text{ó}$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad \text{Cuando } S_2^2 \supset S_1^2$$

Donde:

Tc = valor del estadístico T calculado.

Sp = desviación estándar ponderado.

F_c = valor del estadístico F calculado.

X_1 , X_2 son los parámetros correspondientes al primer y segundo periodo separados en el análisis doble masa.

S_1 , S_2 son las desviaciones estándar del primer y segundo periodo, respectivamente.

N_1 , N_2 longitud del primer y segundo periodo, respectivamente; esto es el numero de datos de cada uno.

Los valores de T_c y F_c son comparados con los valores teóricos limites esperados obtenidos de las tablas estadísticas con una probabilidad del 95% y con N_1+N_2-2 y N_1-1 , N_2-1 grados de libertad, respectivamente.

Si $T_c < T_t$ y $F_c < F_t$, entonces el salto en la media o la desviación estándar no es significativo, a un presentado quiebres en el diagrama doble masa; pero si el resultado es contrario a lo anterior, entonces si es necesario realizar la correlación respectiva.

Si resulta la media y desviación estándar estadísticamente diferentes, entonces se corrige mediante una ecuación que permite mantener los parámetros del periodo confiable:

$$X'_t = \frac{(X_t - X_1)S_2}{S_1} + X_2$$

X'_t valor corregido.

X_t valor a corregir.

3.2.1.7. Análisis de tendencia

Para evaluar la existencia de tendencias en la información de descargas anuales, se evalúa el coeficiente de correlación lineal entre descargas medias anuales y el tiempo expresado en años de la serie, a efecto de verificar si resultan significativas, para esto se compara el estadístico "T de Student" para una probabilidad del 95% y $N-2$ grados de libertad, siendo N el número de años de registro; contra el estadístico calculado " T_c ", obtenido mediante la expresión:

$$T_c = r \left(\frac{N-2}{1-r^2} \right)^{1/2}$$

Donde:

r es el coeficiente de correlación lineal.

N es el número de años de registro.

Si se cumple que: $T_c < T_t$ para $\alpha = 0.05$ de significación y $N-2$, entonces “ r ” no es significativamente diferente de cero y por lo tanto no existe tendencia. Pero si “ r ” resulta significativo, entonces la tendencia se elimina haciendo uso de la siguiente relación:

$$Y = X - (a + b.t)$$

Donde:

X : es el dato de la serie de información analizada.

Y : dato calculado sin tendencia en la media.

a, b : son coeficientes de la regresión lineal simple.

t : tiempo, tomado como la variable independiente de la tendencia.

3.2.1.8. Calidad de agua

De acuerdo a las “Directivas para la evaluación de la calidad del agua para riego”, FAO 1976; la salinidad crea condiciones de sequía fisiológica, es decir, el agua aún cuando se encuentra disponible en el suelo, no puede ser absorbida por la planta, por que se encuentra retenida con una alta presión osmótica creada por las sales acumuladas en el suelo, así se tiene:

- ✓ Aguas con $CE < 700$ mmhos/cm, no presentan problemas para su uso.
- ✓ Aguas con CE entre 700 y 3000 mmhos/cm, puede presentar problemas crecientes de salinidad.
- ✓ Aguas con $CE > 3000$ mmhos/cm, presentarán problemas graves de salinidad.

Método.

Relación absorción de sodio RASaj.

a. Cálculo del RAS.

Se toma en cuenta los datos del análisis de agua y luego son remplazados en la formula siguiente para determinar los valores del RAS.

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

Tabla N° 2: Cálculo de (pHc)

Concentraciones de iones del suelo(meq/lt)	p(Ca + Mg+Na)	p(Ca+ Mg)	p(CO3+HCO3)
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
1,50	2,1	3,1	2,8
2,00	2,2	3,0	2,7
2,50	2,2	2,9	2,6
3,00	2,2	2,8	2,5
4,00	2,2	2,7	2,4
5,00	2,2	2,6	2,3
6,00	2,2	2,5	2,2
8,00	2,3	2,4	2,1
10,00	2,3	2,3	2,0
12,50	2,3	2,2	1,9
15,00	2,3	2,1	1,8
20,00	2,3	2,0	1,7
30,00	2,4	1,8	1,5
50,00	2,5	1,6	1,3
80,00	2,5	1,4	1,1

Fuente: Técnicas de riego Fuentes Y.(pag.97)

3.2.2. Estudio de suelos

Para el desarrollo del presente estudio se desarrolló las siguientes actividades:

3.2.2.1. Muestreo de suelos.

Para el muestreo de suelo se utilizó los siguientes materiales y su correspondiente procedimiento:

Materiales:

- ✓ Kituchi.
- ✓ Pico.
- ✓ Pala.
- ✓ Machete Grande.
- ✓ Hoz (cegador)
- ✓ Hacha
- ✓ Badilejo.
- ✓ Bolsa de polietileno.
- ✓ Etiqueta de identificación.
- ✓ Libreta de campo.

Procedimiento:

- Se realizó el reconocimiento de la zona de estudio.
 - ✓ Se elaboró un croquis de la zona del proyecto.
 - ✓ Toma de muestras de 0.20 a 0.25m de profundidad debiendo haber como mínimo cinco sub muestra por cada hectárea.
 - ✓ Se mezcla las sub muestras de cada parcela para tener una muestra representativa de cada sector.
 - ✓ Esta muestra se llevo al laboratorio de análisis químico, físico de suelos aguas y plantas, para su respectivo análisis físico mecánico y de fertilidad debidamente etiquetada. Y cuidando que la muestra esté libre de materiales como pierdas, pedazos de troncos, etc.

3.2.2.2. Determinación de perfiles y horizontes (calicatas).**Materiales:**

- ✓ Kituchi.
- ✓ Machete.
- ✓ Hoz (cegador)
- ✓ Hacha.

- ✓ Pico.
- ✓ Pala.
- ✓ Barreta.
- ✓ Badilejo.
- ✓ Eclímetro, altímetro, brújula.
- ✓ Cinta métrica.
- ✓ Libreta de campo.

Procedimiento:

- ✓ Reconocimiento del área de estudio.
- ✓ Con la ayuda del eclímetro se determinó la elevación y depresión del área de estudio, con la brújula se determina la ubicación con respecto al norte magnético y con el altímetro se determina la altitud media del lugar. Para posteriormente realizar la grafica del croquis de ubicación y localización de la calicata.
- ✓ Medida de las calicatas (largo 0.75m, ancho 0.75m y profundidad 1.50m a 1.70 m).
- ✓ Se efectúa la división de los horizontes marcándose con una línea horizontal para su identificación y determinar su espesor, con la cinta métrica.
- ✓ Finalmente se determino la textura insitu, al tacto cualitativamente, el cual se comprueba con los resultados del análisis de suelos efectuado en el laboratorio.

Figura N° 2: Croquis de ubicación de las pruebas de infiltración, muestreo de suelo y calicatas



3.2.2.3. Medida de la infiltración.

Materiales:

- ✓ Infiltrómetro de anillos concéntricos.
- ✓ Regla graduada.
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Balde.
- ✓ Botella graduada.
- ✓ Libreta de campo.

Procedimiento:

- ✓ Elección de los lugares representativos del ámbito del proyecto libres de restos vegetales, piedras, etc.
- ✓ Se introduce el infiltrómetro con pequeños giros a través de sus asas, hasta la altura del anillo tope, cuidando de no alterar la estructura del suelo.
- ✓ Instalado el infiltrómetro, se remueve la tierra adyacente a la pared del instrumento.
- ✓ Seguidamente se carga con agua los dos cilindros en forma simultánea y al mismo nivel se procede a aforar el cilindro interno; y no así el externo que sirve únicamente para tratar de anular la infiltración lateral.
- ✓ Se procede a efectuar las lecturas de nivel de agua en unidades de lámina así como el tiempo.

Textura

Se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla que contiene un suelo, según el predominio de cada uno de ellos se les denomina suelos arenosos, limos o arcillosos.

Estructura

Desde el punto de vista morfológico la estructura del suelo se ha definido como la disposición o arreglo de las partículas primarias: arena, arcilla y limo, para formar otras unidades de mayor tamaño llamado agregados.

Capacidad de campo

Se define como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problema de drenaje, y se alcanza según la textura del suelo entre 12 y 72 horas después de un riego pesado, es decir cuando la percolación ha cesado.

También se puede decir que el contenido de humedad a capacidad de campo es aquel que corresponde a un estado energético 0.33 bares. En suelos arenosos la humedad equivalente es menor que C_c , en suelos francos es igual y en suelos pesados es mayor.

Punto de marchitez permanente

Es el punto en el cual la vegetación manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo retardado de agua del suelo hacia la planta y que en promedio corresponde a un estado energético de 15 bares.

Densidad aparente

La densidad aparente se llama así a la relación que existe entre la masa de un suelo seco y su volumen en condiciones naturales. Es decir, el peso del suelo por unidad de volumen total (conteniendo todos sus poros)

3.2.3. Planteamiento del sistema de riego

Requerimiento de riego

La demanda de agua del proyecto ha sido determinado mediante los métodos de Thornthwate, Hargreaves III – Modificado, Hargreaves, Turc, Penman – Monteith; la información climatológica utilizada corresponde a las estaciones de Machupicchu, quillabamba, cirialo y huyro.

La cedula de cultivo propuesta son:

Cultivos perennes; cacao, café, cítricos, plátano, papaya y piña

Cultivos anuales; yuca, maíz duro, sandía, frijol (canario), soya y tomate. Por consiguiente los requerimientos para fines de diseño de tuberías serán en base a la cédula de cultivos propuestos.

Demandas hídricas del proyecto

Calculo de la Evapotranspiración potencial.

La Evapotranspiración Potencial, es uno de los factores determinantes en el cálculo de demandas agrícolas, es la cantidad de agua evaporada y transpirada por los cultivos, de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona del proyecto.

La Evapotranspiración Potencial (ETP) ha sido determinada para un año normal y analizado en base a los datos de registros meteorológicos de las estaciones ya indiadas.

El método empleado:

Evapotranspiración según Thornwaite:

$$e = 16 * \left(10 * \frac{t}{I} \right)^a \quad I = \sum i \quad i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

e : Evapotranspiración potencial en mm/mes.

t : Temperatura media mensual en °C

i : Índice térmico mensual

I : Índice térmico anual.

a : Fórmula simplificada de Serra.

$$a = 0.016 * I + 0.5$$

Evapotranspiración por Hargreaves:

La evapotranspiración se calcula como:

$$ETP = 0.0075 * RSM * F * FA$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración Potencial mensual (mm)

0.0075 : constante de conversión de unidades

RSM : radiación solar incidente mensual en su equivalente a evaporación
(mm/mes)

$$RSM = 0.075 * RMM * S^{1/2}$$

Donde:

0.075 : coeficiente de conversión de unidades

RMM : radiación solar mensual al tope de la atmósfera extraterrestre en su equivalente a evaporación (mm/mes)

S : porcentaje horas de sol mensual observado, referido al total probable mensual. (n/N)

°F : temperatura en °F.

FA : factor de altura (Alt en Km)

$$FA = 1 + 0.06 * Alt$$

Evapotranspiración según Turc:

$$ETP = 0.40 * \left(\frac{t}{t+15} \right) * (Ri + 50) \qquad Ri = Ra * \left(0.18 + 0.55 * \frac{n}{N} \right)$$

ETP ; Evapotranspiración potencial mm/mes

t : Temperatura media diaria °C

Ri : Radiación global media diaria incidente cal/cm3

Ra : Radiación global cal/cm2/día (tabla)

Evapotranspiración Pennan – Monteith (CROPWAT):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

ETo : Evapotranspiración de Referencia (mm/día).

Rn : Radiación neta en la superficie del cultivo (MJm⁻² día⁻¹)

R_a	: Radiación extraterrestre (mm/día).
G	: Flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)
T	: Temperatura media del aire a 2m de altura ($^{\circ}\text{C}$)
U_2	: velocidad del viento a 2m de altura (m s^{-1})
ρ_a	: Densidad del aire seco a presión constante (kg m^{-3})
γ	: Constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
r_s y r_a	: Resistencia superficial del cultivo de referencia y aerodinámica (s m^{-1})
Δ	: Pendiente de la curva que relaciona la presión de vapor con la temperatura del aire ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$), epígrafe
$(e_s - e_a)$: Déficit de presión de vapor (kPa)

Cálculo del coeficiente ponderado de cultivo (K_c)

Es el factor que indica el grado de desarrollo de los cultivos y está relacionado con la cobertura del suelo del mismo, que es lo que influye en la evapotranspiración. El K_c está afectado por el tipo de cultivo, fecha de siembra, etapa de crecimiento, duración del ciclo vegetativo, etc.

Los valores de K_c están relacionados con los diferentes estados de desarrollo del cultivo que va desde la siembra hasta la cosecha. La duración de las etapas dependerá fundamentalmente de la variedad y las condiciones en que se desarrolla el cultivo, especialmente el tipo de clima y riego. Se ha determinado cuatro etapas a considerar en la determinación del K_c , la inicial, desarrollo vegetativo, intermedio y la final.

- ✓ **Inicial.** Abarca la germinación y el periodo inicial de crecimiento, cuando la superficie del suelo está ocupado por las plántulas posteriores a la germinación. Se considera desde la siembra hasta un 10% de la obertura vegetal.
- ✓ **Desarrollo vegetativo.** Es la continuación del periodo inicial, comprende desde una cobertura del 10% hasta que la cobertura efectiva y completa del suelo llegue al 70 o 80%. Se considera cobertura efectiva y completa del suelo aquella que el K_c va a su máximo valor.

- ✓ **Intermedia.** De la cobertura completa y efectiva del suelo hasta que la planta comienza a tener indicios de maduración o próximos a cosecha, la que puede determinar con un cambio de coloración de las hojas o signos de caída de hojas. En esta etapa el Kc va a su máximo valor.
- ✓ **Final.** Comprende desde el final de la etapa anterior o al comienzo de la maduración completa o cosecha, en esta etapa el valor del Kc desciende hasta la maduración completa que es el final del ciclo vegetativo.

El factor K esta dado por la siguiente relación:

$$K = Kc * Ks * Kh$$

Donde:

Kc : factor de cultivo.

Ks : factor del suelo.

Kh : factor de humedad.

Para suelos profundos, de adecuadas condiciones físicas y de buena disponibilidad de elementos nutritivos. $Ks = 1$, este mismo valor tiene Kh para condiciones de optimo abastecimiento de agua; por lo tanto, K depende fundamentalmente de Kc.

Cálculo de la evapotranspiración real del cultivo

La evapotranspiración real o actual es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo, llamado también Uso consuntivo; la ETR, es el resultado del producto de la ETP por el coeficiente global ponderado mensual de los cultivos, el cual se estima en función de sus diferentes fases de desarrollo tomando en consideración la característica de los cultivos, ritmo de desarrollo y duración del periodo vegetativo; para su cálculo se aplica la siguiente relación.

$$ETR = Kcp * ETP$$

Donde:

ETR : evapotranspiración real (mm/mes)

Kcp : coeficiente de cultivo ponderado.

ETP : evapotranspiración potencial (mm/mes)

Precipitación efectiva

Se considera como un elemento de aporte de humedad, para lo cual se ha empleado el método de la United States Bureau of Reclamation, tomando para este cálculo la precipitación media mensual y anual de las estaciones base corregidas y de las estaciones generadas.

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se supone que los caudales promedio y 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 escorrentía.

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:

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

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente de polinomio

Cuadro N° 4 muestra los valores límite de la precipitación efectiva y el Cuadro N° 5 muestra los tres juegos de coeficiente ai, que permite alcanzar por interpolación valores de C, comprendidos entre 0.15 y 0.45.

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

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

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

Q = Caudal anual

P = Precipitación Total anual

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

Eficiencia de riego (Er)

Para el presente estudio se ha Considerando una eficiencia de riego del 64,98% (Er = Ec x Ed x Ea = 95% x 90% x 76%)

3.2.4. Diseño del sistema de riego por aspersión

Para un sistema de riego por aspersión hay que determinar todas las características técnicas del riego, con el fin de que el reparto del agua sea uniforme y eficiente. Se hace en dos etapas: diseño agronómico se consideran aquellos aspectos relacionados con el medio (suelo, clima, cultivos, etc), y en el diseño hidráulico se dimensiona la red de distribución, A continuación se describen los pasos de las dos etapas:

3.2.4.1. Riego por aspersión

El planteamiento del sistema de riego por aspersión consiste en la selección de una red completa de tuberías, para transmitir el agua a los aspersores, a una presión adecuada, con la finalidad de aplicar el agua al suelo en pequeñas gotas simulando a la lluvia.

3.2.4.2. Componentes

Las principales partes de un sistema de riego por aspersión son:

- ✓ **Captación.** Es una obra de arte que se ubica en la fuente de agua sea este un manantial, un canal o una quebrada.

Este sistema constituye el estanque de regulación, que debe estar situado a una altura suficiente que permita otorgar a los aspersores la presión de funcionamiento. Existe una relación directa entre presión, caudal de descarga y el diámetro de humedecimiento, de acuerdo a la marca y tipo de aspersor utilizando; mientras mayor sea la altura y mas próximo se encuentre, mayor será la carga disponible con menor costo del sistema, debido a menor dimensionamiento de la tubería principal.

- ✓ **Desarenador.** Es la estructura hidráulica que permite la limpieza de sedimentos, principalmente gravas y arenas finas.

- ✓ **Cámara de carga.** Tiene como finalidad mantener un nivel de agua uniforme al inicio del sistema, manteniendo constante el nivel de recarga. Pueden funcionar como cámaras rompe presión, ubicados a lo largo de las tuberías en los puntos donde la presión excede a la requerida. Una sobre presión puede generar golpe de ariete fracturando la tubería.

Su función es disipar la carga de presión cuando esta se encuentra en exceso, producida por el desnivel natural del terreno.

- ✓ **Tubería principal.** Es el sistema de tuberías o canales que llevan el agua desde el desarenador hasta los linderos del predio a regar.

Conduce el agua desde la cabecera hasta el inicio del área de riego, en algunos casos puede continuar por el área de riego, dependiendo del sistema de distribución elegido. Su instalación es fija y enterrada y el diámetro depende de la capacidad, longitud, pérdida de carga, etc.

Un sistema de riego a presión se hace necesario la colocación de los siguientes dispositivos:

- Válvulas:
- Corte
 - Ventosas

- Purga o limpieza

- ✓ **Tubería de distribución.** Son líneas secundarias de PVC, parten de la tubería principal denominando sectores de riego. A partir de ella salen las líneas de riego.

Cuando la tubería principal circula por la cota más alta del área de riego, las tuberías de distribución salen a los sectores de riego hacia un lado en un planteamiento denominado tipo peine, en cambio cuando la tubería principal circula por el centro del área de riego, la distribución suele ser a ambos lados. Existen dos modalidades en las tuberías de distribución, que sean fijas, para ello son enterradas en su totalidad al igual que la principal. El otro caso es que sean móviles, el sistema móvil permite que las tuberías de distribución y las líneas de riego sean trasladados de acuerdo a una programación de riego hasta completar un ciclo completo.

- ✓ **Hidrante o elevador.** Son los puntos de conexión entre la tubería principal y la de distribución, o de esta a las líneas de riego, o de estas a los aspersores. Para ello es necesario que mediante una “tee” o abrazadera, permite la salida de una tubería a otra de igual o menor diámetro.
- ✓ **Líneas de riego.** Se inician en la tubería de distribución, llevando el agua directamente al aspersor, las tuberías pueden ser de aluminio, PVC o polietileno, las líneas de riego pueden ser fijos y móviles.

3.2.4.3. Criterios para el diseño de sistema de riego por aspersión.

Espaciamiento entre aspersores.

En el caso de los aspersores, no nos preocupa tanto donde caerá la última gota, si ni cuanto podemos espaciarlos de modo que aún sigan cumpliendo su función eficazmente. Para ello en todas las hojas de especificaciones técnicas, además de las tablas de rendimientos, se proporcionan unos marcos de trabajo recomendados para el material, tanto para las presiones como de los alcances.

Estos son los dos puntos principales que debemos barajar a la hora de hacer un proyecto de riego. Nos aseguramos de que cada aspersor funcione a su presión

adecuada y que se halle separados del resto al espaciamiento recomendado. Esta y no otra es la clave de éxito.

Un aspersor funcionando a la presión adecuada, demanda una cierta cantidad de agua, un caudal determinado. Por tanto debemos hacer un buen estudio y calculo hidráulico para que la cantidad de agua de que disponemos sea capaz de alimentar adecuadamente a cada aspersor.

El fabricante proporciona unas tablas con unos alcances, normalmente las medidas del radio. Pues bien vamos a ver, en base a estas distancias, como lo tendremos que espaciar. Vamos a solaparlos. La explicación para solapar es la siguiente.

En todos los aspersores de riego, sobre todo en los de tipo “chorro” (aspersores de turbina o de impacto). No se puede obtener un reparto uniforme de agua a lo largo de todo el chorro; lógicamente el máximo de agua se encuentra junto al aspersor y va disminuyendo progresivamente a medida que nos alejamos de él.

El reparto de agua también está en función de la presión de salida que tenga está en la boquilla del aparato.

En el riego por aspersión, y basándonos en que es una instalación fija, el traslape o recubrimiento de ser del 100%; esto significa que un aparato moje a otro.

El espaciamiento entre aspersores está en función del diámetro de humedecimiento del aspersor de la velocidad del viento. Para cada aspersor el diámetro de humedecimiento es de acuerdo al tamaño de las boquillas y a la presión de operación, estos valores son proporcionados por los fabricantes. El máximo espaciamiento se describe como porcentaje del diámetro de humedecimiento, cuyos valores recomendados se indican en Cuadro N° 16.

Cuadro N° 14: Espaciamiento entre aspersores y laterales.

Velocidad del viento	Espaciamiento en % del diámetro de humedecimiento.		
	En cuadrado	En rectángulo	
	EA = EL	EA	EL
Sin viento	65%	65%	65%
Hasta 6Km/hr (1,67 m/seg.)	60%	50%	65%
Hasta 12km/hr (3,33 m/seg.)	50%	40%	60%
Hasta 15Km/hr (4,17 m/seg.)	40%	40%	50%
Mayores de 15 km/hr (4,17 m/seg.)	30%	30%	40%

Fuente: Walter Olarte. Manual Diseño y Gestión de Sistema de Riego por Aspersión en laderas (2002)

Donde:

E_A : espaciamiento entre aspersores.

E_L : espaciamiento entre laterales

D : diámetro de humedecimiento.

El espaciamiento entre aspersores y laterales está limitado también por los tramos estándar de tubería que venden los fabricantes.

Trazo o colocación de tuberías.

En la colocación de tuberías es importante observar las siguientes normas:

- A. La tubería principal debe siempre, es posible, colocarse según la pendiente predominante así el mejor control posible de las presiones laterales.
- B. Las tuberías laterales deben colocarse perpendicularmente con respecto a la tubería principal y a través de la pendiente.
- C. Las tuberías laterales deben ser colocados perpendiculares a la dirección del viento, lo que permite hacer correcciones de acuerdo a la variación en velocidad y en dirección del viento. Como quizá no sea compatibles estas dos últimas condiciones, se debe dar preferencia a la consideración que se refiere a la pendiente.
- D. Para terrenos de forma irregular, el trazo debe hacerse de manera que permita la colocación de laterales de igual longitud, tanto como sea posible.

Procedimiento para la elaboración de un proyecto de riego por aspersión en ladera.

Primera etapa: en esta etapa consiste en realizar un buen inventariado o recopilación de información que se tenga de zona de estudio tales como: información cartográfica, fotográfica, demográfica, estudios previos de la zona, información climatológica, en lo posible de: precipitación, temperatura, horas sol, velocidad de viento, humedad relativa. De no existir información climatológica de

la zona de riego, se acudirá a recabar de las estaciones más próximas al área del proyecto.

a. Planos topográficos

- ✓ Tamaño y forma de la área total, área irrigarse, limites o linderos, pendientes.
- ✓ Las curvas de nivel que indican los puntos altos y bajos.
- ✓ Determinación de las diferentes unidades de riego.
- ✓ Perfil longitudinal, la dirección de la línea principal.
- ✓ Fuente de agua

b. Tipos de suelos.

- ✓ Superficie del suelo, examinado las características físicas: textura y estructura, para determinar una adecuada velocidad de aplicación del agua.
- ✓ Datos de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente.
- ✓ Datos de profundidad de suelo y del nivel freático
- ✓ Datos de calidad de suelo con fines de riego.
- ✓ Datos de la velocidad de infiltración básica del suelo.

c. Cultivo.

- ✓ Tipos de cultivo (variedad).
- ✓ Ciclo del cultivo y fases fenológicas.
- ✓ Profundidad efectiva de raíces de cada cultivo.
- ✓ Coeficientes de cultivo.
- ✓ Uso consuntivo de agua de cada cultivo.

d. Agua.

- ✓ Tipo de fuente de agua.
- ✓ Localización fuente de agua.
- ✓ Caudal disponible.
- ✓ Presión disponible
- ✓ Calidad física (% sedimentos)

- ✓ Calidad química
- ✓ Aspectos legales.

e. Consideraciones climáticas de la zona.

- ✓ Periodo de máximo consumo de agua, para la cual hay que considerar: la humedad relativa, máxima temperatura, velocidad del viento.
- ✓ Velocidad y dirección predominante del viento.
- ✓ Distribución de la precipitación.
- ✓ Evaporación.
- ✓ Algunos métodos para estimar la ETP requiere información climática adicional.

Segunda etapa: Cuando se ha obtenido la información necesaria, se procede a proyectar el sistema de riego por aspersión paso a paso, hasta llegar a una solución que adapte a las exigidas.

1.00 Diseño de sistema de riego por aspersión

Para un sistema de riego por aspersión hay que determinar todas las características técnicas del riego, con el fin de que el reparto del agua sea uniforme y eficiente. Se hace en dos etapas: diseño agronómico se consideran aquellos aspectos relacionados con el medio (suelo, clima, cultivos, etc.), y en el diseño hidráulico se dimensiona la red de distribución, A continuación se describen los pasos de las dos etapas:

2.00 Diseño agronómico

2.10 Características del cultivo

Alternativa de cultivo, porcentaje de humedad aprovechable, profundidad radicular, coeficiente de cultivo.

Profundidad radicular (zr) (cm)

Es la profundidad de la capa enraizable llamada también rizosfera, en la zona donde se desarrollan las raíces dentro del perfil del suelo.

En Proyectos de Riego se debe considerar que la planta absorbe la mayor cantidad de agua en la mitad superior de sus raíces, para los casos de diseño cuando se cuenta con agua se considerara regar hasta las 3/4 partes de su raíz, en caso contrario será la mitad de sus raíces, en la **Tabla 3** se da algunos valores de profundidad radicular para diferentes productos:

Tabla N° 3: Profundidad del sistema radicular efectivo de algunos cultivos

CULTIVO	PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA (m)	CULTIVO	PROFUNDIDAD RADICULAR EFECTIVA (m)
Aguacate (Palta)	0.9 - 1.0	Manzanos	0.9 - 1.0
Alfalfa	0.9 - 1.2	Melocotón (durazno)	0.9 - 1.0
Algodón	1.0 - 1.2	Melón	0.8 - 1.0
Almendros	0.9 - 1.2	Nogal	1.1 - 1.2
Batata	0.6 - 0.9	Olivos	0.9 - 1.1
Berengena	0.5 - 0.6	Palmera	0.8 - 0.9
Café	0.9 - 1.2	Papa	0.6 - 0.8
Caña de azúcar	1.0 - 1.1	Pepino	0.6 - 0.9
Cebada	0.9 - 1.0	Peral	0.8 - 1.1
Cebolla	0.4 - 0.5	Pimentón	0.5 - 0.6
Ciruelo	0.9 - 1.0	Piña	0.4 - 0.6
Citricos	0.9 - 1.0	Plátano, banano	0.9 - 1.2
Clavel	0.3 - 0.4	Remolacha azucarera	0.8 - 1.0
Fresa (frutilla)	0.3 - 0.5	Sorgo para grano	0.8 - 0.9
Frijol (frejol)	0.5 - 0.8	Tabaco	0.8 - 1.0
Frutales de hoja caduca	1.0 - 1.2	Tomate	0.9 - 1.2
Girasol	0.9 - 1.0	Trebol	0.7 - 0.9
Lechuga	0.3 - 0.4	Trigo	0.8 - 1.2
Maíz de grano	0.9 - 1.2	Viñedo	0.8 - 0.9
Maíz ensilaje	0.9 - 1.2	Zanahoria	0.4 - 0.5
Maní (cacahuete)	0.9 - 1.0		

Fuente: Sistema de riego para proyectos de pequeña escala en zonas de ladera. Vergara Mendoza J. E. (pág. 18)

% del rango de humedad aprovechable (f)

La capacidad retentiva de humedad del suelo, es el agua que se encuentra en un suelo entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP), es el agua que queda en el suelo desde el momento que el suelo ha dejado

de drenar los excesos de agua por gravedad, hasta que se haya evapotranspirado todo el agua capilar y la planta ya no puede extraer el agua del suelo.

El descenso de humedad del suelo varía con el tipo de especie, hay cultivos que son muy sensibles a la falta de agua y otros son muy tolerables.

En la **Tabla N° 4** se muestra algunos valores de f para distintos cultivos

Tabla N° 4: % del rango de humedad aprovechable (f) para distintos cultivos FAO

Cultivo	f(%)	Cultivo	f(%)
Alfalfa	0.60	Limonero	0.25
Aguacate	0.30	Maíz grano	0.40
Apio	0.15	Melón cantaloup	0.20
Brócoli	0.30	Naranja	0.35
Caña de azúcar	0.60	Papa	0.30
Cebolla	0.30	Platanera	0.30
Cebolla maduración	0.40	Prados	0.35
Coliflor	0.45	Remolacha	0.50
Fresa	0.10	Repollo	0.35
Frutales Hoja caduca	0.40	Tomate	0.45
Judía	0.50	Viñedo	0.55
Lechuga	0.35	Zanahoria	0.40

Fuente Proyecto Manejo Sostenible de Suelos y agua en laderas MASAL Pág. 64

Coefficiente del cultivo (k_c)

El valor del coeficiente de cultivo depende de las características propias y específicas de las plantas y expresa la variación de capacidad para extraer el agua del suelo durante el periodo vegetativo.

2.20 Climatología

Mes considerado, Numero de días del mes considerado, Evapotranspiración potencial, Precipitación efectiva al 75% de persistencia Evapotranspiración potencial real, Demanda unitaria neta, Demanda unitaria bruta, Consumo diario de agua.

Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

Es la cantidad de agua consumida por un cultivo denso y corto, durante un intervalo de tiempo y en un suelo que presenta las condiciones más óptimas de humedad. Es decir, con suministro permanente de agua.

Precipitación efectiva al 75% de persistencia (mm/mes)

Corresponde a la precipitación efectiva registrada en los días que corresponde a la fase.

Evapotranspiración real (ETR) (mm/mes) $ETR=Kc*ETP$

Es la cantidad de agua consumida por un cultivo cualquiera, durante un intervalo de tiempo, en un suelo que presenta las condiciones específicas reales

Demanda unitaria neta (mm/mes)

Se determina con la ecuación: $D_u = ETR - PE_{75\%}$

Demanda unitaria bruta (mm/mes)

Se determina con la ecuación: $D_{ub} = D_u / (E_a / 100)$

Consumo diario de agua (mm/mes)

El consumo diario se obtiene: $C_d = ETR / \# \text{ día}$

2.30 Características Físicas del suelo

Cuando el área regable varía de mediana a grande, es necesario contar con un estudio de clasificación de suelos por su aptitud para el riego, tomando en cuenta: pendiente, profundidad efectiva, clase de textura, etc. en base a rangos de clasificación establecido por el SOIL SURVEY MANUAL, en base a las características hídricas se determinan las unidades de riego. Los parámetros importantes son:

Textura de suelos:

Se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla que contiene un suelo, según el predominio de cada uno de ellos se les denomina suelos arenosos, limosos o

arcillosos. Cuando un suelo presenta proporciones equivalentes entre estos tres tipos de partículas se le denomina suelos francos.

Para determinar la clase de los suelos, se realiza el análisis mecánico en laboratorio, cuyos resultados se interpretan mediante el triangulo de texturas.

Las fracciones granulométricas se clasifican, en tres clases, teniendo en cuenta su diámetro correspondiente.

Tabla N° 5: Fracción granulométrica

Fraccion del suelo	Diámetro Equivalente de las partículas (mm)
Arena gruesa	Partículas de 2-0.05 mm
Arena fina	Partículas de 0.2-0.02 mm
Limo	Partículas de 0.02-0.002 mm
Arcilla	Partículas menor de 0.002 mm.

Fuente Adivan A. (1994) Determinación de régimen de riego de los cultivos (Pág. 3)

Capacidad de Campo (%)

Se define como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problema de drenaje. El suelo alcanza a cc, según la textura de 24 a 72 horas, después de un riego pesado.

Para un suelo de textura media, el agua retenida por el suelo, esta a una tensión de 0.3 atmosferas.

Punto de Marchitez Permanente (PMP) (%)

Se dice que un suelo se encuentra en un punto de marchitez permanente, cuando retiene una mínima cantidad de agua, pero que ya no puede ser aprovechada por las raíces, lo cual ocasiona un marchitamiento irreversible de las hojas y consecuentemente la muerte de la planta.

Este estado se presenta cuando a partir de la CC el agua se va perdiendo por evapotranspiración del cultivo activo y no se repone el agua al suelo. Este estado de humedad del suelo, se presenta generalmente cuando el suelo retiene la

pequeña humedad que queda en el a una tensión de 15 atmosferas en suelos francos, 20 atmosferas en suelos arcillosos, 10 atmosferas en suelos arenosos.

Densidad Aparente (da)

Es el peso de partículas de sólidos de suelo, no disturbados por unidad de volumen (están incluidos los poros) la densidad aparente varia con la clase de textura del suelo en la tabla N° 6 se aprecia sus valores y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\delta a = \frac{P_s}{V_t}$$

δa = Densidad Aparente (gr/cm3)

P_s = Peso del suelo (gr)

V_t = Volumen total (cm3)

Tabla N° 6: Densidad aparente

Densidad aparente según Romano y Lauciani	
Densidad aparente	Textura de suelo (gr/cm3)
Arenoso	1.65
Franco arenoso	1.50
Franco	1.35
Franco limoso	1.30
Franco arcilloso	1.20
Arcilloso	1.10
Terrenos humiferos	0.90

Fuente: Manual de riego por gravedad Walter Olarte 1987

Velocidad de Infiltración básica (Vib)

Es una relación entre la lamina de agua infiltrada del suelo y el tiempo que demora en infiltrar dicha lamina las unidades que se expresan son cm/hr o mm/hr, en la tabla 8 se aprecia valores referenciales a Vib

Tabla N° 7: Textura del suelo y Velocidad de infiltración básica

Textura	Vib-mm/hr
Arenoso	20
Arenoso Limoso	18
Franco Arenoso	15
Franco Limoso	13
Arcilloso	10

Fuente Manual de Riego por Aspersión IMA Región Inka

2.40 Cálculo de la demanda de agua

2.41 Cálculo de la Dosis de Agua (Lamina Requerida)

✓ Dosis neta de riego (D'n)

Es la cantidad de agua aplicada al suelo en cada riego, su cálculo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$D' n = \frac{(CC - PMP)}{100} * f * \delta a * z_r$$

D' n = Dosis neta de agua (mm)

CC = Capacidad de campo (%)

f = % de rango de humedad aprovechable

δa = Densidad aparente (gr/cm³)

z_r = profundidad radicular (cm)

Bajo la condición :

$$(CC - f) \leq k_a * (CC - PMP)$$

PMP = Punto de marchitez permanente (%).

k_a factor de agotamiento permisible, entre 0.2 - 0.6, en general 0.5

✓ Dosis bruta de riego (D'b)

Dosis Bruta es el volumen total que necesita el sistema de riego por aspersión considerando las pérdidas

$$D' b = D' n * \left(\frac{1}{E_a} \right)$$

D' b = Dosis bruta de riego (mm)

E_a = Eficiencia de Aplicación (%).

D' n = Dosis neta de riego (mm)

En la siguiente tabla se da algunos valores de la eficiencia de aplicación en sistemas de riego por aspersión con relación al clima.

Tabla N° 8: Valores de Eficiencia de aplicación

Región Climatológica	Ea (%)
Humedad o de clima frío	80
Clima moderado	75
Clima seco y cálido	70
Clima desértico	65

Fuente: Sistema de riego por Aspersión y goteo, Ignacio García Casillas, pag116

2.42 Dosis de agua lámina asumida.

Factor de Operación (k): es un coeficiente de corrección para el cálculo de frecuencias de riego convenientes para el riego por el tipo de suelo.

✓ Dosis neta de riego asumido

$$D_n = \left(\frac{D' n}{k} \right)$$

D_n = Dosis neta de riego asumido (mm)

$D' n$ = Dosis neta de riego (mm).

k = factor de operacion

✓ Dosis bruta de riego asumido

$$D_b = \left(\frac{D_n}{E_a} \right)$$

D_b = Dosis bruta de riego asumido (mm)

E_a = Eficiencia de aplicacion (%).

D_n = Dosis neta de riego (mm)

2.43 Calculo de la frecuencia de riego

Frecuencia de riego es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos riegos sucesivos. Se debe determinar para cada mes en base a las características hídricas y físicas de suelo, teniendo en cuenta la lámina neta y el consumo diario.

$$F_r = \left(\frac{D_n}{C_d} \right)$$

F_r = Frecuencia de Riego (días)

D_n = Dosis neta de riego (mm)

C_d = Consumo diario de Agua (mm/dia)

2.44 Modulo de riego

El modulo de Riego, mas apropiadamente llamado caudal ficticio continuo (M_r), es el volumen de demanda registrada en el mes más crítico.

$$M_r = \left(\frac{36 * 10^8 * C_d}{T * E_a} \right)$$

M_r = Modulo de riego (l/s/ha)

C_d = Consumo diario de Agua (mm/dia)

T = Disponibilidad de agua diaria (hr)

E_a = Eficiencia de Aplicacion

2.45 Cálculo del área regable.

Para calcular el área que se puede regar con la oferta hídrica disponible, se aplica la siguiente relación:

$$A = \left(\frac{Q_d}{M_r} \right)$$

M_r = Modulo de riego (l/s/ha)

Q_d = Caudal disponible en la fuente (l/s)

A = Area a regar (ha)

Verificación

Si el Área a regar diseño > Área a regar del terreno entonces está Bien.

2.50 Balance hídrico

✓ Oferta mensual

Oferta = $Q_d * 3.6 * T * \# \text{ dia}$

Oferta = Oferta mensual (m³)

Q_d = Caudal disponible en la fuente (l/s)

T = Disponibilidad de Agua diaria (hr)

$\# \text{ dia}$ = Numero de dias del mes considerado (dia)

✓ **Demanda mensual**

$$\text{Demanda} = Q_r * 3.6 * T * \# \text{ día}$$

$$\text{Demanda} = \text{Demanda mensual (m3)}$$

$$Q_r = \text{Caudal requerido por la fuente (l/s)}$$

$$T = \text{Disponibilidad de Agua diaria (hr)}$$

$$\# \text{ día} = \text{Numero de dias del mes considerado (día)}$$

Oferta – Demanda

Verificación

Si la Oferta - Demanda > 0 está Bien

3.00 Diseño hidráulico

3.10 Selección del Aspersor

La selección se hace en base a los catálogos proporcionados por los fabricantes los datos que proporcionan normalmente son:

- ✓ Diámetro de la boquilla
- ✓ Posición de Operación del aspersor
- ✓ Caudal del Aspersor
- ✓ Diámetro de Humedecimiento
- ✓ Espaciamiento entre aspersores recomendados.

En el caso de esta hoja de cálculo se considero los catálogos de Vyrsa. Y los parámetros que se calculan son:

✓ **Caudal del aspersor**

$$Q_{asp} = \frac{Q_{asp}}{3600} \text{ (l/s)}$$

$$Q_{asp} = \text{Caudal del aspesor en (l/hr)}$$

✓ **Área regada por cada aspersor**

$$A_{asp} = \pi * \left(\frac{\phi}{2} \right)^2$$

$$A_{asp} = \text{Area del aspersor (m}^2\text{)}$$

$$\phi = \text{Diámetro mojado (m)}$$

✓ **Área Superficie regada por el marco de aspersión**

$$S = a * b$$

a = Distancia entre aspersores (m)

b = Distancias entre líneas (m)

✓ **Intensidad de precipitación del aspersor**

$$P_{asp} = \left(\frac{Q_{asp}}{S} \right)$$

Pasp = Intensidad de precipitación del aspersor (mm/hr)

Qasp = Caudal del aspersor (l/hr)

S = Área regada por marco de aspersión (m²)

✓ **Verificación**

Si Velocidad de Infiltración del suelo > Intensidad de Precipitación del Aspersor está Bien.

3.20 Cálculo de los parámetros de riego

✓ **Tiempo de aplicación de riego.**

El tiempo calculado se refiere al tiempo que deberá permanecer cada línea regante o cada aspersor en cada posición

$$T_r = \left(\frac{D_b}{P_{asp}} \right)$$

T_r = Tiempo de Aplicación de riego (hr)

D_b = Dosis Bruta de Riego (mm)

Pasp = Intensidad de precipitación del aspersor (mm/hr)

✓ **Número de posiciones o sectores**

$$N = \left(\frac{F_r * T}{T_r} \right)$$

N = Número de posiciones o sectores

F_r = Frecuencia de Riego (día)

T = Disponibilidad de agua diaria (hr)

T_r = Tiempo de Aplicación de riego (hr)

✓ **Área regada por módulo o sector**

$$Am = \left(\frac{A * 10^4}{N} \right)$$

Am = Area Regada por modulo o sector (m2)

A = Area a regar (ha)

N = Numero de posiciones o sectores

✓ **Número de aspersores en operación**

$$\#asp - op = \left(\frac{Am}{S} \right)$$

Am = Area Regada por modulo o sector (m2)

S = Area o superficie regada por el marco de aspersion (m2)

#asp - op = Numeros de aspersores en operacion.

✓ **Número de aspersores por hidrante**

El número de aspersores por hidrante es criterio del proyectista.

$$\#asp - hid = \left(\frac{\#asp - ope}{\#asp - hid} \right)$$

#asp - hid = Numero de aspersores por hidrante

#asp - op = Numeros de aspersores en operacion.

#asp - hid = Numero de aspersores por hidrante

Número de hidrantes en operación

Caudal requerido por el sistema

$$Qr = \left(\frac{Qasp}{3600} \right) * \#asp - op$$

Qr = Caudal requerido por sistema (l/s)

Qasp = Caudal del aspersor (l/hr)

#asp - op = Numeros de aspersores en operacion.

Verificación

Caudal disponible en la fuente > Caudal requerido por el sistema

4.00 Resultados asumidos

Los Parámetros obtenidos en este ítem son los definitivos están con todas las consideraciones y correcciones.

4.10 Parámetros de riego

✓ Frecuencia de riego

Se asume la frecuencia de riego calculado en el ítem 2.43

✓ # de riegos a aplicar en un mes

$$\# \text{ de riego} = \left(\frac{\# \text{ días}}{Fr} \right)$$

de riego = Numero de riego a aplicar en un mes (veces)

días = numero de días del mes considerado (días)

Fr = Frecuencia de Riego (días)

✓ Tiempo de aplicación del riego

Se asume el tiempo de aplicación calculado en el ítem 4.10

Tiempo por cambio de posición de los aspersores (tc) se asume de la experiencia y habilidad del agricultor.

✓ Tiempo total transcurrido entre posiciones

$$T_t = T_r + T_c$$

T_t = Tiempo total transcurrido entre posiciones (hr)

T_r = Tiempo de aplicación del riego (hr)

T_c = Tiempo por cambio de posición de aspersores (hr)

✓ # de Turnos por día/aspersor

$$\# \text{ turnos} = \frac{T}{T_t}$$

turnos = Numero de turnos por día/aspersor (veces)

T = Disponibilidad de agua diaria (hr)

T_t = Tiempo total transcurrido entre posiciones (hr)

✓ **Número de posiciones o sectores**

$$N = \frac{Fr * T}{Tt}$$

N = Numero de posiciones o sectores (posiciones x dia)

Fr = Frecuencia de riego (dia)

Tt = Tiempo total transcurrido entre posiciones (hr)

T = Disponibilidad de agua diaria (hr)

✓ **Área regada por módulo o sector**

$$Am = \frac{A}{N}$$

Am = Area regada por modulo o sector (ha)

A = Area a regar (ha)

N = Numerrearo de posiciones o sectores (posiciones x dia)

✓ **Número de aspersores en operación**

$$\# \text{ asp - op} = \frac{Am * 10^4}{S}$$

asp - op = Numero de aspersores en operacion (aspersore s)

Am = Area regada por modulo o sector (ha)

S = Area regada por modulo o sector (ha)

✓ **Número de aspersores por hidrante**

Este valor es igual al valor obtenido en el item 3.20

✓ **Número de hidrantes en operación**

$$\# \text{ hidrante} = \frac{\# \text{ asp - op}}{\# \text{ asp - hid}}$$

hidrante = Numero de hidrantes en operacion (hidrante)

asp - op = Numero de aspersores en operacion (aspersore s)

asp - hid = Numero de aspersores por hidrante (aspersore s)

✓ **Caudal requerido por el sistema**

$$Q_r = \left(\frac{Q_{asp}}{3600} \right) * \# \text{ asp - op}$$

Q_r = Caudal requerido por el sistema (l/s)

Q_{asp} = Caudal del Aspersor (l/hr)

$\# \text{ asp - op}$ = Numero de aspersores en operacion (aspersores)

Caudal requerido por el sistema \leq Caudal disponible en la fuente

4.12 Área Regada por número de aspersor en operación ajustado

✓ **Área regada por posición**

$$A_p = \frac{S * \# \text{ asp.op}}{10^4}$$

A_p = Area regada por posicion (m²)

S = Area o superficie regada por el marco de operacion (m²)

$\# \text{ asp - op}$ = Numero de aspersores en operacion (aspersores)

✓ **Área regada por la frecuencia de riego**

$$A_{fr} = N * A_p$$

A_{fr} = Area regada por la frecuencia de riego (ha)

N = Numero de posiciones o sectores (posiciones)

A_p = Area regada por posicion (m²)

4.13 Verificación del área regada por la frecuencia de riego

Área regada por la frecuencia de riego (ha) \geq Área de Riego (ha)

4.20 Balance hídrico

✓ **Oferta mensual**

$$\text{Oferta} = Q_d * 3.6 * T * \# \text{ dia}$$

Oferta = Oferta mensual (m³)

Q_d = Caudal disponible en la fuente (l/s)

T = Disponibilidad de Agua diaria (hr)

$\# \text{ dia}$ = Numero de días del mes considerado (día)

✓ Demanda mensual

$$\text{Demanda} = Q_r * 3.6 * T * \# \text{ día}$$

$$\text{Demanda} = \text{Demanda mensual (m3)}$$

$$Q_r = \text{Caudal requerido por la fuente (l/s)}$$

$$T = \text{Disponibilidad de Agua diaria (hr)}$$

$$\# \text{ día} = \text{Numero de días del mes considerado (día)}$$

4.21 Verificación balance hídrico

Si Oferta-Demanda ≥ 0 está Bien.

Diseño hidráulico del entubado de la red de distribución

Tubería de Conducción

La tubería de la línea principal en lo posible se emplaza en sentido de la mayor pendiente del terreno esta línea principal cumple la función de conducción del flujo hasta las líneas de distribución llamadas laterales, sub laterales, hidrantes y de estos mediante tuberías elevadoras hasta conectarse con el aspersor.

Criterio de diseño.

Definido el perfil de la línea de conducciones necesario considerar criterios de diseño que permitan el planteamiento final en base a las siguientes consideraciones:

Carga disponible:

La carga disponible es la diferencia de elevación entre las cotas razantes de cámara de carga-hidrantes cámara rompe presión – hidrante.

Gasto de diseño

Es caudal requerido para el sistema dato obtenido en el item 4.10

Clase de tubería

Las clases de tubería a seleccionarse están definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea re-presenta por la línea de carga estática. Para la selección

se debe considerar una tubería que resista bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería.

Tabla N° 9: Clase de tubería PVC y máxima presión de trabajo

Clase	Presión Máxima de Prueba (m)	Presión Máxima de Trabajo (m)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: Agua potable para poblaciones rurales, Agüero Pitman R. (pág. 54)

Diámetro.

Para considerar los diámetros se consideran diferentes soluciones y se estudian diferentes alternativas desde el punto de vista económico. Considerando el máximo desnivel en toda la longitud del tramo, el diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el caudal requerido del sistema, con velocidades comprendidas entre 0.6 y 3.0 m/s, y la pérdida de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible.

Línea de gradiente hidráulica

La línea de gradiente hidráulica indica la presión de agua bajo condiciones de operación. Cuando se traza la línea de gradiente hidráulica para un caudal que descarga libremente en la atmósfera (como dentro de un tanque), puede resultar que la presión residual en el punto de descarga se vuelva positiva o negativa.

Perdida de carga

La pérdida de carga es el gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del fluido de un punto a otro en una sección de la tubería.

Las pérdidas de carga pueden ser lineales o de fricción y singulares o locales. Las primeras, son ocasionadas por las fuerzas de rozamiento en la superficie de

contacto entre el fluido y la tubería ; y las segundas son flujo producidas por las deformaciones del flujo , cambio en sus movimientos y velocidad (estrechamientos o ensanchamientos bruscos de la sección , torneo de las válvulas ,accesorios).

Perdida de carga unitaria

Para el cálculo de la pérdida de carga unitaria, pueden utilizarse muchas formulas, sin embargo una de las más usadas en conductos a presión, es la de HAZEN Y WILLIAMS. Esta fórmula es válida únicamente para tuberías de flujo turbulento, con comportamiento hidráulico rugoso y con diámetros mayores a 2”, la formula es:

$$Q = 0.2788 C * D^{2.63} * J^{0.54} \text{ (m3/s)}$$

Q = Caudal (m3/s)

C = Coeficiente de HAZEM Y WILLIAMS (Pies^{0.5}/seg).

D = Diametro de la tuberia (m)

J = Perdiada de carga unitaria en m/m

Tabla N° 10: Valores de C según Hazen Williams

Material	C
Aluminio	130
Acero galvanizado	130
Acero nuevo	130
Acero (15 años uso)	100
Plástico	150
PVC	140
Asbesto Cemento	140

Estos valores en lo posible deben ser proporcionados por los fabricantes; Fuente: Walter Olarte. Manual Diseño y Gestión de Sistema de Riego por Aspersión en laderas (2002)

En el diseño de la tubería sometido a presión se considera la pérdida de carga por tramos para los cálculos se considero la formula:

$$H_f = J * L$$

Hf = Pérdida de carga por tramo (m)

J = Pérdida de carga unitaria (m/m)

L = Longitud de la tuberia (m)

Para determinar la pérdida de carga por tramo es necesario conocer los valores de carga disponible el gasto de diseño y la longitud del tramo de tubería.

Y para el cálculo de la pérdida de carga en tuberías < de 2" se utiliza la ecuación de FAIR WHIPPLE

$$Q = 2.8639 D^{2.71} * J^{0.57}$$

Q = Caudal (l/s)

D = Diametro de la tuberia (pulg)

J = Perdida de carga unitaria (m/m)

1-2 Tramo: En esta columna se delimita los tramos de la línea de distribución mediante los nudos a estos se le denominan con números o las letras del alfabeto para nuestros cálculos la denominación será:

Cuadro N° 15: Denominación de obras de arte

Obra de Arte	Denominación
Cámara de Carga	CC
Cámara Rompe Presión	CRP
Hidrante	H
Válvulas	V
Nudos, curvas, codos	1-100 o A-Z

3- Longitud real (m)

Longitud obtenida de la acotación en plano perfiles longitudinales.

4 Longitud equivalente (m) (Le)

Longitud calculada al 20% más por efectos de seguridad

5 Caudal de diseño (l/s) (Q)

Caudal de diseño calculado de forma ascendente sumatoria de caudales de los aspersores por hidrante de abaja hacia arriba.

Cota Razante

6 Cota de inicio



Lectura de cotas en los nudos, hidrantes de los planos topográficos.

7 Cota fin

8 Diferencia de cotas razante (m)

$\Delta H = \text{Cota Fin} - \text{Cota Inicio}$

9 Presión estática (m)

$PE = \text{Cota Inicio} + \Delta H$

10 Perdida de carga por tramos (m/m)

$J = \Delta H * L_e$

11 Tipo de tubería Selección del material de la tubería en los cálculos todos serán PVC.

12 Coeficiente de Hazen Williams Las tuberías son Platico

$C = 150$

13 Diámetro calculado (mm) (Dcal)

Se determina con la formula de HAZAEN WILLIAMS para efectos de tanteo y elección del diámetro de tubería.

$$D_{cal} = \left[\left(\frac{\frac{Q}{1000}}{0.2788 * C * J^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}} \right] * 1000$$

Dcal = Diametro de la tuberia (mm)

Q = Caudal (l/s)

C = Coeficient e de Haze Williams

J = Perdida de carga unitaria (m/m)

Características de la tubería

14 Norma : La elección de la tubería se determina mediante las normas a la que corresponde su fabricación en los proyecto de riego por aspersion las tuberías trabajan con presión, y pueden ser de unión flexible la que pertenece a la norma ISO 4422, como también las uniones pueden ser con pegamento estas tuberías pertenecen a la NPT 399.002

15 Diámetro nominal (pulg)

(Dn)

16 Diámetro nominal (mm)

(Dn)

17 Clase de la tubería

(Clase)

18 Diámetro interior de la tubería en mm.

(Di)

Para obtener el diámetro interior de la tubería se lee la tabla

19 Pérdida de Carga Unitaria (m)

(J)

Para los cálculos se utiliza las formulas de HAZEN WILLIAMS o FAIR WHIPPLE depende del diámetro de la tubería.

Formula de HAZEN WILLIAMS

$$J = \left(\frac{\frac{Q}{1000}}{2.2788 * C * \left(\frac{Di}{1000} \right)^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

J = Perdida de carga unitaria

Q = Caudal (l/s)

C = Coeficiente de Haze Williams

Di = Diametro interior de la tuberia (mm)

Formula de FAIR WHIPPLE

$$J = \left(\frac{Q}{2.8639 * \left(\frac{Di}{25.4} \right)^{2.71}} \right)^{\frac{1}{0.57}}$$

J = Perdida de carga unitaria (m/m)

Q = Caudal (l/s)

Di = Diametro interior de la tuberia (mm)

20 Pérdida de carga por Tramo (m)

$$h_f = J_{cal} * L_e$$

h_f = Perdida de carga por tramo (m)

J_{cal} = Perdida de carga unitaria calculado (m/m)

L_e = Longitud equivalent e (m)

21 Velocidad del flujo

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q}{1000 \left(\pi * \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \right)}$$

V = Velocidad (m/s)

Q = Caudal (l/s)

D_i = Diametro interior de la tubería (mm)

Cota Piezométrica**22 Cota Piezómetro Inicio (Inicio)**

Cota piezométrica inicialmente igual a al cota del terreno, y en el caso de la sección posterior igual a la piezométrica final de la sección anterior.

23 Cota Piezométrica Fin (Fin)

Cota piezométrica igual Cota inicio- perdida de carga por tramos

Cota Fin = Cota Inicio -hf

Presión Dinámica**24 Presión Dinámica inicio (Inicio)****25 Presión Dinámica Fin (Fin)**

Presión dinámica Fin = Cota Razante Fin- Cota Piezométrica Fin

Chequeo**26 Velocidad (m/s) (V)**

Si V >= 0.6 m/s está Bien.

27 Presión Estática

Si la Presión estática >= presión que resiste la tubería (Clase)*10*0.96 está Bien

29 Presión Dinámica

Si la presión dinámica Final ≥ 0.9 *presión que resiste la tubería (clase)*10 está Bien.

Altura de Carga Adicional (m)

Es la sumatoria de las pérdidas producidas en el hidrante, manguera y aspersores.

Presión dinámica de la Red (m)

Es la presión que necesita el aspersor para funcionar, se obtiene de los catálogos para nuestros cálculos se obtendrá: Presión Dinámica de la Red = (Presión del Aspersor seleccionado +Altura de carga adicional)

Características del Aspersor

Nombre	Vyr
Presión	(m)
Qasp	(l/s)
Ø mojado	(m)

Datos obtenidos de Catálogos

Marco

Disposición	Cuadrado
a	(m)
b	(m)
S	(m ²)

Intensidad de aplicación (mm/hr)

$$I_a = \frac{Q_{asp}}{3600 \cdot S}$$

I_a = Intensidad de Aplicacion (mm/hr)

Q_{asp} = Caudal del aspersor (l/s)

Línea de riego móvil

Numero de aspersores por ala (Und)

(# Asp *ala)

Se denomina a la línea móvil en una dirección

Caudal en un ala (l/s) (Qala)

Es el caudal obtenido por el número de aspersores por el caudal de cada aspersor como se detalla en la siguiente.

$$Qala = Qaps * \#asp * ala$$

$$Qala = \text{Caudal por ala (l/s)}$$

$$Qaps = \text{Caudal por aspersor (l/s)}$$

$$\#asp * ala = \text{numero de aspersores por ala (und)}$$

de posiciones del ala (und)

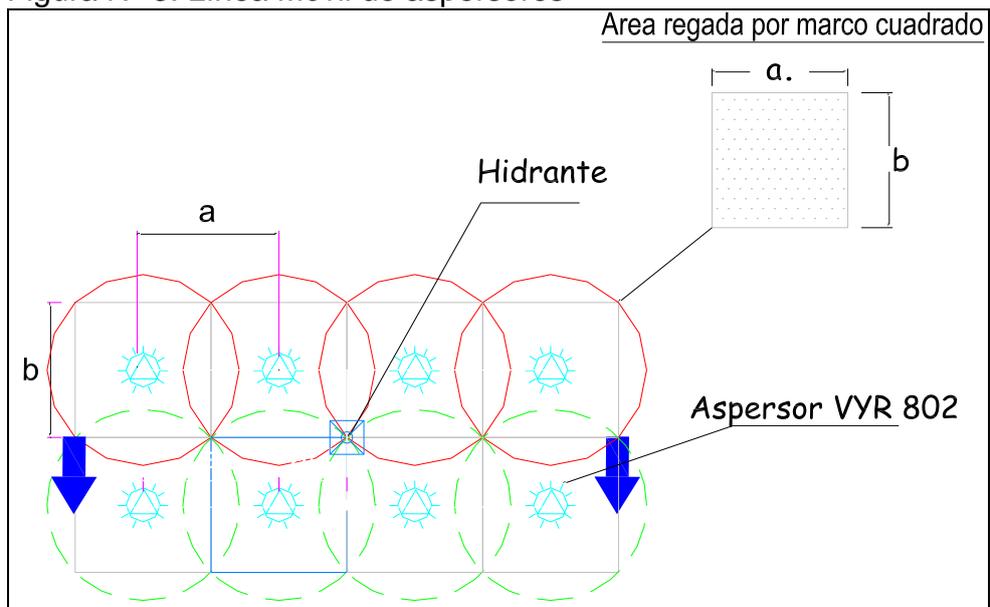
Longitud de ala (m)

La longitud de la manguera del ala se obtiene de la posición de los aspersores propuesto con la siguiente

Ecuación:

$$\text{Longitud del ala} = b + 0.5a + a * \#asp - ala + \#asp - ala * (\#posiciones del ala - 1)$$

Figura N° 3: Línea Móvil de aspersores



Donde:

a = Distancia entre aspersores (m)

b= Distancia entre líneas (m)

#asp.ala = Numero de aspersores por ala (und)

#posiciones del ala = numero de posiciones por ala

Para obtener la longitud de la manguera para diferentes números de aspersores se tiene las siguientes relaciones, es solo valido para marcos cuadrados o rectangulares en la fig 1 se aprecia con más detalle la obtención de este dato.

Para un aspersor en un ala $Asp.01=b+a/2$

Para dos aspersores en un ala $Asp.02= b+a/2+a$

Para tres aspersores en un ala $Asp.03=b+a/2+a*2$

Para cuatro aspersores en un ala $Asp.04=b+a/2+a*3$

Para cinco aspersores en un ala $Asp.05 =b+a/2+a*4$

Para seis aspersores en un ala $Asp.06=b+a/2+a*5$

Diseño hidráulico de la línea móvil

Para el diseño se utiliza ecuación de FAIR - WHIPPLE debido a que la manguera es < a 2"

1 Numero de Hidrante (Hidrante)

2 longitudes de la manguera (m) (L)

3 Caudal en el hidrante (l/s) (Q)

4 Diámetro Nominal de la manguera (mm) (Dn)

5 Clase de tubería(Clase)

La perdida de carga unitaria se calcula con la ecuación de FAIR WHIPPLE el diámetro de la manguera es < a 2"

$$J = \left(\frac{Q}{2.8639 * \left(\frac{Di}{25.4} \right)^{2.71}} \right)^{0.57}$$

J = Pérdida de carga unitaria (m/m)

Q = Caudal (l/s)

Di = Diámetro interior de la tubería (mm)

8 Factor por salidas múltiples (F)

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 * \# asp * ala} + \frac{(m-1)^{0.5}}{6 * \# asp * ala^2}$$

F = Factor por salidas múltiples

m = Coeficiente de descarga

asp * ala = número de aspersores por ala (und)

9 Pérdida de carga por tramos por salidas múltiples (m)

Hf= 1.1*F*J*L

10 Velocidad (m/s) (V)

$$V = \frac{\frac{Q}{1000}}{\pi * \left(\frac{\frac{Di}{1000}}{2} \right)^2}$$

V = Velocidad (m/s)

Q = Caudal (l/s)

Di = Diámetro interior de la tubería (mm)

Ubicación en la Línea de Riego (m)

11 Para un aspersor en un ala	Asp 1	Asp.01=b+a/2
12 Para dos aspersores en un ala	Asp 2	Asp.02= b+a/2+a
13 Para tres aspersores en un ala	Asp 3	Asp.03=b+a/2+a*2
14 Para cuatro aspersores en un ala	Asp 4	Asp.04=b+a/2+a*3
15 Para cinco aspersores en un ala	Asp 5	Asp.05 =b+a/2+a*4

16 Para seis aspersores en un ala Asp 6 $Asp.06=b+a/2+a*5$

17 Pérdida en el Hidrante (m)

Las pérdidas de carga en hidrantes se obtienen de tablas por cada accesorio integrante de la estructura.

El cálculo detalle se aprecia en las tablas 9 -11

Pérdida de carga en la manguera

18 Pérdida de Carga en la manguera en el primer aspersor (m)

Se utiliza la ecuación de pérdida de carga por tramos por salidas múltiples.

$$H_f = 1.1 * F * J * L_{Asp 1}$$

19 Pérdida de carga en la manguera en el segundo aspersor (m)

$$H_f = 1.1 * F * J * L_{Asp 2}$$

20 Pérdida de carga en la manguera en el tercer aspersor (m)

$$H_f = 1.1 * F * J * L_{Asp 3}$$

21 Pérdida de carga en la manguera en el cuarto aspersor (m)

$$H_f = 1.1 * F * J * L_{Asp 4}$$

22 Pérdida de carga en la manguera en el quinto aspersor (m)

$$H_f = 1.1 * F * J * L_{Asp 5}$$

23 Pérdida de carga en la manguera en el sexto aspersor (m)

$$H_f = 1.1 * F * J * L_{Asp 6}$$

Pérdida de Carga en Elevador y Aspersores (m)

- 24 Asp 1
- 25 Asp 2
- 26 Asp 3
- 27 Asp 4
- 28 Asp 5
- 29 Asp 6



Las pérdidas se calculan a detalle en la tabla 12

Perdida de carga en Manguera y Elevador -aspersores.

$$\left. \begin{array}{l} 30 \text{ Asp } 1 \\ 31 \text{ Asp } 2 \\ 32 \text{ Asp } 3 \\ 33 \text{ Asp } 4 \\ 34 \text{ Asp } 5 \\ 35 \text{ Asp } 6 \end{array} \right\} \text{Perdida de carga Manguera Asp } n + (\text{Perdida de carga Elevador -} \\ \text{Aspensor) Asp } n$$

Presión Dinámica en Aspersores (m)

La presión dinámica de los aspersores se calcula con la ecuación:

Presión Dinámica en Aspersores = Presión Dinámica Final-Perdida Hidrante-Perdida Carga Manguera aspersores.

42 Diferencia de Presiones de aspersores en un ala (m) (ΔP)

ΔP = Presión Máxima del Aspensor en un ala -Presión Mínima del aspensor en un ala

43 20% de la presión del aspensor (m) $(0.2 * P_{asp})$

44 Chequeo

Si $\Delta P \leq 0.2 P_{asp}$ está Bien.

45 Presión del Aspensor seleccionado (m)

46 Presión Promedio del ala en el hidrante

47 Presión del aspensor seleccionado incrementado en 20%(m)

48 Chequeo

Si $\Delta P \leq 0.2 P_{asp}$ está Bien.

49 Chequeo

Si La velocidad del flujo del aspensor ≥ 0.6 m/s está bien,

Si La velocidad del flujo del aspensor ≤ 2.5 m/s está bien,

Golpe de Ariete

Se denomina golpe de ariete al efecto del aumento brusco de la presión interna sobre las paredes de una tubería a consecuencia del cierre repentino de una válvula. La energía cinemática del fluido se convierte en energía de presión, causando la dilatación de la tubería inmediatamente aguas arriba de la válvulas producen ondas de sobrepresión y de depresión cumpliendo ciclos atenuandos hasta que las condiciones se normalizan. De acuerdo a la formula de Allievi , el tiempo en que la sección inmediatamente aguas arriba de la válvula cerrada permanece en estado de sobrepresión durante un ciclo es:

$$T = \frac{2 * \sum L}{C_o}$$

T = Tiempo (s)

$\sum L$ = Longitud desde la valvula hacia el tanque o camara aguas arriba (m)

C_o = Celeridad o velocidad de propagacion (m/s)

$$C_o = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D_n}{e}}}$$

k = Relacion entre el modulo de elasticidad volumetric o del fluido y el modulo de elasticidad del material de latuberia.

D_n = Diametro nominal de la tuberia (m)

e = espesor de la pared de la tuberia(m)

Tabla N° 11: Valores del modulo de elasticidad volumétrico.

Material de Tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1
Hormigón	5
Plástico	18

Tabla 14 Relación de Módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería (Azevedo Netto, 1976)

Si el T_c de cierre de la válvula es menor a T, se producirá la sobrepresión máxima de:

$$h_a = \frac{C * V}{g}$$

h_a = sobrepresi on (m)

V = Velociad del flujo entubado (m/s)

g = Aceleracion de la gravedad(m /s²)

Si el T_c de cierre de la válvula es mayor a T , se producirá la sobrepresión máxima de:

Ecuación de Michaud

$$h_a = \frac{2 * \sum L * V}{g * T_c}$$

h_a = sobrepresión (m)

V = Velocidad del flujo entubado (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

$\sum L$ = Longitud desde la válvula hacia el tanque o cámara aguas arriba (m)

1-2 Tramo T_c = Tiempo de cierre (s)

3-Longitud del tramo (m)

(L)

4-Longitud desde la válvula hacia el tanque o cámara aguas arriba (m)

($\sum L$)

5-Caudal en toda la red (l/s)

(Q)

6- Diámetro nominal de la tubería (mm)

(D_n)

7-Clase de la tubería

(C)

8-Diámetro Interior de la tubería (mm)

(D_i)

9-Espesor de la pared de la tubería (mm)

(e)

10-Celeridad o velocidad de propagación (m/s)

(C_o)

Datos obtenidos anteriormente.

Se Calcula con la ecuación:

11- Tiempo en que se produce el golpe de ariete (s)

$$T = \frac{2 * \sum L}{C_o}$$

T = Tiempo (s)

$\sum L$ = Longitud desde la válvula hacia el tanque o cámara aguas arriba (m)

C_o = Celeridad o velocidad de propagación (m/s)

12-Velocidad del flujo de la red. (m/s) (V)

13-Sobrepresión (m) (h_a)

$$h_a = \frac{C * V}{g}$$

h_a = sobrepresión (m)

V = Velocidad del flujo entubado (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

$$C_o = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D_i}{e}}}$$

C_o = Celeridad o velocidad de propagación (m/s)

k = Relación entre el módulo de elasticidad volumétrico o del fluido y el módulo de elasticidad del material de la tubería.

D_i = Diámetro interior de la tubería (m)

e = espesor de la pared de la tubería (m)

14- Presión estática de la tubería (m) (P)

15- Diferencia de presión que soporta la tubería por fábrica y la presión estática de diseño (m) (H_a)

16 Cálculo del tiempo de cierre de la tubería (s) (T)

Se calcula con la fórmula de Michaud

$$T = \frac{2 \cdot \sum L \cdot V}{g \cdot H_a}$$

H_a = sobrepresión (m)

V = Velocidad del flujo entubado (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

$\sum L$ = Longitud desde la válvula hacia el tanque o cámara aguas arriba (m)

T = Tiempo de cierre (s)

Para evitar el golpe de ariete debe instalarse válvulas de cierre lento o colocar volantes de gran diámetro.

Otra manera es limitar la velocidad del flujo hasta 3 m/s pero esto hace que se desaproveche la posibilidad de conducir aguas a la velocidad admisible de cada material (que generalmente son mayores a 3 m/s) y obliga, solo por este motivo, a usar diámetros mayores de tubería.

3.3. EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE RIEGO

3.3.1. Evaluación privada

La evaluación privada consiste en el análisis de las ventajas y desventajas de llevar a cabo el proyecto, para cada uno de los agentes que intervienen en el. En esta evaluación es necesario utilizar la metodología del costo beneficio.

3.3.1.1. Valor actual neto (VAN)

Es el valor presente de los beneficios netos que genera un proyecto a lo largo de su vida útil, descontados a una tasa de interés. EL VAN es rentable cuando es mayor a cero. Y es expresado por.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{flujo_t}{(1+TDP)^t} \geq 0$$

3.3.1.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR de un proyecto mide la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en el. La regla de decisión es rentable si un proyecto tiene su TIR mayor al costo de oportunidad del capital. La TIR es la tasa de descuento que hace el VAN.

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{flujo_t}{(1+\rho)^t} = 0$$

3.3.1.3. Indicador beneficio costo (B/C)

El beneficio/costo es un indicador que relaciona el valor actual de los beneficios (VAB) de proyecto con el costo del mismo (VAC). La regla de decisión es que es rentable un proyecto si un proyecto si su B/C es mayor a uno.

$$B/C = \frac{VAB}{VAC} \geq 1$$

$$VAB = \sum_{t=0}^n \frac{Beneficios_t}{(1+TPD)^t}$$

$$VAC = \sum_{t=0}^n \frac{Costo_de_Proyecto_t}{(1+TPD)^t}$$

3.3.1.4. Evaluación social

La evaluación social de un proyecto, es el análisis de la rentabilidad del proyecto desde el punto de vista del estado y se efectúa a precios sombra. La viabilidad de estos proyectos también se analiza, viendo se contribuye o no los grandes objetivos nacionales

4. RESULTADO

4.1. ESTUDIOS BASICOS

4.1.1. Hidrología

Análisis de la información

Es necesario identificar un periodo común de análisis, siendo este 1963-2008, de acuerdo a la información disponible y que se requiere para efectos de cálculo, siendo estos los parámetros de precipitación promedio de las estaciones de Quillabamba, Machupicchu, Huyro y Cirialo.

Por lo general se encuentra periodos no uniformes e incompletos de información hidrometeorológicas, siendo necesario la uniformización al periodo base, utilizándose el procedimiento de correlación cruzada con grupos de comportamiento hidrológico homogéneo, permitiendo seleccionar las de mejor comportamiento hidrológico homogéneo, permitiendo seleccionar las de mejor comportamiento y efectuar la clasificación de las estaciones adecuadas y convenientes.

Contexto general de un estudio se denomina fase preliminar y consiste básicamente en tres actividades:

- I. Análisis de consistencia de la información.
- II. Completación de datos faltantes.
- III. Extensión de los registros.

La información histórica que antes de ser utilizada previamente fue sometido a análisis de doble masa, análisis gráfico y estadístico de saltos, análisis gráfico y estadístico de tendencia, análisis que permiten determinar la consistencia de la información existente y de no ser así efectuar las correcciones o ajustes necesarios para proceder a efectuar la completación de datos.

Con la completación respectiva se obtuvo un periodo continuo de datos de precipitación (1963-2008) en todas las estaciones. Los promedios anuales pueden apreciarse en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 16: Precipitación total anual acumulada de las cuatro estaciones

ESTACION	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA (mm)
QUILLABAMBA	976.93
MACHUPICCHU	2005.96
HUYRO	1921.59
CIRIALO	1318.65

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

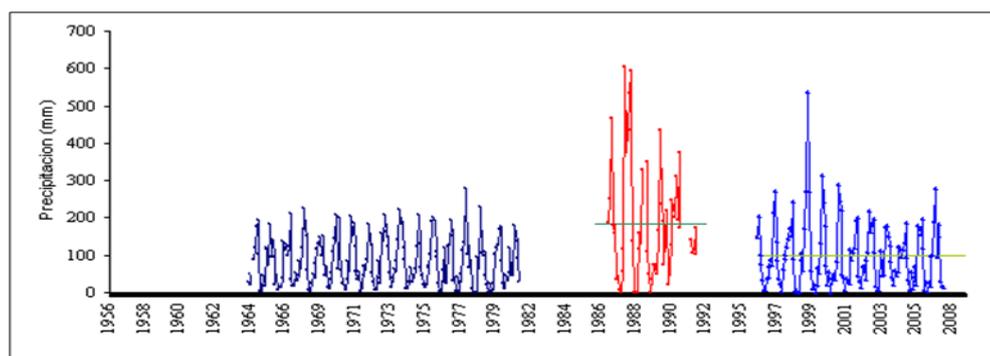
A continuación se muestra los análisis estadísticos a los cuales fueron sometidas la información histórica de las estaciones índice con las cuales se está trabajando:

Estación Quillabamba

Análisis de Salto:

Se realizó el respectivo análisis de esta estación que cuenta con la serie de registros históricos continuos en los periodos: 1964 – 1981, 1986 – 1992, 1996 – 2007, se considerara ajustar el salto del segundo periodo en función al tercero, ya que como se puede apreciar en el gráfico existe una diferencia considerable de la media y la desviación estándar.

Gráfico N°1: Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Quillabamba



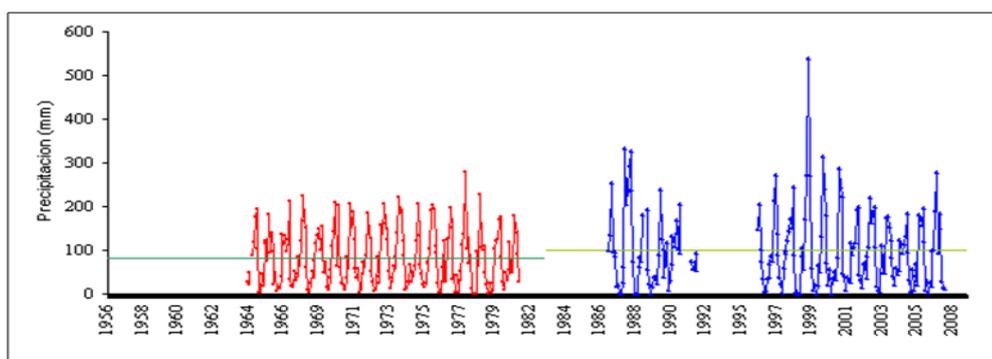
Periodos	N	Media	Desv. Est.	Prueba Estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Est.
1986-1992	57	182.7544	154.7187	4.83861	1.9723	3.2360	1.3340	Si	Si
1996-2008	139	98.7921	86.0078						

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

El siguiente cuadro nos indica que la Media y la Desviación Estándar no son consistentes y debemos realizar la corrección de los datos del primer periodo por no cumplir con la relación $|T_{calculado}| < T_{tabular}$ obtenido de la tabla t de Student con una probabilidad del 95% o con un nivel de significación del 5% para la Media, de la misma manera $F_{calculado} < F_{tabular}$ obtenido de las tablas F para una probabilidad del 95% o con un nivel de significación del 5% para la desviación estandar.

En consecuencia del correspondiente análisis estadístico anterior se procedió a hacer la debida corrección del primer periodo con la siguiente ecuación: $Y = 0.556 \cdot X - 2.801$

Grafico N°2 Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Quillabamba



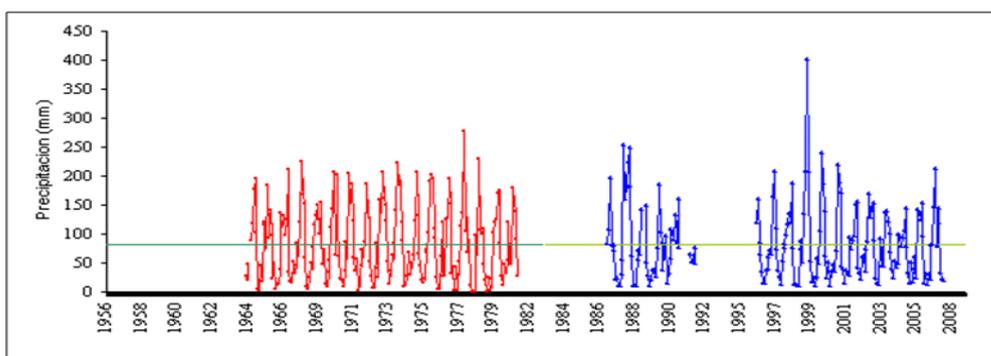
En el gráfico se observa el nuevo par de intervalos que comprenden los periodos: 1964 – 1981, 1986 – 2007 en el que se decidio evaluar la homogeneidad de los datos.

Periodos	N	Media	Desv. Est.	Prueba Estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Est.
1956-1982	201	82.4383	62.5043	2.18633	1.9600	1.8803	1.00	Si	Si
1983-2008	196	98.8690	85.7076						

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Como se puede observar las condiciones $|T_{calculado}| < T_{tabular}$, $F_{calculado} < F_{tabular}$ no se cumplen, por consiguiente será necesario realizar las correcciones de la dos inconsistencias que se presentan en la Media y la Desviación Estándar.

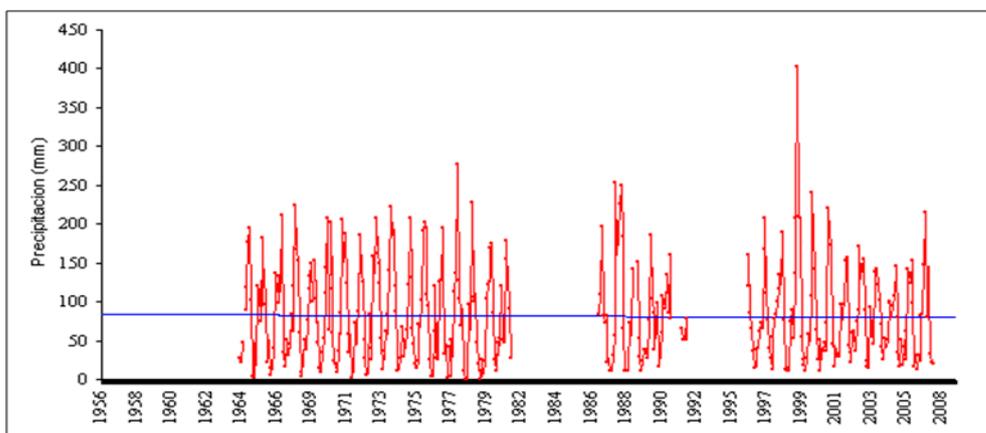
Del correspondiente análisis estadístico se procedió a hacer la debida corrección del segundo periodo con la siguiente ecuación: $Y = 0.537 \cdot X + 16.331$



Análisis de Tendencia:

Se realizó el respectivo análisis de tendencia donde el análisis gráfico muestra la tendencia de los datos, cabe destacar que para realizar el respectivo análisis por tendencia previamente se deben corregir los saltos existentes y así obtener datos consistentes, para luego analizar la tendencia en la Media y en la Desviación Estándar.

Gráfico N° 3: Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Quillabamba



Tendencia	N	Media	Desv. Estan.	Coef. Correl. R	Coef. Ecuación Regr.		Estadística 95%		Análisis
					Am	Bm	Tc	Tt	
Media	397	82.4253	62.4136	-0.013	83.8180	-0.0070	0.2580	1.9600	No
Des. Est.	37	119.161	49.4336	0.0420	114.6280	0.1510	0.2490	2.0301	No

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Como se puede observar las condiciones $T_{calculado} < T_{tabular}$ verificados tanto en la Media como para la Desviación Estándar se cumplen, por consiguiente no será necesario realizar correcciones

Pruebas de Bondad:

Consiste en comprobar si la frecuencia de nuestra serie de datos históricos libres de salto y de tendencia se ajustan o se distribuyen según alguna de las dos funciones de probabilidad que aquí presentamos y que son las más utilizadas ya que existe una larga variedad de distribuciones.

Test Chi – Cuadrado

Código	S9JBJI	Estación	QUILLABAMBA	Cuenca	LCANOTA
Chi Calcul.	Chi Tabul.	Rango	Núm. Interv.	Ampli. Interv.	Núm. Dat.
5.0578	7.81	59.28	6	12	30
Los Datos se Ajustan a la Distribución Normal con un nivel de significancia del 5% ó 95% de Probabilidad					

Test Smirnov – Kolmogorov

Código	S9JBJI	Estación	QUILLABAMBA	Cuenca	LCANOTA
Valor Calculado	Valor Tabulado	Media	Desviación Estandar	Número Datos	
0.12	0.2483	82.9765	12.18	30	
Los Datos se Ajustan a la Distribución Normal con un nivel de significancia del 5% ó 95% de Probabilidad					

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Se verifica que los datos historicos se ajustan a una distribucion normal con un nivel de significancia de 5% para ambos metodos.

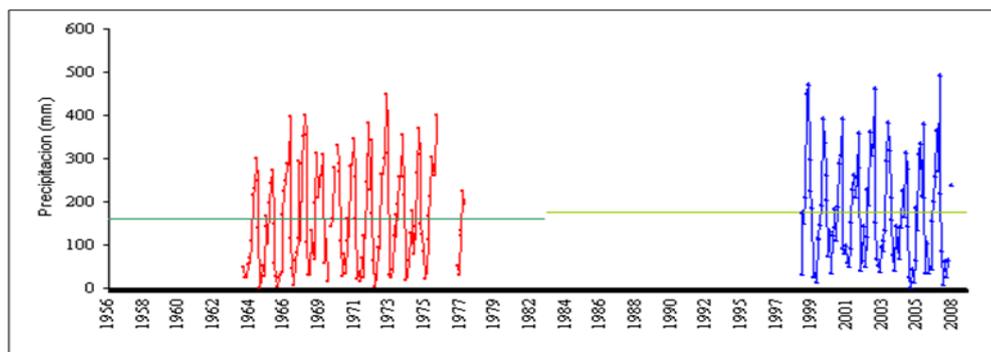
Estación Machupicchu

Análisis de Salto:

Se realizo el respectivo análisis de esta estación que cuenta con la serie de registros históricos continuos en los periodos: 1964 – 1977, 1998 – 2007.

Se realizo el respectivo análisis de salto y por lo que podemos observar no existe una deferencia apreciable entre el primer y segundo periodo claramente resaltados

Grafico N°4 Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Machupicchu



Periodos	N	Media	Desv. Est.	Prueba Estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Est.
1956-1982	146	161.3212	113.8631	0.95183	1.9600	1.1068	1.2383	No	No
1983-2008	110	175.3145	119.7869						

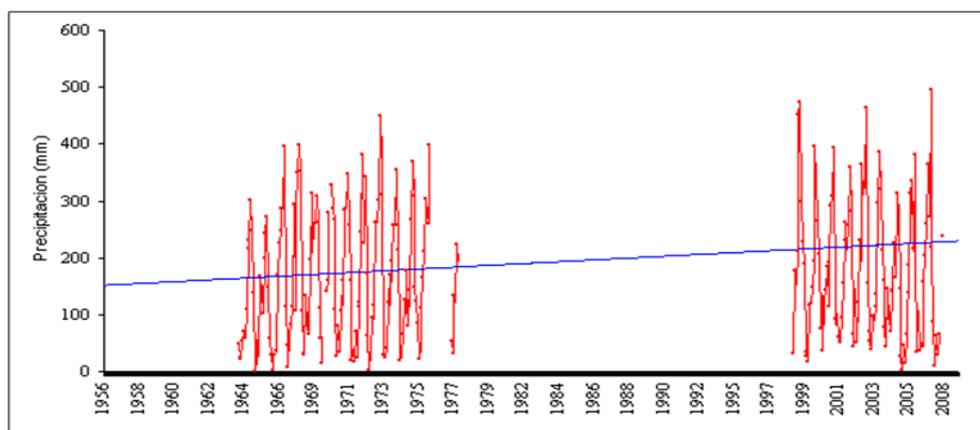
Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Como se puede observar las condiciones $|T_{calculado}| < T_{tabular}$, $F_{calculado} < F_{tabular}$ se cumplen, por consiguiente no será necesario realizar las correcciones del caso ya que la Media y la Desviación Estándar de los datos demuestran consistencia.

Análisis de Tendencia:

Se realizo el respectivo análisis de tendencia donde el análisis grafico muestra la tendencia de los datos históricos.

Grafico N° 5: Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Machupicchu



Código S9NTHY			Estación MACHUPICCHU			Cuenca CANOTA			
Tendencia	N	Media	Desv. Estan.	Coefic. Correl. R	Coef. Ecuación Regr.		Estadística 95%		Análisis
					Am	Bm	Tc	Tt	
Media	256	167.334	116.4207	0.0780	151.5280	0.1230	1.2470	1.9600	No
Des. Est.	24	127.789	29.3686	0.2880	113.0270	0.5120	1.4110	2.0739	No

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Como se puede observar las condiciones $|T_{calculado}| < T_{tabular}$ verificados tanto en la Media como para la Desviación Estándar se cumplen, por consiguiente no será necesario realizar correcciones

Pruebas de Bondad:

Test Chi – Cuadrado

Código S9NTHY		Estación MACHUPICCHU			Cuenca L CANOTA	
Chi Calcul.	Chi Tabul.	Rango	Núm. Interv.	Ampli. Interv.	Núm. Dat.	
1.8136	5.99	76.13	5	19	17	
Los Datos se Ajustan a la Distribución Normal con un nivel de significancia del 5% ó 95% de Probabilidad						

Test Smirnov – Kolmogorov

Código S9NTHY		Estación MACHUPICCHU		Cuenca CANOTA	
Valor Calculado	Valor Tabulado	Media	Desviación Estandar	Número Datos	
0.15	0.3298	168.9692	21.67	17	
Los Datos se Ajustan a la Distribución Normal con un nivel de significancia del 5% ó 95% de Probabilidad					

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Se verifica que los datos historicos se ajustan a una distribucion normal con un nivel de significancia de 5% para ambos metodos.

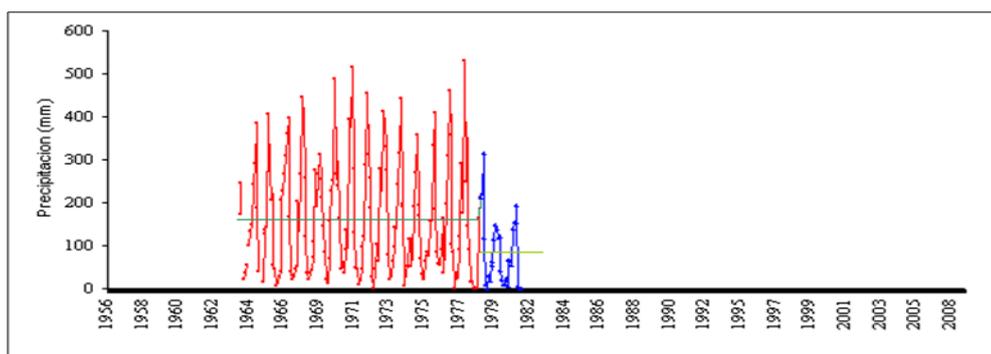
Estación Huyro

Análisis de Salto:

Se realizo el respectivo análisis de esta estación que cuenta con la serie de registros históricos continuos en el periodo: 1964 – 1981

Se realizo el respectivo análisis de salto porque como podemos apreciar existe una diferencia considerable entre el primer y segundo periodo previamente definido 1964 – 1978 y 1979 – 1982 claramente resaltados.

Grafico N° 6: Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Huyro

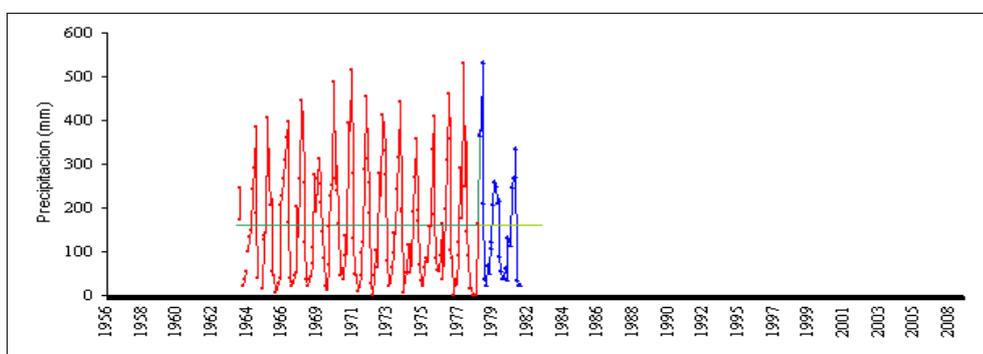


Periodos	N	Media	Desv. Est.	Prueba Estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Est.
1964-1978	174	160.5161	129.9944	3.13273	1.9600	2.6048	1.62	Si	Si
1979-1982	31	84.8258	80.5455						

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

El siguiente cuadro nos indica que la Media y la Desviación Estándar no son consistentes y debemos realizar la corrección de los datos del segundo periodo por no cumplir con la relación: $|T_{calculado}| < T_{tabular}$ obtenido de la tabla t de Student con una probabilidad del 95% o con un nivel de significación del 5% para la Media, de la misma manera $F_{calculado} < F_{tabular}$ obtenido de las tablas F para una probabilidad del 95% o con un nivel de significación del 5% para la desviación estandar.

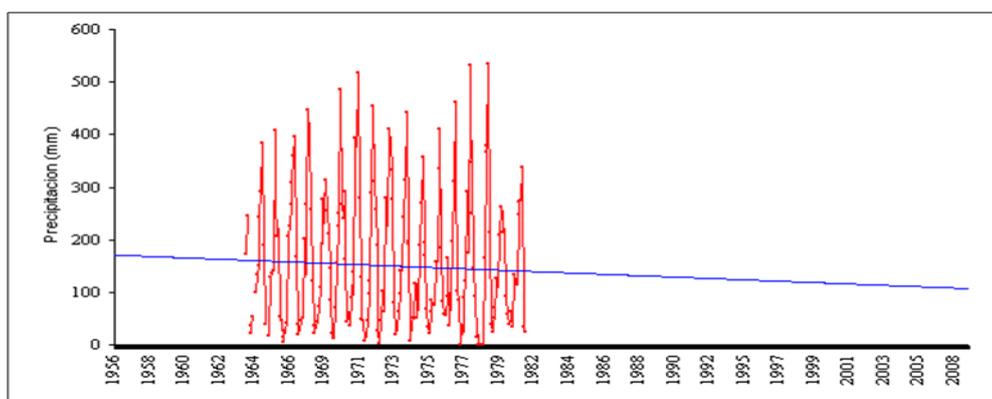
En consecuencia correspondiente análisis estadístico se procedió a hacer la debida corrección del segundo periodo con la siguiente ecuación: $Y = 1.614 \cdot X + 23.614$



Análisis de tendencia:

Se realizó el respectivo análisis de tendencia donde el análisis gráfico muestra la tendencia de los datos históricos.

Gráfico N° 7: Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Huyro



Tendencia	N	Media	Desv. Estan.	Coef. Correl. R	Coef. Ecuación Regr.		Estadística 95%		Análisis
					Am	Bm	Tc	Tt	
Media	205	160.517	129.6763	-0.046	170.9200	-0.1010	0.6560	1.9600	No
Des. Est.	18	142.367	25.6957	0.3110	116.1700	1.4970	1.3090	2.1199	No

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Como se puede observar las condiciones $|T_{calculado}| < T_{tabular}$ verificados tanto en la Media como para la Desviación Estándar se cumplen, por consiguiente no será necesario realizar correcciones

Pruebas de Bondad:

Test Chi – Cuadrado

Código	Q90VQF	Estación	HUYRO	Cuenca	LCANOTA
Chi Calcul.	1.4760	Chi Tabul.	5.99	Rango	83.19
		Núm. Interv.	5	Ampli. Interv.	21
		Núm. Dat.	15		
Los Datos se Ajustan a la Distribución Normal con un nivel de significancia del 5% ó 95% de Probabilidad					

Test Smirnov – Kolmogorov

Código	Q90VQF	Estación	HUYRO	Cuenca	LCANOTA
Valor Calculado	0.14	Valor Tabulado	0.3512	Media	160.0354
		Desviación Estandar	23.47	Número Datos	15
Los Datos se Ajustan a la Distribución Normal con un nivel de significancia del 5% ó 95% de Probabilidad					

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Se verifica que los datos historicos se ajustan a una distribucion normal con un nivel de significancia de 5% para ambos metodos.

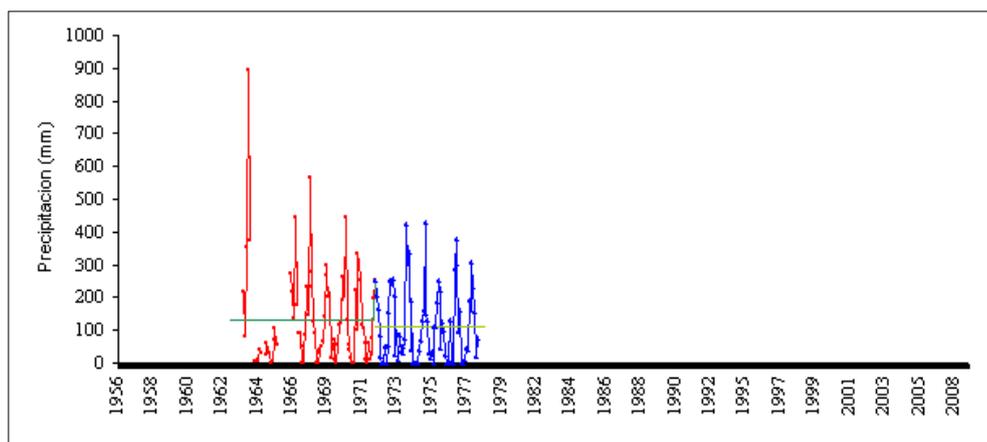
Estación Cirialo

Análisis de Salto:

Se realizo el respectivo análisis de esta estación que cuenta con la serie de registros históricos continuos en el periodo: 1963 – 1978

Se realizo el respectivo análisis de salto por que como podemos apreciar existe diferencia entre el primer y segundo periodo previamente definido 1963 – 1971 y 1972 – 1978 claramente resaltados.

Grafico N° 8: Consistencia de la Media y la Desviación Estándar Estación Cirialo



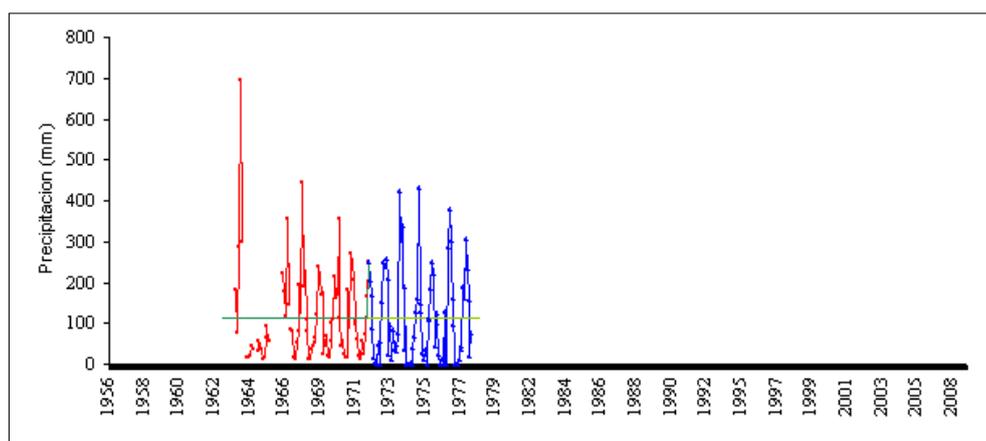
Periodos	N	Media	Desv. Est.	Prueba Estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	Desv. Est.
1963-1971	83	128.8843	148.5599	0.79646	1.9751	1.7100	1.4794	No	Si
1972-1978	77	112.1364	113.6054						

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

El siguiente cuadro nos indica únicamente la Desviación Estándar no es consistente y debe realizarse la corrección de los datos del primer periodo por no cumplir con la relación: $F_{calculado} < F_{tabular}$ obtenido de las tablas **F** para una probabilidad del 95% o con un nivel de significación del 5% para la desviación estandar ya que se demostró que el valor de la media de las sub-muestras es decir de ambos periodos son estadísticamente iguales y consistentes por cumplir con la relación: $|T_{calculado}| < |T_{tabular}|$

< Ttabular obtenido de la tabla t de Student con una probabilidad del 95% o con un nivel de significación del 5%.

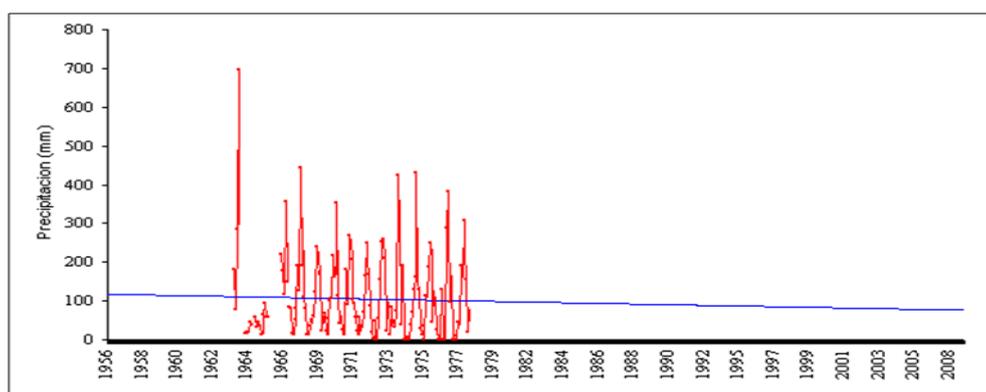
En consecuencia del correspondiente análisis estadístico se procedió a hacer la debida corrección del primer periodo con la siguiente ecuación: $Y = 0.765 \cdot X + 13.577$



Análisis de Tendencia:

Se realizo el respectivo análisis de tendencia donde el análisis grafico muestra la tendencia de los datos históricos.

Gráfico N° 9: Análisis de Tendencia en la Media y la Desviación Estándar Estación Cirialo



Tendencia	N	Media	Desv. Estan.	Coefic. Correl. R	Coef. Ecuación Regr.		Estadística 95%		Análisis
					Am	Bm	Tc	Tt	
Media	160	112.155	113.2698	-0.026	117.3080	-0.0640	0.3270	1.9751	No
Des. Est.	16	115.749	48.0599	-0.037	121.5460	-0.3740	0.1390	2.1448	No

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Como se puede observar las condiciones $IT_{calculado} < T_{tabular}$ verificados tanto en la Media como para la Desviación Estándar se cumplen, por consiguiente no será necesario realizar correcciones

Pruebas de bondad:

Como se dijo anteriormente estas pruebas consisten en comprobar si la frecuencia de nuestra serie de datos históricos libres de salto y de tendencia se ajustan o se distribuyen según alguna de las dos funciones de probabilidad que veamos por conveniente.

Test Chi – Cuadrado

Código A6WVWG	Estación CIRIALO			Cuenca RUBAMBA	
Chi Calcul.	Chi Tabul.	Rango	Núm. Interv.	Ampli. Interv.	Núm. Dat.
4.0524	3.84	55.37	4	18	10
Los Datos no se Ajustan a la Distribución Normal					

Test Smirnov – Kolmogorov

Código A6WVWG	Estación CIRIALO			Cuenca RUBAMBA	
Valor Calculado	Valor Tabulado	Media	Desviación Estandar	Número Datos	
0.12	0.4301	107.2559	16.87	10	
Los Datos se Ajustan a la Distribución Normal con un nivel de significancia del 5% ó 95% de Probabilidad					

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Se verifica que los datos historicos se ajustan a una distribucion normal con un nivel de significancia de 5% unicamente para la pueba de Smirnov Kolmogorov.

Una vez completadas y verificadas las estaciones índice se procede a efectuar el Análisis Regional de la Precipitación para el ámbito del Proyecto ([Ver el siguiente cuadro A.R.P.E.R.P-A](#)), obteniéndose la siguiente ecuación de regresión:

Cuadro N°17: Análisis regional de precipitación y ecuación de regresión

ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACION ECUACION DE REGRESION PRECIPITACION - ALTITUD							
NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD MEDIA msnm	PRECIPITACION MEDIA ANUAL mm	ECUACION DE REGRESION $P^2 = B_0 + B_1 * H$				PRECIPITACION MEDIA ANUAL CORREGIDA mm
			X ²	Y ²	X*Y ²	Y ⁴	
QUILLABAMBA	990.00	976.93	9.80E+05	9.54E+05	9.45E+08	9.11E+11	1,285.94
MACHUPICCHU	2,563.00	2,005.96	6.57E+06	4.02E+06	1.03E+10	1.62E+13	2,091.83
HUYRO	1,700.00	1,921.59	2.89E+06	3.69E+06	6.28E+09	1.36E+13	1,697.74
CIRIALO	900.00	1,318.65	8.10E+05	1.74E+06	1.56E+09	3.02E+12	1,223.88
SUMA	6,153.00	6,223.13	1.12E+07	1.04E+07	1.91E+10	3.38E+13	6,299.39
n	4	4	4	4	4	4	4
PROMEDIO	1,538.25	1,555.78	2.81E+06	2.60E+06	4.78E+09	8.44E+12	1574.85

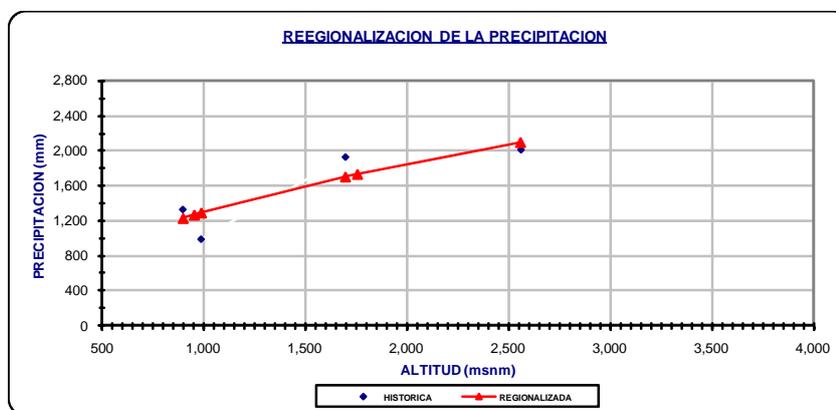
FORMULAS PARA EL CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION			VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION		
A= SUM X	6.15E+03	G = C*(A ²)/n	1.78E+06	COEF. INDEPENDIENTE	B ₀ = -5.959E+04
B= SUM Y	6.22E+03	H = F*A*D/n	3.09E+09	COEF. DEPENDIENTE	B ₁ = 1.731E+03
C= SUM X ²	1.12E+07	I = F*(D ²)/n	6.67E+12	COEF. DE CORRELACION	r = 0.895
D= SUM Y ²	1.04E+07	J = H*G	1.73E+03		
E= SUM X*Y ²	1.91E+10	K = (D-J*A)/n	-5.96E+04		
F= SUM Y ⁴	3.38E+13				

FORMULAS DE PARAMETROS DE REGRESION		
COEF. INDEPENDIENTE	B ₀ = (D-J*A)/n	
COEF. DEPENDIENTE	B ₁ = H/G	
COEF. DE CORRELACION	r = H/SQRT(G*I)	

DESVIACION ESTANDAR	S = (D-A ² /n)-(K*(A*D-A*B)/n)
---------------------	---

PRECIP. MEDIA ANUAL EN LAS MICROCUENCAS		
Cuenca Kasungatiari	1,943.87	1,817.78
Cuenca Finchiquiato	1,759.37	1,727.73
Cuenca Kincurishiato	1,675.73	1,685.32

AREAS DE CULTIVO		
Sistema Sangobatea	963.00	1,267.64



Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

$$P^2 = -5.959 \times 10^4 + 1.731 \times 10^3 \times H \quad r = 0,895$$

Siendo:

P = Precipitación total anual (mm)

H = Altitud (msnm.)

r = Coeficiente de correlación

Ecuación con la cual se obtiene la precipitación media anual para las estaciones en estudio de acuerdo al siguiente detalle:

Cuadro N° 18: Precipitación total anual acumulada de las cuatro cuencas

ESTACION	ALTITUD H (msnm)	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA (mm)
Cuenca Kasungatiari	1943.87	1817.78
Cuenca Pinchiquiato	1759.37	1727.73
Cuenca Kinkurishiato	1675.73	1685.32
Sistema Sangobatea	963.00	1267.64

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Seguidamente para generar los registros de precipitación mensual acumulada se procede a determinar las ecuaciones de influencia entre las estaciones base y estaciones en estudio.

- **Precipitación máxima en 24 Horas (PMÁX24hr)**

Este parámetro se ha estimado utilizando únicamente los registros de la estación Quillabamba que cuenta con un período de observaciones de 37 años y que arroja 132,50 mm como precipitación máxima mensual, para el mes de enero de 1,987. Para la obtención de las precipitaciones máximas en 24 hrs de la cuenca en estudio se realizó la generación de precipitación máxima tomando como parámetro la relación de precipitaciones medias anuales entre la cuenca en estudio y la estación base Quillabamba; en ese sentido, se tiene que la precipitación máxima para un periodo de retorno de 100 años es como se señala a continuación:

Cuadro N° 19: Precipitación máxima de 24 horas

ESTACIÓN	TEMP. DE CONCENTRACIÓN To (hr)	PRECIPITACION MAXIMA P _{MAX} (mm)
Cuenca Kasungatiari	1.23	107.07
Cuenca Pinchiquiato	0.74	89.46
Cuenca kinkurishiato	0.3	69.62

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 20: Variables Climáticas

VARIABLES	UNIDAD	MESES DEL AÑO PROMEDIO												TOTAL	PROMEDIO
		JUL 31	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30		
1. CUENCA KASUNGATIARI															
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL	P	37.26	48.55	71.83	131.74	153.58	261.03	315.73	316.15	237.00	146.83	60.96	37.11	1.817.78	151.48
DESVIACION ESTANDAR	S	22.58	22.74	38.27	51.90	65.10	118.14	62.74	106.50	76.69	36.25	35.33	41.93	678.17	56.51
PREOPAL 75 % PERSISTENCIA	P75	22.04	33.21	46.02	96.73	108.67	181.34	273.41	244.31	185.28	122.39	37.13	8.83	1.360.35	113.36
PERFECTIVA AL 75 % PERSISTENCIA	PF75	20.93	31.16	42.89	80.66	87.86	105.59	110.19	108.74	105.78	94.21	34.68	8.39	830.88	69.24
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	TMED	18.09	18.80	19.46	20.17	20.28	19.77	19.50	19.49	19.51	19.47	19.04	18.47	232.06	19.34
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL	TMAX	25.58	26.16	26.30	26.50	26.30	24.88	24.74	24.71	24.96	25.37	25.71	25.71	306.85	25.57
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL	TMIN	10.62	11.49	12.65	13.81	14.24	14.33	14.33	14.31	14.09	13.58	12.47	11.29	157.26	13.10
HORAS DE SOL (HORAS Y DECIMOS SOL) MENSUAL	n	189.37	181.09	154.37	146.43	137.07	113.01	114.54	104.39	125.54	152.18	181.45	177.51	1.777.51	148.13
EVAPORACION MEDIA MENSUAL	e	67.67	82.35	81.72	70.72	70.37	56.63	45.81	42.07	55.55	57.75	68.85	63.09	759.87	63.32
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL	H.R.	79.60	80.12	79.33	83.69	84.65	86.83	89.46	89.61	88.00	86.55	83.92	79.69	1.011.46	84.29
VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL	Vv	1.76	1.75	1.59	1.68	1.50	1.59	1.64	1.66	1.97	1.75	1.77	1.82	20.50	1.71
2. CUENCA PINCHUQUATO															
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL	P	35.62	46.44	68.60	125.28	146.19	247.32	299.42	299.70	226.15	139.77	57.95	35.29	1.727.73	143.98
DESVIACION ESTANDAR	S	21.53	21.79	36.19	48.92	61.84	110.65	59.61	100.05	72.30	34.22	33.22	39.57	639.91	53.33
PREOPAL 75 % PERSISTENCIA	P75	21.10	31.74	44.19	92.28	104.48	172.69	259.21	232.22	177.38	116.69	35.95	8.60	1.296.12	108.01
PERFECTIVA AL 75 % PERSISTENCIA	PF75	20.04	29.84	41.04	77.76	85.26	105.15	109.48	108.13	105.39	91.36	33.26	8.17	814.89	67.91
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	TMED	19.15	19.84	20.49	21.18	21.28	20.73	20.46	20.43	20.47	20.46	20.07	19.54	244.10	20.34
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL	TMAX	26.56	27.16	27.35	27.53	27.31	25.81	25.72	25.67	25.94	26.36	26.61	26.69	318.70	26.56
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL	TMIN	11.76	12.58	13.66	14.81	15.23	15.26	15.27	15.31	15.03	14.58	13.58	12.45	169.53	14.13
HORAS DE SOL (HORAS Y DECIMOS SOL) MENSUAL	n	189.37	181.09	154.37	146.43	137.07	113.01	114.54	104.39	125.54	152.18	181.45	177.51	1.777.51	148.13
EVAPORACION MEDIA MENSUAL	e	67.67	82.35	81.72	70.72	70.37	56.63	45.81	42.07	55.55	57.75	68.85	63.09	759.87	63.32
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL	H.R.	79.60	80.12	79.33	83.69	84.65	86.83	89.46	89.61	88.00	86.55	83.92	79.69	1.011.46	84.29
VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL	Vv	1.76	1.75	1.59	1.68	1.50	1.59	1.64	1.66	1.97	1.75	1.77	1.82	20.50	1.71
3. CUENCA KINCURISHIATO															
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL	P	35.01	45.67	67.33	122.28	142.88	240.24	291.20	291.36	221.73	136.62	56.54	34.44	1.685.32	140.44
DESVIACION ESTANDAR	S	21.12	21.50	35.07	47.19	60.29	105.81	58.17	96.12	69.76	33.16	31.95	38.25	618.37	51.53
PREOPAL 75 % PERSISTENCIA	P75	20.76	31.17	43.68	90.45	102.22	168.87	251.97	226.53	174.68	114.25	34.99	8.64	1.268.23	105.69
PERFECTIVA AL 75 % PERSISTENCIA	PF75	19.73	29.32	40.58	76.58	84.13	104.96	109.12	107.85	105.25	90.15	32.76	8.21	808.64	67.39
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	TMED	19.63	20.31	20.95	21.64	21.74	21.17	20.89	20.85	20.90	20.91	20.54	20.03	249.55	20.80
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL	TMAX	27.01	27.80	27.83	27.99	27.76	26.23	26.17	26.11	26.38	26.80	27.04	27.14	324.07	27.01
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL	TMIN	12.28	13.08	14.11	15.27	15.68	15.69	15.69	15.73	15.46	15.04	14.09	12.98	175.09	14.59
HORAS DE SOL (HORAS Y DECIMOS SOL) MENSUAL	n	189.37	181.09	154.37	146.43	137.07	113.01	114.54	104.39	125.54	152.18	181.45	177.51	1.777.51	148.13
EVAPORACION MEDIA MENSUAL	e	67.67	82.35	81.72	70.72	70.37	56.63	45.81	42.07	55.55	57.75	68.85	63.09	759.87	63.32
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL	H.R.	79.60	80.12	79.33	83.69	84.65	86.83	89.46	89.61	88.00	86.55	83.92	79.69	1.011.46	84.29
VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL	Vv	1.76	1.75	1.59	1.68	1.50	1.59	1.64	1.66	1.97	1.75	1.77	1.82	20.50	1.71
4. SISTEMA SANGOBATEA															
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL	P	26.32	34.36	50.65	91.96	107.44	180.82	219.09	219.15	166.71	102.69	42.54	25.91	1.267.64	105.64
DESVIACION ESTANDAR	S	15.86	16.18	26.46	35.55	45.40	79.83	43.78	72.40	52.58	24.95	24.05	28.80	465.84	38.82
PREOPAL 75 % PERSISTENCIA	P75	15.62	23.45	32.81	67.99	76.82	126.97	189.56	170.31	131.25	85.86	26.32	6.48	953.43	79.45
PERFECTIVA AL 75 % PERSISTENCIA	PF75	14.84	22.28	30.79	60.74	67.71	96.51	106.00	105.04	97.58	73.59	24.96	6.16	706.19	58.85
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	TMED	23.71	24.32	24.91	25.56	25.61	24.90	24.57	24.46	24.59	24.73	24.53	24.16	295.05	24.67
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL	TMAX	30.82	31.43	31.89	31.96	31.67	29.84	29.96	29.81	30.15	30.99	30.77	30.94	369.84	30.82
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL	TMIN	16.67	17.31	18.00	19.12	19.52	19.37	19.30	19.32	19.09	18.92	18.39	17.47	222.48	18.54
HORAS DE SOL (HORAS Y DECIMOS SOL) MENSUAL	n	189.37	181.09	154.37	146.43	137.07	113.01	114.54	104.39	125.54	152.18	181.45	177.51	1.777.51	148.13
EVAPORACION MEDIA MENSUAL	e	67.67	82.35	81.72	70.72	70.37	56.63	45.81	42.07	55.55	57.75	68.85	63.09	759.87	63.32
HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL	H.R.	79.60	80.12	79.33	83.69	84.65	86.83	89.46	89.61	88.00	86.55	83.92	79.69	1.011.46	84.29
VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL	Vv	1.76	1.75	1.59	1.68	1.50	1.59	1.64	1.66	1.97	1.75	1.77	1.82	20.50	1.71

Fuente: Elaboración propio testista (resultados de cálculo)

4.1.1.1. Caudal disponible

El caudal ofertado hace un total de 48 l/s proveniente de las cuencas: Kasungatiari, Pinchiquiato y Kinkurishiato, a lo cual se suma el caudal ofertado por la cuenca de Manuntuari que es de 2 l/s con lo cual harían un total de 50 l/s que es el caudal previsto a captar para el proyecto.

Cuadro N° 21: Caudal disponible de las tres fuentes hídricas superficiales

CAUDAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO (*)	SET	OCT	NOV	DIC
Q OFERTA = Kasungatiari	0.101	0.095	0.081	0.082	0.061	0.038	0.033	0.021	0.027	0.035	0.058	0.066
Q OFERTA = Pinchiquiato	0.141	0.131	0.108	0.110	0.078	0.045	0.037	0.022	0.029	0.040	0.073	0.085
Q OFERTA = Kinkurishiato	0.027	0.024	0.019	0.015	0.016	0.008	0.008	0.005	0.007	0.009	0.011	0.014
Q OFERTA = TOTAL	0.268	0.250	0.208	0.207	0.155	0.091	0.078	0.048	0.063	0.083	0.142	0.165

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Así mismo indicar que se tiene datos de aforo de las fuentes hídricas indicadas para el presente estudio la cual se muestra en el (Cuadro N° 49)

4.1.1.2. Calidad de agua de riego.

Para la determinación de la calidad de agua se requiere.

Para la determinación de la calidad de agua se requieren:

- ✓ Resultados de análisis de agua.
- ✓ Tabla de interpretación de la calidad agua.
- ✓ Formulas para determinar el RAS y RASaj.
- ✓ Tabla de datos para el cálculo el valor de pHc (Cuadro N° 8).

Cuadro N° 22: Análisis de calidad de agua del Sector Sangobatea

FUENTE HIDRICA	KASUNGATIARI	PINCHQUIATO	KINKURISHIATO	MANUNTUARI
Examen Fisicoquimico	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
1. pH	6.6800	5.3000	5.4000	6.5000
2. Dureza total ppm CaCO3	21.0000	14.9000	18.0000	19.5000
3. Calcio. Meq/L	0.2850	0.2130	0.2660	0.2660
4. Magnesio. Meq/L	0.1220	0.0760	0.0840	0.1130
5. Cloruro. Meq/L	0.1070	0.0990	0.0960	0.1000
6. Sodio. Meq/L	0.3040	0.3040	0.3040	0.3040
7. Conductividad. CE us/cm	28.0000	21.0000	24.0000	26.0000
8. Total de sólidos disueltos. Ppm	42.0000	40.6000	42.0000	39.0000
9. potasio. Meq/L	0.0230	0.0210	0.0230	0.0230
10. Sulfatos. Meq/L	0.1060	0.1050	0.1100	0.1240
11. Bicarbonatos. Meq/L	0.2950	0.2120	0.2770	0.2340
12. Hierro. Meq/L	0.0004	0.0005	0.0005	0.0005
13. Boro. Ppm	0.0110	0.0100	0.0100	0.0100
14. Turbidez	4.7400	4.2600	3.8300	9.6200
Examen Bacteriológico	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Coliformes Totales (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)	CERO (NMP/100ml)

Fuente: Laboratorio Microbiológico (microlab)

Método.

Relación absorción de sodio RASaj.

b. Cálculo del RAS.

Se toma en cuenta los datos del análisis de agua (Cuadro N° 23). Los son reemplazados en la fórmula siguiente para determinar los valores del RAS.

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

Ejemplo para determinar RAS y RAS aj y pHc (**S. Kasungatiari**)

Donde:

Ca⁺⁺ = 0.285

Mg⁺⁺ = 0.122

Na⁺ = 0.304

$$RAS = \frac{0.304}{\sqrt{\frac{0.285 + 0.122}{2}}}$$

$$\text{RAS} = 0.674$$

c. Cálculo de RAS aj.

Determinamos el RAS aj. Con los resultados del análisis, con las formulas siguientes:

$$\text{RAS aj} = \text{RAS} \times (1 + (8.4 - \text{pHc}))$$

1. Cálculo del pHc.

$$\text{pHc} = \text{p}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+) + \text{p}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) + \text{p}(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$$

pHc:

$$\text{p}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+) = (0.285 + 0.122 + 0.304) = 0.71$$

$$\text{p}(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) = (0.285 + 0.122) = 0.41$$

$$\text{p}(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) = (0. + 0.295) = 0.30$$

Con los resultados obtenidos entramos al Cuadro N° 8 para definir los valores que corresponde.

Así para:

0.71 le corresponde a 2.1 de la segunda columna.

0.41 le corresponde a 3.7 de la tercera columna.

0.30 le corresponde a 3.5 de la cuarta columna.

Remplazando en la relación de pHc:

$$\text{pHc} = 2.1 + 3.7 + 3.5$$

$$\text{pHc} = 9.30$$

Y finalmente sustituimos los valores correspondientes en la ecuación R.A.S. aj.

$$\text{R.A.S. aj.} = 0.674 \times (1 + (8.4 - 9.30))$$

$$\text{R.A.S. aj} = 0.0674$$

Cuadro N° 23: Análisis fisicoquímico de aguas

EXAMEN FISICOQUIMICO	UNIDAD	RIACHUELO KASUNGATIARI	RIACHUELO PINCHIKIATO	RIACHUELO KINKURISHIATO	RIACHUELO MANUNTIARI	Directivas para la evaluación de la calidad del agua para riego (FAO - 1976)			
		TIPO DE PROBLEMA	No hay problema	Hay problema creciente	Hay problema grave				
Turbidez		4.740	4.260	3.830	9.620	1 SALINIDAD CE (mmhos/cm)	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
pH		6.680	5.300	5.400	6.500	2 PERMEABILIDAD (Na)			
Dureza total (CaCO ₃)	ppm	21.000	14.900	18.000	19.500	CE (mmhos/cm)	< 0.5	0.5 - 20	> 20.0
Calcio	meg/l	0.285	0.213	0.266	0.266	Montmorillonita, smectita (RASa)	< 6	6.0 - 9.0	> 9.0
Magnesio	meg/l	0.122	0.076	0.084	0.113	Lilita, vermiculita (RASa)	< 8	8.0 - 16.0	> 16
Sodio	meg/l	0.304	0.304	0.304	0.304	Caolinita, sesquioxidos (RASa)	< 16	16.0 - 24.0	> 24
Cloruros	meg/l	0.107	0.099	0.098	0.100	3 TOXICIDAD IONICA ESPECIFICA			
Conductividad (CE)	us/cm	29.000	21.000	24.000	26.000	Sodio (Na)			
Total de sólidos disueltos	ppm	42.600	40.600	42.400	39.500	Riego superficial (RASa)	< 3	3.0 - 9.0	> 9.0
Potasio	meg/l	0.023	0.021	0.023	0.023	Riego por aspersión (meg/l)	< 3	> 3.0	
Sulfatos	meg/l	0.106	0.105	0.110	0.124	Cloruros (Cl-)			
Bicarbonatos	meg/l	0.295	0.212	0.277	0.234	Riego superficial (meg/l)	< 4	4.0 - 10.0	> 10.0
Hierro	meg/l	0.0004	0.000	0.001	0.001	Riego por aspersión (meg/l)	< 3	> 3	
Boro	ppm	0.011	0.010	0.010	0.010	Boro (B) (meg/l)	< 0.7	0.7 - 2.0	> 2.0
RAS		0.674	0.800	0.727	0.698	4 EFECTOS DIVERSOS			
pHc		9.30	9.60	9.30	9.40	Nitrógeno (NO ₃ -N, NH ₄ -N) (meg/l)	< 5	5.0 - 30.0	> 30.0
RASa)		0.067	-0.160	0.073	0.000	Bicarbonatos Con aspersores (meg/l)	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
Clasificación Riverside		C1S1	C1S1	C1S1	C1S1	pH (Gama normal 6.5 - 8.4)			

Datos para el calculo del valor de pHc			
Concentraciones de iones del suelo (meg/l)	p(Ca + Mg + Na)	p(Ca +Mg)	p(CO ₃ + HCO ₃)
KASUNGATIARI	0.71	0.41	0.30
PINCHIKIATO	0.59	0.29	0.21
KINKURISHIATO	0.65	0.35	0.28
MANUNTIARI	0.68	0.38	0.23
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	3.60
0.30	2.0	3.8	3.50
0.40	2.0	3.70	3.40
0.50	2.1	3.60	3.3
0.75	2.10	3.40	3.1
1.00	2.10	3.30	3.0
1.25	2.10	3.2	2.9
1.50	2.10	3.1	2.8
2.00	2.2	3	2.7
2.50	2.2	2.9	2.6
3.00	2.2	2.8	2.5
4.00	2.2	2.7	2.4
5.00	2.2	2.6	2.3
6.00	2.2	2.5	2.2
8.00	2.3	2.4	2.1
10.00	2.3	2.3	2.0
12.50	2.3	2.2	1.9
15.00	2.3	2.1	1.8
20.00	2.3	2.0	1.7
30.00	2.4	1.8	1.5
50.00	2.5	1.6	1.3
80.00	2.5	1.4	1.1

Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory).

El diagrama muestra la relación entre el Índice SAR (Y) y la Conductividad (X) para clasificar el agua de riego. El Índice SAR se divide en Baja (1), Media (2), Alta (3) y Muy alta (4). La Conductividad se divide en Baja (1), Media (2), Alta (3), Muy alta (4) y Excesiva (5, 6). Las zonas de salinidad se definen por líneas de contorno que separan las clases C1-S1 hasta C6-S1.

Salinidad

- Verde: Aguas de buena calidad aptas para el riego.
- Amarillo: Aguas utilizables para el riego con precauciones.
- Rosa: Aguas no aptas para el riego.

Fuente: Elaboración propio testista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 24: Resumen del análisis de agua y clasificación

Fuente Hídrica (Riachuelo)	C.E	PH	RAS	RASaj	Clasificación Riverside
	mmhos/cm				
KASUNGATIARI	28	6.68	0.67	0.07	C1S1
PINCHQUIATO	21	5.30	0.80	-0.16	C1S1
KINKURISHIATO	24	5.40	0.73	0.07	C1S1
MANUNTUARI	26	6.50	0.70	0.00	C1S1

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

4.1.2. Resultados del estudio de suelo

Selección y descripción del lugar

La prueba se ha realizado en tres puntos del proyecto; sector Kasungatiari, sector Pinchiquiato y sector Kinkurishiato, lugares que son más representativos del terreno del cual se quiere conocer las características físico químico e hidrodinámico de los suelos y también se requiere conocer las características de infiltración así mismo se determinará la textura, estructura, (densidad aparente) y el contenido de humedad del suelo.

Los suelos del sector Sangobatea, en su mayor parte son ocupados por bosques constituidos por árboles y arbustos característicos de la zona; los suelos que son utilizados en secano son ocupados por cultivos perennes (cacao, café, achiote, cítricos, coca) y anuales (yuca, maíz duro y frejol de palo) los cultivos anuales son cultivados en pequeña escala.

El ámbito de estudio se encuentra en la micro cuenca del río Sangobatea tributario del río Urubamba, ocupan posiciones fisiográficas de ladera media, planicie y piso de

valle, de origen aluvio – coluvial y aluvial. La superficie total evaluada es de 581.40 hectáreas. A continuación se describen las características morfológicas, físicas, químicas e hidrodinámicas de toda la unidad de mapeo.

Para el Proyecto de riego por Aspersión en el sector de Sangobatea, se realizó el análisis físico químico e hidrodinámico de los suelos en “Laboratorio de análisis químico, físico de suelos aguas y plantas. Se tiene los siguientes resultados:

- ✓ pH 5.7 – 6.0: El cual indica suelos de reacción acida
- ✓ conductividad eléctrica C.E. 0.48 – 0.10 mmhos/cm
- ✓ capacidad de intercambio cationico es alto en todo el perfil del suelo 14.08-21.08meq/100 gr de suelo.
- ✓ Contenido de materia orgánica varía de baja a alto 1.42-4.06 %.
- ✓ Contenido de fosforo varia de bajo a medio 1.7-12.6 ppm
- ✓ El potasio oscila de bajo a alto 45.0-450.0 ppm.
- ✓ Las constantes hídricas a nivel de todo el perfil fluctúa entre 21.60-54.21% de capacidad de campo, el punto de marchites permanente de 13.38-22.85%, la densidad aparente varia de 1.09-1.41gr/cc la velocidad de infiltración básica varia de moderadamente lenta (0.51 cm/h) a moderada (4.58 cm/h)
- ✓ Textura : Franco arcilloso.

Para mayor información se tiene en el N° 25.

Cuadro N° 25: Características físicas, químicas e hidrodinámicas de los suelos

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICO E HIDRODINÁMICO DE LOS SUELOS																			
SERIE	N° DE CATA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	CLASE TEXTURAL	COLOR	pH	PORO		REACCIÓN AL HCl	C.E. mmhos/cm	C.I.C. meq/100	M.O. %	ELEMENTOS DISPONIBLES			CONSTANTES HIDRÁULICAS			
							SIDAD %	CaCO ₃ %					N %	P2O ₅ ppm	K ₂ O ppm	Da gr/cc	H.E. %	PMP %	CC %
S	1	Ap	24	Fr-Arc	10YR5/2	5.7	49.76	-	-	0.48	15.93	4.06	0.20	3.1	450	1.09	32.74	13.38	30.94
		C1	110	Arc	5YR6/4	5.9	51.26	-	-	0.10	18.90	2.44	0.12	3.8	55	1.16	39.18	17.25	36.51
A	2	Ap	33	Arc	10YR5/2	6.0	53.68	-	-	0.16	20.14	2.08	0.10	2.3	90	1.13	31.92	17.80	30.23
		C1	147	Arc	5YR6/4	5.9	53.08	-	-	0.10	21.08	1.77	0.09	1.8	47	1.14	38.88	21.76	36.25
N	3	Ap	70	Fr-Arc	10YR4/3	5.8	43.60	-	-	0.10	16.13	4.68	0.24	9.8	56	1.41	21.95	13.79	21.60
		C2	80	Arc	5YR7/8	5.8	50.20	-	-	0.12	20.38	4.55	0.23	12.6	90	1.20	32.62	15.51	30.83
G	4	Ap	80	Arc	7.5YR5/4	5.9	52.74	-	-	0.10	19.33	1.93	0.10	2.4	45	1.12	41.24	21.21	52.74
		C1	90	Arc	5YR6/6	5.9	54.21	-	-	0.14	20.06	1.86	0.09	2.5	46	1.14	38.50	22.85	54.21
B	5	Ap	47	Arc	10YR5/3	5.8	51.10	-	-	0.12	19.20	1.71	0.08	1.7	54	1.11	40.12	17.23	37.32
		C1	110	Fr-Arc	7.5YR6/4	5.9	44.40	-	-	0.20	14.08	1.42	0.07	3.7	77	1.39	39.27	15.10	36.59

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico, Físico de Suelos Aguas y Plantas - Calle Almagro N° 10-San Jerónimo- Cusco-Tel.277471- Evaluación en campo - Abril 2009

4.1.3. Pruebas de infiltración

Para la determinación de las funciones de infiltración se utiliza el método de cilindros infiltrómetros, que tienen dimensiones de diámetro 40cm y 30cm respectivamente, con una altitud de 40 cm cada uno, en el cual se obtuvieron resultados como sigue a continuación.

Cuadro N° 26: Resultados de las pruebas de infiltración

CALICATAS	CONSTANTES									CLASIFICACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hora)
	b	y	a	B	A	a'	Tb	lb	r2	
C 1	-0.41	2.43	269.52	0.59	7.57	454.12	243.89	2.89	0.87	MODERADA
C 2	-0.55	2.10	125.55	0.45	4.66	279.48	330.46	0.51	0.86	MODERADAMENTE LENTA
C 3	-0.41	2.64	432.77	0.59	12.19	731.15	244.86	4.58	0.97	MODERADA
C 4	-0.56	2.44	274.18	0.44	10.33	619.58	334.48	1.07	0.97	MODERADAMENTE LENTA
C 5	-0.57	2.41	255.48	0.43	9.82	589.01	339.75	0.94	0.93	MODERADAMENTE LENTA

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

4.1.4. Planteamiento del sistema de riego

Requerimiento de riego

La demanda de agua del proyecto ha sido determinado mediante los métodos de Thornthwate, Hargreaves III – Modificado, Hargreaves, Turc, Penman – Monteith; la información climatológica utilizada corresponde a las estaciones de Machupicchu, quillabamba, cirialo y huyro.

La cedula de cultivo propuesta son:

Cultivos perennes; cacao, café, cítricos, plátano, papaya y piña

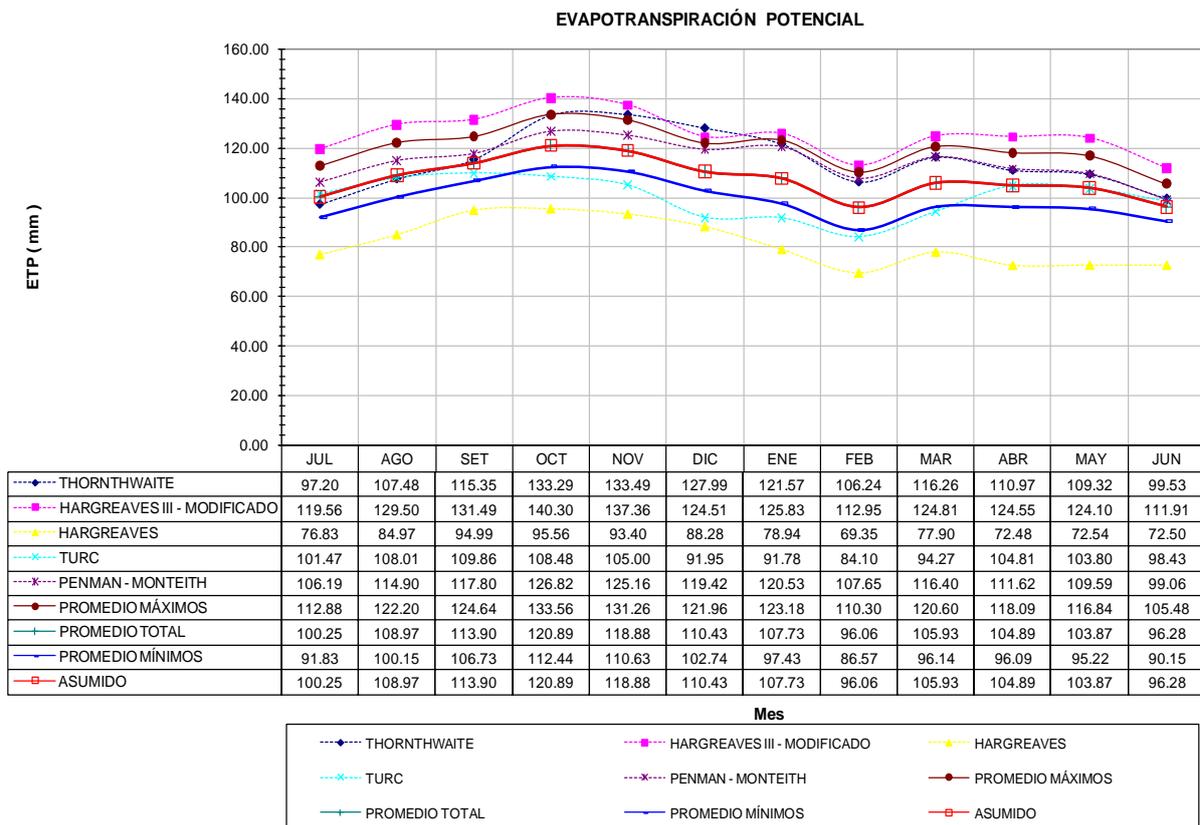
Cultivos anuales; yuca, maíz duro, sandía, frijol (canario), soya y tomate.

La precipitación efectiva considerada ha sido calculada a partir de los valores mensuales de la precipitación al 75% de probabilidad de ocurrencia.

Calculo de la Evapotranspiración Potencial

La Evapotranspiración Potencial (ETP), ha sido determinada para un año normal y analizado en base a los datos de registros meteorológicos.

Cuadro N° 27: Evapotranspiración potencial



Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Y con respecto a los totales anuales tenemos:

Cuadro N° 28: Resumen de la Evapotranspiración potencial anual en mm.

MÉTODO DE CÁLCULO	ETP ANUAL (mm)
THORNTHWAITE	1,378.69
HARGREAVES III - MODIFICADO	1,506.87
HARGREAVES	977.72
TURC	1,201.97
PENMAN - MONTEITH	1,375.14
PROMEDIO MÁXIMOS	1,441.00
PROMEDIO TOTAL	1,288.08
PROMEDIO MÍNIMOS	1,186.13
E.T.P. - ASUMIDO	1,288.08

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 29: Los métodos / variables y la evapotranspiración asumida

MÉTODO / VARIABLES	UNIDAD	MESES DEL AÑO PROMEDIO												TOTAL	PROMEDIO
		JUL 31	AGO 31	SET 30	OCT 31	NOV 30	DIC 31	ENE 31	FEB 28	MAR 31	ABR 30	MAY 31	JUN 30		
E.T.P. - THORNTHWAITE	mm	97.20	107.48	116.35	133.29	133.49	127.99	121.57	106.24	110.97	110.97	99.53	99.53	1378.69	114.89
Temperatura Media Mensual	T _{med}	23.71	24.91	25.56	26.56	24.90	24.90	24.73	24.53	24.16	24.53	24.65	24.65	296.05	24.67
Índice Térmico Mensual	C°	10.55	10.97	11.37	11.83	11.86	11.37	11.14	11.06	11.25	11.11	10.86	10.86	134.52	11.21
E.T.P. Sin Corregir	mm	95.44	103.40	111.50	120.97	121.69	111.43	106.76	105.31	107.03	108.93	101.31	101.31	1300.96	108.34
Factor de Corrección por Duración Media de Horas Sol	e	0.98	1.00	1.00	1.07	1.06	1.11	1.10	0.98	0.98	0.99	0.95	0.95	12.28	1.02
Factor de Corrección por Estación	Z	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	11506.70	963.00
Altura de la Estación en Estudio	Z	1.00	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	12.41	1.03
Factor de Corrección por Altura	F.C.A.	97.20	107.48	116.35	133.29	133.49	127.99	121.57	106.24	110.97	110.97	99.53	99.53	1378.69	114.89
Evapotranspiración Potencial Mensual	Etp	97.20	107.48	116.35	133.29	133.49	127.99	121.57	106.24	110.97	110.97	99.53	99.53	1378.69	114.89
E.T.P. - HARGREAVES III - MODIFICADO	mm	119.56	129.50	131.49	140.30	137.36	124.51	125.83	112.95	124.81	124.81	111.91	111.91	1508.87	125.57
Altura de la Estación en Estudio	Z	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	11506.70	963.00
Factor de Corrección por Altura	Z	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	12.09	1.06
Radiación Extra-Terrestre	R _a	368.30	406.43	439.21	469.80	492.89	511.50	515.52	457.23	476.46	476.46	417.32	417.32	5302.91	441.91
Horas Teóricas de Fuerte Insolación	N	354.77	362.58	360.00	354.52	381.12	398.53	350.11	350.11	376.71	376.71	340.33	340.33	4414.47	367.87
Horas De Sol (Horas Y Diecimos Sol) Mensual	N	189.37	181.09	154.37	146.43	137.07	113.01	114.54	104.39	125.54	125.54	99.53	99.53	11506.70	963.00
Radiación Solar Media	R.S.M.	201.81	215.42	215.71	226.69	221.70	204.28	208.09	187.25	205.30	205.30	186.85	186.85	2484.71	207.06
Temperatura Media Mensual	T _{med}	23.71	24.32	24.91	25.56	25.61	24.90	24.57	24.46	24.59	24.73	24.53	24.53	296.05	24.67
Evapotranspiración Potencial Mensual	Etp	119.56	129.50	131.49	140.30	137.36	124.51	125.83	112.95	124.81	124.81	111.91	111.91	1508.87	125.57
E.T.P. - HARGREAVES	mm	76.83	84.97	94.99	95.56	93.40	88.28	78.94	69.35	77.90	72.48	72.50	72.50	977.72	81.48
Radiación Extra-Terrestre	R _a	368.30	406.43	439.21	469.80	492.89	511.50	515.52	457.23	476.46	476.46	417.32	417.32	5302.91	441.91
Temperatura Media Mensual	T _{med}	23.71	24.32	24.91	25.56	25.61	24.90	24.57	24.46	24.59	24.73	24.53	24.53	296.05	24.67
Humedad Relativa Media Mensual	H.R.	79.60	80.12	79.33	83.69	84.65	86.83	89.46	89.61	88.00	86.55	83.92	83.92	1011.46	84.29
Altura de la Estación en Estudio	Z	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	963.00	11506.70	963.00
Evapotranspiración Potencial Mensual	Etp	76.83	84.97	94.99	95.56	93.40	88.28	78.94	69.35	77.90	72.48	72.50	72.50	977.72	81.48
E.T.P. - TURC	mm	101.47	108.01	109.86	108.48	105.00	91.95	91.78	84.10	94.27	104.81	103.80	103.80	1201.97	100.16
Horas De Sol (Horas Y Diecimos Sol) Mensual	N	6.11	5.84	5.15	4.72	4.57	3.65	3.69	3.73	4.05	5.07	5.85	5.85	58.37	4.86
Horas Teóricas de Fuerte Insolación	N	11.44	11.70	12.00	12.40	12.70	12.86	12.76	12.50	12.15	11.80	11.50	11.50	145.16	12.10
Relación	n/N	0.53	0.50	0.43	0.38	0.36	0.28	0.29	0.30	0.33	0.43	0.51	0.51	4.87	0.41
Coefficiente (a) en función de (n/N) - de Gráfico	a	0.29	0.28	0.25	0.21	0.18	0.12	0.12	0.12	0.16	0.25	0.29	0.29	2.85	0.21
Coefficiente (b) en función de (n/N) - de Gráfico	b	0.43	0.44	0.47	0.52	0.55	0.73	0.71	0.70	0.61	0.47	0.44	0.44	6.50	0.54
Radiación Extra-Terrestre	R _a	11.88	13.11	14.64	15.80	16.43	16.50	16.63	15.37	15.37	13.91	12.38	11.48	174.46	14.54
Radiación Total Entrante	R _g	6.17	6.55	6.61	6.45	6.21	5.40	5.42	5.37	5.58	6.29	5.81	5.81	72.19	6.02
Radiación Total Entrante	R _g	364.17	386.57	390.03	360.36	366.24	319.53	319.53	316.70	329.45	371.00	368.18	348.83	4259.38	354.95
Temperatura Media Mensual	T _{med}	23.71	24.32	24.91	25.56	25.61	24.90	24.57	24.46	24.59	24.73	24.53	24.53	296.05	24.67
Humedad Relativa Media Mensual	K	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.37	0.40	0.40	0.40	0.40	4.77	0.40
Evapotranspiración Potencial Mensual	Etp	79.60	80.12	79.33	83.69	84.65	86.83	89.46	89.61	88.00	86.55	83.92	83.92	1011.46	84.29
E.T.P. - PENMAN - MONTBETH	mm	106.19	114.90	117.80	126.82	125.16	119.42	120.53	107.65	116.40	116.40	109.59	109.59	1375.14	114.60
Horas De Sol (Horas Y Diecimos Sol) Mensual	N	189.37	181.09	154.37	146.43	137.07	113.01	114.54	104.39	125.54	125.54	99.53	99.53	11506.70	963.00
Horas Teóricas de Fuerte Insolación	N	354.77	362.58	360.00	354.52	381.12	398.53	350.11	350.11	376.71	376.71	340.33	340.33	4414.47	367.87
Relación	n/N	0.53	0.50	0.43	0.38	0.36	0.28	0.29	0.30	0.33	0.43	0.51	0.51	4.87	0.41
Radiación Extra-Terrestre	R _a	368.30	406.43	439.21	469.80	492.89	511.50	515.52	457.23	476.46	476.46	417.32	417.32	5302.91	441.91
Temperatura Media Mensual	T _{med}	23.71	24.32	24.91	25.56	25.61	24.90	24.57	24.46	24.59	24.73	24.53	24.53	296.05	24.67
Humedad Relativa Media Mensual	H.R.	79.60	80.12	79.33	83.69	84.65	86.83	89.46	89.61	88.00	86.55	83.92	83.92	1011.46	84.29
Radiación del Cuerpo Negro - de Tabla	G _{Tk}	15.55	15.68	15.80	15.95	15.86	15.81	15.75	15.73	15.75	15.75	15.73	15.73	189.11	15.76
Factor - de Tabla	e _a	3.00	3.10	3.19	3.31	3.32	3.19	3.14	3.12	3.14	3.16	3.13	3.07	37.87	3.16
Presión de Vapor Saturante - de Tabla	e _s	30.76	31.91	33.02	34.42	34.42	33.16	32.58	32.58	32.58	32.58	31.61	31.61	392.14	32.68
Velocidad Del Viento Media Mensual	V _v	24.49	25.57	26.20	28.81	29.24	28.79	29.13	29.00	28.67	28.40	27.18	25.19	330.67	27.56
Evapotranspiración Potencial Mensual	Etp	106.19	114.90	117.80	126.82	125.16	119.42	120.53	107.65	116.40	116.40	109.59	109.59	1375.14	114.60
E.T.P. - PROMEDIO MÁXIMOS	mm	112.88	122.20	124.64	133.56	131.26	121.96	123.18	110.30	120.60	118.09	116.84	116.84	1441.00	120.08
E.T.P. - PROMEDIO TOTAL	mm	100.25	108.97	113.90	120.89	118.88	110.43	107.73	96.06	105.93	104.89	103.87	103.87	1288.08	107.34
E.T.P. - PROMEDIO MÍNIMOS	mm	91.83	100.15	106.73	112.44	110.63	102.74	97.43	86.57	96.14	96.09	95.22	95.22	1186.13	98.94
E.T.P. - ASUMIDO	mm	100.25	108.97	113.90	120.89	118.88	110.43	107.73	96.06	105.93	104.89	103.87	103.87	1288.08	107.34

Fuente: Elaboración propio testista (resultados de cálculo)

Cálculo de coeficiente de cultivo ponderado de cultivo (Kc)

Es el factor que indica el grado de desarrollo de los cultivos y está relacionado con la cobertura del suelo del mismo, que es lo que influye en la evapotranspiración. El Kc está afectado por el tipo de cultivo, fecha de siembra, etapa de crecimiento, duración del ciclo vegetativo, etc.

Cuadro N° 30: Valores de Kc ponderado

CULTIVOS	VALORES DE Kc											
	M E S E S											
	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Perennes												
Cacao	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Café		1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	
Citricos	0.77	0.80	0.79	0.79	0.79				1.00	0.65	0.65	0.75
Platano	1.20	1.20	1.10	1.08	0.97			1.00	0.97	1.08	1.15	1.20
Papaya	0.85	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	1.00	0.76	0.80	0.85	0.85
Piña	1.00	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	
Anuales												
Yuca	0.90	1.09	1.09	1.09	1.09	0.94	0.80	0.75		1.00	0.30	0.64
Maiz duro	1.15	1.15	0.89							1.00	0.40	0.88
Sandia							1.00	0.57	0.99	0.74	0.57	
Frijol (Canario)								1.00	0.42	0.80	1.11	0.80
Soya	1.05	0.90	0.90		1.00	0.50	0.99	1.10	1.10	0.68	1.00	0.49
Tomate	0.66	1.15	0.45		1.00	0.59	0.88	1.11	0.66		1.00	0.66
Kc Ponderado	0.98	0.98	0.91	0.95	0.95	0.92	0.93	0.93	0.91	0.88	0.84	0.87

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cálculo de precipitación efectiva (PE75)

Se considera como un elemento de aporte de humedad, para lo cual ha sido determinada mediante la aplicación de del método de la United States Bureau of Reclamation, tomando para este cálculo la precipitación media mensual y anual de las estaciones base corregidas y de s estaciones generadas se tiene.

Cuadro N° 31: Precipitación efectiva al 75% en el área de estudio (Sanbobatea)

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN EFECTIVA PE75% (mm)
ESTACIONES EN ESTUDIO	
Cuenca Kasungatiari	830.88
Cuenca Pinchiquiato	814.89
Cuenca Kincurishiato	808.64
Sistema Sangobatea	706.19

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Eficiencia de riego

En todo el sistema de riego por aspersion por efectos de cálculo, se ha estimado la eficiencia de riego en un 65%.

Calculo de demanda de agua del proyecto

De acuerdo al cálculo de la demanda de agua del proyecto sistema de riego por aspersion en ladera sector de Sangobatea, Kiteni; cuyo resultado se muestra.

Cuadro N° 32: Cálculo de la demanda de agua con proyecto

CUADRO N° RIEGO POR ASPERSIÓN 42.9 ha (Kasungatiari) DE LA DEMANDA DE AGUA CON PROYECTO RIEGO POR ASPERSIÓN 42.9 ha (KASUNGATIARI)

CULTIVOS	%	AREA (ha)	VALORES DE KC												TOTAL	
			JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
Perennes			1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Cacao	28.0	12.0	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Café	21.0	9.0	0.77	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Citricos	8.0	3.4	1.20	1.20	1.10	1.08	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Platano	5.0	2.1	1.00	0.85	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Papaya	7.0	3.0	1.00	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Piña	5.0	2.1	0.90	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Anuales			1.15	1.15	0.89											
Yuca	7.0	3.0	1.15	1.15	0.89											
Maiz duro	7.0	3.0	1.15	1.15	0.89											
Sandia	8.0	3.4	1.05	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Frijol (Canario)	6.0	2.6	0.66	1.15	0.45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.59	0.88	1.11	0.66	1.00	0.49	0.66
Soya	8.0	3.4	0.66	1.15	0.45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.59	0.88	1.11	0.66	1.00	0.49	0.66
Tomate	6.0	2.6	0.66	1.15	0.45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.59	0.88	1.11	0.66	1.00	0.49	0.66
Total (*)	116.0	42.9														
Area Cultivada Mensual (ha)			34.7	43.7	43.7	34.7	40.7	35.1	38.6	43.3	43.7	47.1	49.7	24.4		
Kc Ponderado			0.98	0.98	0.91	0.95	0.95	0.92	0.93	0.93	0.91	0.88	0.84	0.87		
ETP(mm)			100.25	108.97	113.90	120.89	118.88	110.43	107.73	96.06	105.93	104.89	103.87	96.28	1288.08	
ETR(mm)			98.0	107.3	103.6	114.3	112.7	101.4	100.5	89.6	95.9	92.8	87.7	83.5		
PE 75% (mm)			14.84	22.28	30.79	60.74	67.71	96.51	106.00	105.04	97.58	73.59	24.96	6.16	706.2	
Consumo Teórico(mm)			83.2	85.0	72.8	53.6	44.9	4.9	-5.5	-15.4	-1.7	19.2	62.8	77.4		
Demanda Unitaria Neta (m3/ha)			832.1	850.0	728.4	535.5	449.5	48.6	0.0	0.0	0.0	192.0	627.7	773.5		
Eficiencia de riego (%)			65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0		
Demanda Bruta de Agua (mm/ha)			128.1	130.8	112.1	82.4	69.2	7.5	0.0	0.0	0.0	29.5	96.6	119.0		
N° Dias /mes			31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0		
Jornada de Riego (horas)			24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0		
Módulo de Riego (l/s/ha)			0.48	0.49	0.43	0.31	0.27	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.36	0.46		
Caudal a captar (Q= l/s)			17	21	19	11	11	1	0	0	0	5	18	11		
Volumen Req./mes (Hm3)			0.04	0.06	0.05	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.03	0.30	

(*) Se refiere al Area física

Fuente: Elaboración propio tesisista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 33: Cálculo de la demanda de agua con proyecto

Riego por aspersión 42.9 ha (Pinchiquiato)

**CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA CON PROYECTO
RIEGO POR ASPERSIÓN 42.9 ha (PINCHIQUIATO)**

CULTIVOS	%	AREA (ha)	VALORES DE Kc												TOTAL			
			JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN				
Perennes																		
Cacao	28.0	12.0	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Café	21.0	9.0	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Citricos	8.0	3.4	0.77	0.80	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Platano	5.0	2.1	1.20	1.20	1.10	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Papaya	7.0	3.0	0.85	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Piña	5.0	2.1	1.00	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Anuales																		
Yuca	7.0	3.0	0.90	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Maiz duro	7.0	3.0	1.15	1.15	0.89													
Sandia	8.0	3.4																
Frijol (Canario)	6.0	2.6																
Soya	8.0	3.4	1.05	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Tomate	6.0	2.6	0.66	1.15	0.45													
Total (*)	116.0	42.9																
Area Cultivada Mensual (ha)			34.7	43.7	43.7	34.7	40.7	35.1	38.6	43.3	43.7	47.1	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7	49.7
Kc. Ponderado			0.98	0.98	0.91	0.95	0.95	0.92	0.93	0.93	0.93	0.91	0.88	0.84	0.84	0.84	0.87	0.87
ETP(mm)			100.25	108.97	113.90	120.89	118.88	110.43	107.73	96.06	96.06	105.93	104.89	103.87	103.87	103.87	96.28	96.28
ETR(mm)			98.0	107.3	103.6	114.3	112.7	101.4	100.5	89.6	89.6	95.9	92.8	87.7	87.7	87.7	83.5	83.5
PE 75% (mm)			14.84	22.28	30.79	60.74	67.71	96.51	106.00	105.04	105.04	97.58	73.59	24.96	24.96	24.96	6.16	6.16
Consumo Teórico(mm)			83.2	85.0	72.8	53.6	44.9	4.9	-5.5	-15.4	-15.4	-1.7	19.2	62.8	62.8	62.8	77.4	77.4
Demanda Unitaria Neta (m3/ha)			832.1	850.0	728.4	535.5	449.5	48.6	0.0	0.0	0.0	0.0	192.0	627.7	627.7	627.7	773.5	773.5
Eficiencia de riego (%)			65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Demanda Bruta de Agua (mm/ha)			128.1	130.8	112.1	82.4	69.2	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	29.5	96.6	96.6	96.6	119.0	119.0
N° Dias /mes			31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	28.0	28.0	31.0	30.0	31.0	31.0	31.0	30.0	30.0
Jornada de Riego (horas)			24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Modulo de Riego (l/s/ha)			0.48	0.49	0.43	0.31	0.27	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.36	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Caudal a captar (Q= l/s)			17	21	19	11	11	1	0	0	0	5	18	11	11	11	11	11
Volumen Req./mes (Hm3)			0.04	0.06	0.05	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

(*) Se refiere al Area física
Fuente: Elaboración propio testista (resultados de cálculo)

4.2. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO

4.2.1. pérdida de carga

Las pérdidas de carga en el sistema de riego por aspersión del sector de Sangobatea, Kiteni se han estimado por la ecuación de Hassen William para tuberías de $\varnothing > 2''$ y la ecuación de Fair – Whiple para tuberías de $\varnothing < 2''$.

Los resultados de los cálculos de las pérdidas de carga y dimensionamiento de diámetro de las tuberías, calculado y optado según el diámetro comercial existente en el mercado local.

4.2.2. Calculo de diseño agronómico

Según los cálculos agronómicos del sistema de riego por aspersión se ha determinado los parámetros básicos del sistema, estimándose los siguientes resultados.

La dosis de riego – lamina asumido

Dosis neta de riego.

Dosis neta de riego del sistema Kasungatiari(Dn): 20.66 mm

Dosis neta de riego del sistema Pinchiquiato(Dn): 20.75 mm

Dosis neta de riego del sistema Tarangani(Dn): 20.87 mm

Dosis bruta de riego.

Dosis bruta de riego del sistema Kasungatiari (Db): 27.18 mm

Dosis bruta de riego del sistema Pinchiquiato (Db): 27.30 mm

Dosis bruta de riego del sistema Tarangani (Db): 27.46 mm

Frecuencia de riego.

Frecuencia de riego del sistema (Fr): 5 días

Modulo de riego.

Modulo de riego del sistema (Mr.): 0.49 l/s/ha

4.2.3. Diseño del sistema de riego

4.2.3.1. Riego por aspersión

El planteamiento del sistema de riego por aspersión del sector de Sangobatea, Kiteni; consiste en la selección de una red completa de tuberías, para transmitir el agua a los aspersores, a una presión adecuada, con la finalidad de aplicar el agua al suelo en pequeñas gotas simulando a la lluvia.

4.2.3.2. Componentes

✓ **Diseño del sistema de captación.**

Se eligió la bocatoma de tipo Tirol por las pendientes fuertes que presenta el cauce del río Pinchiquiato y Kasungatiari para el diseño se consideró la longitud del cauce

El sistema de Kasungatiari se eligió bocatoma tipo Tirol diseñando con un caudal máximo de 6.9 m³/s, caudal medio de 0.100 m³/s.

Con el sistema se plantea captar el caudal de 21.0 l/s del riachuelo Kasungatiari en la cota 1220.17 msnm por la margen derecha el caudal será captado a través de la estructura de captación sumergida, dicho caudal será conducido hacia las áreas de riego a través de un sistema de conducción presurizado.

Sistema Pinchiquiato se eligió bocatoma tipo tirolesa, se ha diseñado con un caudal máximo de 9 m³/s, caudal medio 0.200 m³/s.

se plantea captar el caudal de 21.0 l/s del riachuelo Pinchiquiato en la cota 1222.12 msnm y conducir por la margen izquierda hacia los sectores de pinchiquiato, y parte del sector Tarangani, el caudal será captado a través de la estructura de captación sumergida, dicho caudal será conducida hacia las áreas de riego por la línea de conducción presurizada.

Sistema Tarangani se plantea captar de dos riachuelos: captación Kinkurishiato (caudal de 4.5 l/s en la cota de 1268 msnm) y captación Manuntuari (caudal de 2.5 l/s en la cota de 1292.5 msnm) y conducir el caudal para irrigar el sector Tarangani, el caudal será captado a través de la estructura de captación típico para laderas dicho caudal será conducido hacia las áreas de riego por la línea de conducción presurizada.

✓ **Desarenador**

Estructura encargada de eliminar sedimentos gruesos del sistema para que este no afecte u obturen las boquillas de los aspersores.

El desarenador deberá tener una compuerta metálica y estructura para limpiar, losa de operaciones y un vertedor lateral de excedencias situada en una de las paredes del desarenador, las cuales evacuan el caudal

excedente hacia una canal de desfogue, que se evacua las aguas hacia el rio aguas abajo.

✓ **Línea de conducción presurizada**

Línea Kasungatiari – I (margen derecha); el trazo de la línea de conducción presurizada Kasungatiari – I será de 1820 m a través de tuberías de diseño telescópico de $\varnothing = 6''$ el caudal que transporta es de 21 l/s y a lo largo del desarrollo del entubado se ubicaran las diferentes obras de arte que se detalla en los siguientes cuadros; cámaras rompe presiones de 6'' necesarias, válvulas de purga de 3''y válvulas de paso y control para la correcta operación del sistema.

Cuadro N° 35: Línea de conducción presurizada Kasungatiari - I

LINEA DE CONDUCCION PRESURIZADA KASUNGATIARI - I		
PROGRESIVAS		DESCRIPCION
INICIO	FIN	
0+000	1+096	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
	1+096	CAMARA ROMPE PRESION 01
1+096	1+481	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
1+481	1+543	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10
1+543	1+582	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-15
	1+582	CAMARA ROMPE PRESION 02
1+582	1+739	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
1+739	1+820	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 36: Obras de arte a lo largo de la línea de conducción Kasungatiari - I

LINEA DE CONDUCCION NOMBRE	COD.	DESCRIPCION	UND.	PROGRESIVA		CANT.
				INICIO	FIN	
Kasungatiari - I Margen Derecha	BOC	Bocatoma	und	0+000		1.00
	DE	Desarenador	und	0+010		1.00
	CIT	Camara Ingreso Tuberia	und	0+012		1.00
	LC	Linea de Conduccion PVC	m	0+012	1+820	
	VP	Valvula Purga	und	0+177		1.00
	TD1	Toma Directa 1	und	0+512		1.00
	TD2	Toma Directa 2	und	0+600		1.00
	TD3	Toma Directa 3	und	0+694		1.00
	M1	Modulo 1	und	0+778		1.00
	TD4	Toma Directa 4	und	0+825		1.00
	TD5	Toma Directa 5	und	0+938		1.00
	CRP	Camara Rompe Presion	und	1+096		1.00
	TD6	Toma Directa 6	und	1+103		1.00
	M2	Modulo2	und	1+309		1.00
	CRP	Camara Rompe Presion	und	1+582		1.00
	M3	Modulo 3	und	1+820		1.00
	VP	Valvula Purga	und	1+820		1.00
VP	Valvula Purga	und	1+820		1.00	

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Línea Kasungatiari – II (margen izquierda); la línea de conducción presurizada Kasungatiari – II será de 2252m a través de tubería de diseño telescópico de $\varnothing = 6''$ el caudal que llevara es de 21 l/s y a lo largo del desarrollo del entubado se ubicaran las diferentes obras de arte, tales como cámaras rompe presión de 6'', válvulas de purga de 3''.

Cuadro N° 37: Línea de conducción presurizada Kasungatiari - II

LINEA DE CONDUCCION PRESURIZADA KASUNGATIARI - II		
PROGRESIVAS		DESCRIPCION
INICIO	FIN	
0+000	0+122	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
0+122	1+167	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10
1+167	0+207	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-15
	0+207	CAMARA ROMPE PRESION 01
0+207	0+414	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
	0+414	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10
0+414	0+443	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10
0+443	0+459	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-15
	0+459	CAMARA ROMPE PRESION 02
0+459	2+124	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
	2+124	CAMARA ROMPE PRESION 03
2+124	2+228	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
2+228	2+252	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 38: Obras de arte a lo largo de la línea de conducción Kasungatiari - II

LINEA DE CONDUCCION NOMBRE	COD.	DESCRIPCION	UND.	PROGRESIVA		CANT.
				INICIO	FIN	
Kasungatiari - I I Margen Izquierda	LC	Linea de Conduccion PVC	m	0+000	2+251	
	CRP	Camara Rompe Presion	und	0+207		1.00
	CRP	Camara Rompe Presion	und	0+459		1.00
	AC	Acueducto	und	0+488		1.00
	VP	Valvula Purga	und	0+499		1.00
	MS	Muro Seco	m	0+905	0+930	25.00
	VP	Valvula Purga	und	1+070		1.00
	M4	Modulo4	und	1+476		1.00
	TD7	Toma Directa 7	und	1+749		1.00
	TD8	Toma Directa 8	und	1+829		1.00
	M5	Modulo5	und	1+859		1.00
	TD9	Toma Directa9	und	2+009		1.00
	TD10	Toma Directa 10	und	2+102		1.00
	CRP	Camara Rompe Presion	und	2+124		1.00
	VP	Valvula Purga	und	2+252		1.00

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Línea de conducción presurizada Pinchiquiato; será de 4063 m a través de tubería de diseño telescópico de $\varnothing = 6''$ el caudal que transportara es de 21 l/s a lo largo del desarrollo del entubado se ubicaran las diferentes obras de arte, tales como cámaras rompe presión de 6'', válvulas de purga de 3'' y otras obras de arte necesarias.

Cuadro N° 39: Línea de conducción presurizada Pinchiquiato.

LINEA DE CONDUCCION PRESURIZADA PINCHQUIATO		
PROGRESIVAS		DESCRIPCION
INICIO	FIN	
0+000	1+749	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
1+749	2+323	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10
	2+323	CAMARA ROMPE PRESION 01
2+323	3+636	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-7.5
3+636	4+063	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 6" C-10

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 40: Obras de arte a lo largo de la línea de conducción Pinchiquiato

LINEA DE CONDUCCION NOMBRE	COD.	DESCRIPCION	UND.	PROGRESIVA		CANT.
				INICIO	FIN	
Pinchiquiato	BOC	Bocatoma	und	0+000		1.00
	DE	Desarenador	und	0+010		1.00
	CIT	Camara Ingreso Tubería	und	0+012		1.00
	LC	Linea de Conduccion PVC	m	0+000	4+063	
	C	Canoa	und	0+768		1.00
	VP	Valvula Purga	und	0+768		1.00
	TD11	Toma Directa 11	und	0+964		1.00
	MS	Muro Seco	m	0+162	0+172	10.00
	MS	Muro Seco	m	0+200	0+240	40.00
	MS	Muro Seco	m	0+400	0+420	20.00
	MS	Muro Seco	m	0+840	0+865	25.00
	und	Canoa	und	1+026		1.00
	MS	Muro Seco	m	1+325	1+340	15.00
	TD12	Toma Directa 12	und	1+409		1.00
	M6	Modulo 6	und	1+579		1.00
	M7	Modulo 7	und	1+861		1.00
	C	Canoa	und	1+940		1.00
	VP	Valvula Purga	und	1+940		1.00
	CRP	Camara Rompe Presion	und	2+323		1.00
	M8	Modulo 8	und	2+799		1.00
	B	Baden	und	3+018		1.00
	VP	Valvula Purga	und	3+018		1.00
	C	Canoa	und	3+298		1.00
	VP	Valvula Purga	und	3+298		1.00
	C	Canoa	und	3+565		1.00
	VP	Valvula Purga	und	3+565		1.00
M9	Modulo 9	und	4+040		1.00	
M10	Modulo 10	und	4+063		1.00	
VP	Valvula Purga	und	4+063		1.00	

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Línea de conducción presurizada Tarangani; será de 2893 m a través de tubería de diseño telescópico de $\varnothing = 4''$ el caudal que transportara es de 7 l/s a lo largo del desarrollo del entubado se ubicaran las diferentes obras de arte, tales como cámaras rompe presión de 6'', válvulas de purga de 3'' y otras obras de arte necesarias.

Cuadro N° 41: Línea de conducción presurizada Tarangani.

LINEA DE CONDUCCION PRESURIZADA TARANGANI		
PROGRESIVAS		DESCRIPCION
INICIO	FIN	
0+000	0+307	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 4" C-7.5
0+307	1+240	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 3" C-7.5
	1+240	CAMARA ROMPE PRESION 01
1+240	1+500	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 4" C-7.5
1+500	1+845	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 3" C-7.5
1+845	1+870	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 3" C-10
	1+870	CAMARA ROMPE PRESION 02
1+870	2+005	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 3" C-7.5
2+005	2+086	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 3" C-10
2+086	2+190	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 3" C-15
	2+190	CAMARA ROMPE PRESION 03
2+190	2+893	TUBERIA PVC-SAP NTP 399.002 DIAMETRO 3" C-7.5

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 42: Obras de arte a lo largo de la línea de conducción Tarangani

LINEA DE CONDUCCION NOMBRE	COD.	DESCRIPCION	UND.	PROGRESIVA		CANT.
				INICIO	FIN	
Tarangani	Cap	Captacion	und	0+000		1.00
	LC	Linea de Conduccion PVC	m	0+000	2+892	
	M12	Modulo 12	und	0+241		1.00
	M13	Modulo 13	und	0+496		1.00
	C	Canoa	und	0+736		1.00
	C	Canoa	und	0+867		1.00
	C	Canoa	und	1+226		1.00
	CRP	Camara Rompe Presion	und	1+240		1.00
	Cap	Captacion	und	1+240		1.00
	VP	Valvula Purga	und	1+240		1.00
	MS	Muro Seco	m	1+280	1+440	160.00
	M14	Modulo 14	und	1+764		1.00
	VP	Valvula Purga	und	1+870		1.00
	C	Canoa	und	2+180		1.00
	VP	Valvula Purga	und	2+180		1.00
	CRP	Camara Rompe Presion	und	2+190		1.00
	TD13	Toma Directa 13	und	2+400		1.00
	M15	Modulo 15	und	2+702		1.00
	TD15	Toma Directa 14	und	2+740		1.00
	M16	Modulo 16	und	2+886		1.00
VP	Valvula Purga	und	2+892		1.00	

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

✓ **Cámara de carga y cámaras rompe presión**

La cámara de carga y rompe presión constituye elementos para aliviar el trabajo de sobrecarga hacia el entubado, dicha estructura también marca el cambio de la condición del flujo a gravedad a el sistema presurizado de las líneas principales e iniciar la carga al sistema de aspersion, tiene como finalidad mantener la tubería a flujo lleno mediante un nivel de carga hidráulica. Esta estructura también será cubierta con tapas pre fabricado

Cuadro N° 43: Cámara rompe presión del sistema Kasungatiari I

SISTEMA DE RIEGO	MODULO O TOMA DIRECTA	CAMARA ROMPE PRESIÓN	Ø NOMINAL DE LA TUBERIA MATRIZ		
			2 "	3 "	4 "
			63 mm	90 mm	110 mm
KASUNGATIARI MARGEN DERECHA	MOD.- 1	C.R.P.-01		1	
	MOD.- 1	C.R.P.-02	1		
	MOD.- 2	C.R.P.-03			1
	MOD.- 2	C.R.P.-04		1	
	MOD.- 2	C.R.P.-05	1		
	MOD.- 3	C.R.P.-06			1
	MOD.- 3	C.R.P.-07	1		
	MOD.- 3	C.R.P.-08		1	

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 44: Cámara rompe presión del sistema Kasungatiari II

SISTEMA DE RIEGO	MODULO O TOMA DIRECTA	CAMARA ROMPE PRESIÓN	Ø NOMINAL DE LA TUBERIA MATRIZ		
			2 "	3 "	4 "
			63 mm	90 mm	110 mm
KASUNGATIARI MARGEN IZQUIERDA	MOD.- 4	C.R.P.-01		1	
	MOD.- 4	C.R.P.-02		1	
	MOD.- 4	C.R.P.-03		1	
	MOD.- 4	C.R.P.-04	1		
	MOD.- 5	C.R.P.-05			1
	MOD.- 5	C.R.P.-06			1
	MOD.- 5	C.R.P.-07			1
	MOD.- 5	C.R.P.-08		1	

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 45: Cámara rompe presión del sistema Pinchiquiato

SISTEMA DE RIEGO	MODULO O TOMA DIRECTA	CAMARA ROMPE PRESIÓN	Ø NOMINAL DE LA TUBERIA MATRIZ			
			2 "	3 "	4 "	6 "
			63 mm	90 mm	110 mm	160 mm
PINCHQUIATO	TOMA D. 11	C.R.P.-01	1			
	TOMA D. 12	C.R.P.-02	1			
	MODULO 06	C.R.P.-03			1	
	MODULO 06	C.R.P.-04			1	
	MODULO 06	C.R.P.-05		1		
	MODULO 06	C.R.P.-06		1		
	MODULO 06	C.R.P.-07		1		
	MODULO 06	C.R.P.-08		1		
	MODULO 06	C.R.P.-09	1			
	MODULO 06	C.R.P.-10	1			
	MODULO 06	C.R.P.-11	1			
	MODULO 07	C.R.P.-12			1	
	MODULO 07	C.R.P.-13			1	
	MODULO 07	C.R.P.-14		1		
	MODULO 07	C.R.P.-15		1		
	MODULO 07	C.R.P.-16	1			
	MODULO 08	C.R.P.-17				1
	MODULO 08	C.R.P.-18				1
	MODULO 08	C.R.P.-19			1	
	MODULO 08	C.R.P.-20			1	
	MODULO 08	C.R.P.-21		1		
	MODULO 08	C.R.P.-22		1		
	MODULO 08	C.R.P.-23		1		
	MODULO 09	C.R.P.-24			1	
	MODULO 09	C.R.P.-25		1		
	MODULO 09	C.R.P.-26	1			
	MODULO 10	C.R.P.-27		1		
	MODULO 10	C.R.P.-28	1			
	MODULO 10	C.R.P.-29		1		
	MODULO 10	C.R.P.-30	1			

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 46: Cámara rompe presión del sistema Tarangani

SISTEMA DE RIEGO	MODULO O TOMA DIRECTA	CAMARA ROMPE PRESIÓN	Ø NOMINAL DE LA TUBERIA MATRIZ		
			2 "	3 "	4 "
			63 mm	90 mm	110 mm
TARANGANI	MOD.- 13	C.R.P.-01	1		
	MOD.- 13	C.R.P.-02	1		
	MOD.- 14	C.R.P.-03	1		
	MOD.- 15	C.R.P.-04	1		
	MOD.- 16	C.R.P.-05	1		
	MOD.- 17	C.R.P.-06		1	
	MOD.- 17	C.R.P.-07	1		

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

✓ **Hidrantes o elevador**

Puntos de conexión entre la tubería principal y la de distribución, o de esta a las líneas de riego, o de esta a los aspersores.

Se ha proyectado instalar hidrantes pre fabricados un total de 175 hidrantes en todo el proyecto, de los cuales; 52 estarán instalados en el sistema de riego de kasungatiari I, 26 en el sistema de riego de Kasungatiari II, 72 en el sistema de riego de Pinchiquiato, 25 en el sistema de riego de Tarangani. Los hidrantes tendrán doble salida; cada uno de ellos con un diámetro de 1", los cuales serán controlados por su válvula correspondiente de 1". La presión dinámica de salida de cada hidrante

varía entre 8 a 83 mca. En cada una de ellas se instalará dos líneas de riego entre 2 a 4 aspersores cada uno según sea el caso.

Cuadro N° 47: Hidrantes en los tres sistemas de riego

SISTEMA DE RIEGO	MODULOS	UNIDAD	TOTAL
KASUNGATIARI MARGEN DERECHA	T.D.- 1	1	52
	T.D.- 2	1	
	T.D.- 3	1	
	MOD.- 1	7	
	T.D.- 4	2	
	T.D.- 5	2	
	T.D.- 6	1	
	MOD.- 2	20	
	MOD.- 3	17	
KASUNGATIARI MARGEN IZQUIERDA	MOD.- 4	8	26
	T.D.- 7	1	
	T.D.- 8	1	
	MOD.- 5	13	
	T.D.- 9	1	
	T.D.- 10	2	
PINCHIQUEIATO	T.D.- 11	2	72
	T.D.- 12	1	
	MOD.- 6	18	
	MOD.- 7	12	
	MOD.- 8	18	
	MOD.- 9	10	
	MOD.- 10	6	
	MOD.- 11	5	
TARANGANI	MOD.- 12	2	25
	MOD.- 13	5	
	MOD.- 14	3	
	T.D.-13	2	
	MOD.- 15	4	
	T.D.-14	1	
	MOD.- 16	3	
	T.D.-15	1	
MOD.- 17	4		
	TOTAL	175	175

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

✓ **Válvulas de purga**

Se ha proyectado la instalación de 20 válvulas de purga de 2” en todo el ámbito del proyecto. Cada válvula estará ubicada al final de cada modulo o de cada ramal de considerable longitud. Los diámetros de las válvulas corresponden al diámetro de la tubería que pasa por ella, en este caso de 2”. Estas válvulas estarán protegidas por una caja de concreto de 0,40 m de ancho y, 0,40 m de largo; altura de las paredes laterales de 0.40 x 0.48 m, cuentan con tapas metálicas de 0.30m x 0.30 m; estas cajas serán de concreto f’c = 140 kg/cm² con un espesor de 0,10 m.

Cuadro N° 48: Válvulas de purga en los tres sistemas de riego.

SISTEMA	MODULO	Z
KASUNGATIARI MARGEN DERECHA	T.D.- 1	1
	T.D.- 2	
	T.D.- 3	
	MOD.- 1	
	T.D.- 4	
	T.D.- 5	
	T.D.- 6	2
	MOD.- 2	
	MOD.- 3	
KASUNGATIARI MARGEN IZQUIERDA	MOD.- 4	1
	T.D.- 7	
	T.D.- 8	
	MOD.- 5	
	T.D.- 9	
PINCHIQUIATO	T.D.- 10	1
	T.D.- 11	
	T.D.- 12	
	MOD.- 6	
	MOD.- 7	
	MOD.- 8	
TARANGANI	MOD.- 9	1
	MOD.- 10	
	MOD.- 11	
	MOD.- 12	
	MOD.- 13	
	MOD.- 14	
	T.D.- 13	
MOD.- 15	1	
T.D.- 14		
MOD.- 16		
	T.D.- 15	1
	MOD.- 17	
	TOTAL	20

Fuente: Elaboración propio tesista

✓ **Longitud del Lateral de Riego**

Se conoce también como línea móvil. Dependiendo de la longitud de la línea móvil, se portará un número determinado de aspersores, sin embargo, mayor longitud implica mayor pérdida de carga por lo que requiere mayor diámetro. Para efectos de diseño se ha considerado una longitud máxima de 75 ml. y portar 03 aspersores, siendo la manguera de P.E. alta densidad y diámetro Ø 1”.

4.2.3.3. Criterios para el diseño de sistema de riego por aspersión en ladera

Espaciamiento entre aspersores

El espaciamiento entre los aspersores del sistema de riego por aspersión del sector de sangobatea, Kiteni; Para efectos de diseño se tomo las siguientes consideraciones:

- a. **Línea de riego de 55.00 m de longitud con 02 aspersores VYR 70 de Ø 3/4”.**
 - Diámetro externo nominal (Dn): 32 mm. Norma NTP ISO 4427-2000 PE 63, PN 6.3

- Diámetro interno: 28 mm.
 - Aspersor: boquilla 3/16" x 1/8" (4.76 mm. x 3.17 mm.)
 - Caudal de salida de aspersor: 0,81 l/s.
 - Número de aspersores: 2
 - Espaciamiento entre aspersores: 21.58 m.
 - Espaciamiento entre líneas de riego: 21.58 m.
- b. Línea de riego de 75 m de longitud con 03 aspersores VYR 35 de Ø 3/4".**
- Diámetro externo nominal (Dn): 32 mm. Norma NTP ISO 4427-2000 PE 63, PN 6.3
 - Diámetro interno: 28 mm.
 - Aspersor: boquilla 11/64" x 3/32" (4.36 mm. x 2.38 mm.)
 - Caudal de salida de aspersor: 0,41 l/s.
 - Número de aspersores: 3
 - Espaciamiento entre aspersores: 20.67 m.
 - Espaciamiento entre líneas de riego: 20.67 m.
- c. Línea de riego de 65 m de longitud con 04 aspersores VYR 26 de Ø 1/2".**
- Diámetro externo nominal (Dn): 32 mm. Norma NTP ISO 4427-2000 PE 63, PN 6.3
 - Diámetro interno: 28 mm.
 - Aspersor: boquilla (3.0 mm. x 2.5 mm.)
 - Caudal de salida de aspersor: 0.24 l/s.
 - Número de aspersores: 4
 - Espaciamiento entre aspersores: 14.00 m.
 - Espaciamiento entre líneas de riego: 14.00 m.

Procedimiento para la elaboración de un proyecto de riego por aspersión.

Primera etapa:

Inventarios de recursos, se ha realizado el aforo de los riachuelos Kasungatiari, Pinchiquiato, Kinkurishiato y Manuntuari en los meses de mayo a diciembre entre los años de 2008 – 2009 cuyo resultado se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 49: Registro de aforo en (m³/s)

Fuente Hidrica	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Rio Kasungatiari	2008					0.151	0.057	0.091					
Rio Pinchiquiato	2008						0.036	0.03	0.03	0.027	0.039	0.107	0.09
	2009					0.119	0.065	0.038					
Rio Kinkurishiato	2008					0.027	0.008	0.008					
Manante manuntuari	2009					0.019	0.003	0.003					

Fuente: Elaboración propio tesista

a. Planos topográficos

- ✓ Área bruta = 581.40 ha
- ✓ Área con aptitud de riego = 247.44 ha
- ✓ Área neta a irrigar = 100.00 ha
- ✓ Tenencias de tierras con riego = 1.85 ha/familia

b. Tipos de suelos

- ✓ El área del proyecto tiene la clase textural, arcilla y franco arcilloso.
- ✓ La capacidad de campo del proyecto está entre 21.60 % - 52.74 %.
- ✓ Punto de marchitez permanente del proyecto está entre 13.38 % - 22.85 %.
- ✓ La profundidad del suelo varía entre 24 cm – 147 cm.
- ✓ La velocidad de infiltración del proyecto varía entre 0.51 cm – 2.89 cm.

c. Cultivo

- ✓ Los tipos de cultivo que se propone para el proyecto son: cultivos perennes (cacao, café, cítricos, plátano, papaya, piña,); cultivos anuales (yuca, maíz duro, sandía, frijol, soya, tomate).
- ✓ calendario agrícola de siembra / plantación y cosecha

Cuadro N° 50: Calendario agrícola de siembra / plantación y cosecha (Sangobatea)

CULTIVO	PERIODO VEGETATIVO DIAS		JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Perennes														
Cacao	365	Plantación												
		Cosecha												
Café	365	Plantación												
		Cosecha												
Cítricos	365	Plantación												
		Cosecha												
Coca	365	Siembra												
		Cosecha												
Platano	365	Siembra												
		Cosecha												
Achiote	365	Siembra												
		Cosecha												
Anuales														
Maíz duro	150	Siembra												
		Cosecha												
Frijol pitipoa	150	Siembra												
		Cosecha												
Frijol	150	Siembra												
		Cosecha												
Yuca	365	Siembra												
		Cosecha												
Sandía	140	Siembra												
		Cosecha												
Tomate	180	Siembra												
		Cosecha												

Leyenda:
 Siembra/Plantación =
 Cosecha =
 Periodo Vejetativo =

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

- ✓ La profundidad efectiva de raíces de cada cultivo es variable. Por efectos de cálculo se asume 0.50m.
- ✓ El coeficiente de cultivo es el factor que indica el grado de desarrollo de los cultivos y está relacionado con la cobertura de suelo del mismo, que es lo que influye en la evapotranspiración. El coeficiente cultivo ponderado que se asume por efectos de cálculo es de 0.98.

d. Agua.

- ✓ El fuente de agua superficial son: (riachuelo Kasungatiari, riachuelo Pinchiquiato, Kinkurishiato y el manante Manuntuari).
- ✓ La localización del fuente hídrica superficial se encuentra dentro del área del proyecto (Sector Sanbobatea).
- ✓ Riachuelo kasungatiari tiene un caudal disponible de 21.00 l/s, Riachuelo Pinchiquiato tiene un caudal disponible de 21 l/s y el riachuelo Kinkurishiato y manante Manuntuari tiene un caudal disponible de 7.00 l/s.
- ✓ La calidad de agua es apta para riego (C1S1).

e. Consideraciones climáticas de la zona del proyecto.

- ✓ Consumo diario de agua 4.20 mm/día.
- ✓ Temperatura media anual 24.67°C
- ✓ Precipitación media anual 1267.64 mm
- ✓ ETP anual 1288.08 mm (max. 120.89 Oct. Y min. 96.06 Feb.)
- ✓ H.R. media mensual 84.29 % (máx.89.61% en Feb. y min. 79.33% en Set.)

Segunda etapa: Cuando se ha obtenido la información necesaria, se procede a proyectar el sistema de riego por aspersión paso a paso, hasta llegar a una solución que adapte a las exigidas.

DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITEMI - DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO

Proyecto de tesis		DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITEMI - DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO									
Sistema		SANGOBATEA									
Sector		KASUNGATIARI, PINCHIQUEATO, TARANGANI									
Módulo											
DESCRIPCION	SIMBOLO	FORMULA	MARGEN DERECHA TIPO DE RIEGO - VYR26	MARGEN DERECHA TIPO DE RIEGO - VYR35	MARGEN DERECHA TIPO DE RIEGO - VYR70	MARGEN IZQUERDO TIPO DE RIEGO - VYR26	MARGEN IZQUERDO TIPO DE RIEGO - VYR 35	MARGEN IZQUERDA TIPO DE RIEGO - VYR 70	MARGEN DERECHA TIPO DE RIEGO - VYR26	MARGEN DERECHA TIPO DE RIEGO - VYR 35	MARGEN DERECHA TIPO DE RIEGO - VYR 70
1.00 DATOS BASICOS:											
1.10 HIDROLOGIA											
Fuente			Kasungatani	Kasungatani	Kasungatani	Pinchiquato	Pinchiquato	Pinchiquato	Tarangani	Tarangani	Tarangani
Caudal disponible en la fuente	Qd		21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	7.00	7.00	7.00
1.20 OPERACIÓN											
Disponibilidad de agua diaria	T		24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Periodo entre Turnos	PI		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.30 AREA A REGAR											
Area de riego actual	Aa		42.86	42.86	42.86	42.86	42.86	42.86	14.28	14.28	14.28
Area de riego a incrementar a futuro	Af										
Area a regar	A		42.86	42.86	42.86	42.86	42.86	42.86	14.28	14.28	14.28
1.40 TECNOLOGIA DE RIEGO											
Método de riego			Aspersión	Aspersión	Aspersión	Aspersión	Aspersión	Aspersión	Aspersión	Aspersión	Aspersión
Eficiencia de aplicación	Ea		76.00	76.00	76.00	76.00	76.00	76.00	76.00	76.00	76.00
2.00 DISEÑO AGRONOMICO	Er		65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
2.10 CARACTERISTICAS DEL CULTIVO											
Cultivo			Cacao	Cacao	Cacao	Cacao	Cacao	Cacao	Cacao	Cacao	Cacao
Profundidad radicular	zr		50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
% del rango de humedad aprovechable	f		40.68	40.68	40.68	28.60	28.60	28.60	29.14	29.14	29.14
Coefficiente del cultivo	Kc		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2.20 CLIMATOLOGIA											
Mes considerado			Agosto	Agosto	Agosto	Agosto	Agosto	Agosto	Agosto	Agosto	Agosto
Numero de días del mes considerado	# día		31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
Evapotranspiración potencial	ETP		108.97	108.97	108.97	108.97	108.97	108.97	108.97	108.97	108.97
Precipitación efectiva al 75% de persistencia	PE75%		22.28	22.28	22.28	22.28	22.28	22.28	22.28	22.28	22.28
Evapotranspiración potencial real	ETR	Kc x ETP	106.92	106.92	106.92	106.92	106.92	106.92	106.92	106.92	106.92
Demanda unitaria neta	Dun	ETR - PE75%	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64
Demanda unitaria bruta	Dub	Dun / Ea	130.22	130.22	130.22	130.22	130.22	130.22	130.22	130.22	130.22
Consumo diario de agua	Cd	Dub / # día	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20
2.30 CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO											
Serie			Kasungatani	Kasungatani	Kasungatani	Pinchiquato	Pinchiquato	Pinchiquato	Tarangani	Tarangani	Tarangani
Horizonte / Clase - Textura / Profundidad 01	Ap	Fr. Arcilloso	80.00	80.00	80.00	70.00	70.00	70.00	24.00	24.00	24.00
Profundidad utilizable del estrato	h1	De acuerdo a zr	80.00	80.00	80.00	70.00	70.00	70.00	24.00	24.00	24.00
Capacidad de Campo	CC1		52.74	52.74	52.74	21.60	21.60	21.60	30.94	30.94	30.94
Punto de marchitez permanente	PMP1		21.21	21.21	21.21	13.79	13.79	13.79	13.38	13.38	13.38
Densidad aparente	sa1		1.12	1.12	1.12	1.41	1.41	1.41	1.09	1.09	1.09
Velocidad de infiltración básica	Vib1	a x T ^b	10.70	10.70	10.70	45.80	45.80	45.80	51.40	51.40	51.40
Horizonte / Clase - Textura / Profundidad 02	C1	Fr. Arcilloso	47.00	47.00	47.00	33.00	33.00	33.00			
Profundidad utilizable del estrato	h2	De acuerdo a zr	47.00	47.00	47.00	33.00	33.00	33.00			
Capacidad de Campo	CC2		37.32	37.32	37.32	30.23	30.23	30.23			
Punto de marchitez permanente	PMP2		17.23	17.23	17.23	17.80	17.80	17.80			
Densidad aparente	sa2		1.11	1.11	1.11	1.13	1.13	1.13			
Velocidad de infiltración básica	Ib2	a x T ^b	9.40	9.40	9.40	5.10	5.10	5.10			
Horizonte / Clase - Textura / Profundidad	Ap	Fr. Arcilloso	127.00	127.00	127.00	103.00	103.00	103.00	24.00	24.00	24.00
Capacidad de Campo	CC		47.03	47.03	47.03	24.36	24.36	24.36	30.94	30.94	30.94
Punto de marchitez permanente	PMP		19.74	19.74	19.74	15.07	15.07	15.07	13.38	13.38	13.38
Densidad aparente	sa		1.12	1.12	1.12	1.32	1.32	1.32	1.09	1.09	1.09
Velocidad de infiltración básica del suelo	Ib		10.22	10.22	10.22	32.76	32.76	32.76	51.40	51.40	51.40
2.40 CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA											
2.41 CALCULO DE LA DOSIS DE RIEGO (LAMINA REQUERIDA)											
Dosis neta de riego	Dn	f x (CC - PMP) x sa x zr / 1,000	61.98	61.98	61.98	17.54	17.54	17.54	27.89	27.89	27.89
Dosis bruta de riego	Db	Dn / Ea	81.55	81.55	81.55	23.08	23.08	23.08	36.70	36.70	36.70
2.42 DOSIS DE RIEGO - LAMINA ASUMIDA											
Factor de operación	K	Asumido	3.00	3.00	3.00	0.90	0.90	0.90	1.19	1.19	1.19
Dosis neta de riego	Dn	Dn / K	20.66	20.66	20.66	19.49	19.49	19.49	23.44	23.44	23.44
Dosis bruta de riego	Db	Dn / Er	27.18	27.18	27.18	25.64	25.64	25.64	30.84	30.84	30.84
2.43 CALCULO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO											
Frecuencia de riego	Fr	Dn / Cd	4.92	4.92	4.92	4.64	4.64	4.64	5.58	5.58	5.58
2.44 CALCULO DEL MODULO DE RIEGO											
Módulo de riego	Mir	Cd x 10,000 / (T x 3,600)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49

2.45	CALCULO DEL AREA REGABLE	Q	Q	20.84	20.84	20.84	20.84	20.84	20.84	6.94	6.94	6.94
	Area a regar	A	Qd / Mr	43.19	43.19	43.19	43.19	43.19	43.19	14.40	14.40	14.40
2.46	VERIFICACION DEL AREA REGABLE			Correcto!								
2.50	BALANCE HIDRICO											
	Oferta mensual	Oferta	Qd x T x 3,60 x # día	56,246	56,246	56,246	56,246	56,246	56,246	18,749	18,749	18,749
	Demanda mensual	Demanda	Dub x 10 x A	55,813	55,813	55,813	55,813	55,813	55,813	18,596	18,596	18,596
	Oferta - Demanda		Oferta - Demanda	433	433	433	433	433	433	153	153	153
2.51	VERIFICACION DEL BALANCE HIDRICO			Correcto!								
3.00	DISEÑO HIDRAULICO											
3.10	SELECCIÓN DEL ASPERSOR											
	Nombre del Aspersor			VYR 26	VYR 35	VYR 70	VYR 26	VYR 35	VYR 70	VYR 26	VYR 35	VYR 70
	Cualidad / Característica			Normal								
	Uso			Agrícola								
	Tipo de Aspersor.			Por su ángulo de Rotación								
	Conexión			Baja	Media	Media	Baja	Media	Media	Baja	Media	Media
				Macho								
				1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	3/4
	Nº Boquillas			1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00
	Boquilla D1			4.00	4.36	4.76	4.00	4.36	4.36	4.00	4.36	4.36
	Boquilla D2				2.38	3.17		2.38	2.38		2.38	2.38
	Boquilla D3											
	Presión Nominal de Trabajo			2.50	3.51	4.90	2.50	3.51	4.90	2.50	3.51	4.90
	Caudal del aspersor	Qasp		878.4	1476	2916	878.4	1476	2916	878.4	1476	2916
		Qasp		0.24	0.41	0.81	0.24	0.41	0.81	0.24	0.41	0.81
	Díametro Mojado	Ø		24.00	30.20	34.10	24.00	30.20	34.10	24.00	30.20	34.10
	Area regada por cada aspersor	Aasp	$\pi \times (Ø/2)^2$	452.39	716.32	913.27	452.39	716.32	913.27	452.39	716.32	913.27
	Marco de aspersión (según disposición de los aspersores)			Cuadrado								
	Distancia entre aspersores	a		14.00	20.67	21.58	14.00	20.67	21.58	14.00	20.67	21.58
	Distancia entre líneas	b		14.00	20.67	21.58	14.00	20.67	21.58	14.00	20.67	21.58
	Area o superficie regada por el marco de a	S	a x b	196.00	427.25	465.70	196.00	427.25	465.70	196.00	427.25	465.70
	Intensidad de precipitación del aspersor	Pasp	Casp / S	4.48	3.45	6.26	4.48	3.45	6.26	4.48	3.45	6.26
3.11	VERIFICACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION			Correcto!								
3.20	CALCULO DE LOS PARAMETROS DE RIEGO			0.39	0.64	0.47						
	Tiempo de aplicación del riego	Tr	Db / Pasp	4.61	5.98	3.30	4.35	5.64	3.11	5.23	6.78	3.74
	Número de posiciones o sectores	N	Fr x T / Tr	26.03	20.07	36.37	27.60	21.27	38.56	27.54	21.23	38.47
	Area regada por módulo o sector	Am	A x 10.000 / N	16,464.51	21,358.94	11,784.21	15,530.02	20,146.66	11,113.37	5,186.12	6,727.81	3,711.88
	Número de aspersores en operación	# asp-op	Am / S	84.00	49.99	25.30	79.23	47.15	23.87	26.46	15.75	7.97
	Número de aspersores por hidrante	# asp-hid		4.00	3.00	2.00	4.00	3.00	2.00	4.00	3.00	2.00
	Número de hidrantes en operación	# hidrantes	# asp-op / # asp-hid	21.00	16.66	12.65	19.81	15.72	11.93	6.61	5.25	3.99
	Caudal requerido por el sistema	Qr	(Casp / 3.600) x # asp-op	20.50	20.50	20.50	19.33	14.69	6.46	6.46	6.46	6.46
3.21	VERIFICACION DEL CAUDAL DE RIEGO			Correcto!								
4.00	RESULTADOS ASUMIDOS											
4.10	PARAMETROS DE RIEGO											
	Frecuencia de riego	Fr	Fr	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00
	# de riegos a aplicar en un mes	# riegos	# día / Fr	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	5.17	5.17	5.17
	Tiempo de aplicación del riego	Tr	Tr	4.61	5.98	3.30	4.35	5.64	3.11	5.23	6.78	3.74
	Tiempo por cambio de posición de los aspersores	Tc	Asumido	0.01	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.14	0.10
	Tiempo total transcurrido entre posiciones	Tt	Tr + Tc	4.62	6.04	3.32	4.36	5.65	3.12	5.24	6.92	3.84
	# de Turnos por día/aspersor	# Turnos	T / Tt	5.20	3.97	7.23	5.51	4.25	7.69	4.58	3.47	6.24
	Número de posiciones o sectores	N	Fr x T / Tr	26.00	20.00	36.00	28.00	21.00	38.00	27.00	21.00	37.00
	Area regada por módulo o sector	Am	A / N	1.65	2.14	1.19	1.53	2.04	1.13	0.53	0.68	0.39
	Número de aspersores en operación	# asp-op	Am x 10.000 / S	84.00	50.00	25.00	78.00	47.00	24.00	26.00	15.00	8.00
	Número de aspersores por hidrante	# asp-hid	asumido	4.00	3.00	2.00	4.00	3.00	2.00	4.00	3.00	2.00
	Número de hidrantes en operación	# hidrantes	# asp-op / # asp-hid	21.00	16.67	12.50	19.50	15.67	12.00	6.50	5.00	4.00
	Caudal requerido por el sistema	Qr	(Casp / 3.600) x # asp-op	20.50	20.50	20.25	19.03	14.69	6.34	6.15	6.48	6.48
4.11	VERIFICACION DEL CAUDAL DE RIEGO			Correcto!								
4.12	AREA REGADA POR #asp-op AJUSTADO											
	Area regada por posición	Ap	S x # asp-op / 10.000	1.65	2.14	1.16	1.53	2.01	1.12	0.51	0.64	0.37
	Area regada por la frecuencia de riego	Afr	Ap x N	42.86	42.86	42.86	42.86	43.12	43.42	14.71	14.41	15.03
4.13	VERIFICACION DEL AREA REGADA POR LA FREC. RIEGO			Correcto!								
4.20	BALANCE HIDRICO											
	Oferta mensual	Oferta	Qd x T x 3,60 x # día	56,246	56,246	56,246	56,246	56,246	56,246	18,749	18,749	18,749
	Demanda mensual	Demanda	Qr x T x 3,60 x # día	54,896	54,907	54,238	50,975	51,613	52,068	16,992	16,472	17,356
	Oferta - Demanda		Oferta - Demanda	1,350	1,339	2,008	5,271	4,633	4,178	1,757	2,277	1,393
4.21	VERIFICACION DEL BALANCE HIDRICO			Correcto!								



DISENO HIDRAULICO DEL ENTUBADO DE LA RED DE DISTRIBUCION

Proyecto de tesis		DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LA ZONA DEL SECTOR SANJOSEATA, KITIENI - DISTRITO DE ECHARATE - CURSOS															
Sistema		SANGOSATEA															
Sector		KABUNGATARI, PINCHICATO, TARANGAN															
Modulo																	
Caudal del aspersor		Q _{asp} = 0.24	0.41	0.81	1.62	PARA TUBERIA Ø = 2" EC. DE HAZEN - WILLIAMS						PARA TUBERIA Ø < 2" EC. DE FAIR - WHIPPLE					
Nº aspersor x hidrante		# asp-hid = 4.00	3.00	2.00	1.25	$Q = 0.2786 C D^{2.63} J^{0.54}$ (m ³ /s)						$Q = 2.8638 D^{2.71} J^{0.57}$ (m ³ /s)					
Caudal del hidrante		Q _{hidrante} = 0.96	1.23	1.62	1.62												
Nº hidrante funcionando		# hidrantes = 2.00	2.00	2.00	2.00												
Caudal requerido del sistema		Q _{sistema} = 1.92	2.46	3.24	3.24												
Coef. Hazen-Williams		C = 150.00	150.00	150.00	150.00	D (m)						D (Pulg.)					
Coef. Hazen-Williams		C = 100.00	100.00	100.00	100.00	J = ΔH / Le (m/m)						J = ΔH / Le (m/m)					
		C = 140.00	30.20	34.10		Hf = J x L (m)						Hf = J x L (m)					
		14.00	20.67	21.58		V = Q / A (m/s)						Q (l/s)					
		14.00	20.67	21.58		A (m ²)											

TRAMO	Lr	Le	Q	COTA RAZANTE		ΔH	PRESION ESTADICA	J	TIPO TUBERIA	Doado	CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERIA						Hf	V	COTA PIEZOMETRICA		PRESION DINAMICA				
				INICIO	FIN						Norma	Clase	INICIO	FIN	INICIO	FIN									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
SISTEMA KABUNGATARI I																									
TOMA D. 1 casungatari GREGORIA YAUJI 0+811.836 1,170.83 21.74																									
A1	H1	73.00	73.00	0.88	1,170.83	1,148.80	22.03	43.79	0.30	PVC	22.17	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.29	0.40	1,182.30	1,182.30	11.47	33.28				
TOMA D. 2 casungatari GREGORIA YAUJI 0+860 1,166.83 26.49																									
B1	H2	58.18	58.18	0.88	1,166.83	1,149.00	17.83	46.32	0.31	PVC	22.10	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.20	0.40	1,182.36	1,182.76	16.12	38.76				
TOMA D. 3 casungatari CRISPIN YAUJI 0+888.785 1,161.64 30.80																									
C1	H3	51.48	51.48	0.88	1,161.64	1,145.00	16.64	47.55	0.32	PVC	21.85	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.18	0.40	1,178.51	1,178.33	16.87	33.38				
MODULO 1 casungatari CRISPIN YAUJI 0+778.708 1,158.06 34.89																									
D1	D2	31.79	31.79	8.12	1,158.06	1,142.89	15.17	50.06	0.48	PVC	45.17	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.82	1.53	1,176.78	1,176.96	18.73	38.07				
D2	D3	47.85	47.85	2.80	1,142.89	1,139.00	3.89	53.94	0.38	PVC	42.08	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	1.00	1.07	1,175.96	1,174.96	33.07	36.88				
D3	H4	12.50	12.50	0.88	1,139.00	1,135.00	4.00	56.94	0.24	PVC	33.34	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.64	0.40	1,174.96	1,174.52	35.96	38.93				
D5	H5	52.50	52.50	1.89	1,135.00	1,107.00	27.93	59.37	0.46	PVC	24.28	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.59	0.70	1,174.36	1,174.27	35.96	37.30				
D2	CRP1	85.47	85.47	6.62	1,142.89	1,100.74	42.15	50.21	0.47	PVC	38.11	NTP-399.002	3	88.50	C-10.0	1.28	1.10	1,176.96	1,174.67	33.07	73.84				
CRP1	D4	45.00	45.00	6.62	1,100.74	1,073.48	27.26	27.26	0.61	PVC	37.15	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.57	1.04	1,100.74	1,100.11	26.88					
D4	H6	102.00	102.00	0.88	1,073.48	1,065.60	6.88	34.14	0.07	PVC	30.15	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.35	0.40	1,100.11	1,099.32	26.88	38.23				
D4	D5	9.22	9.22	4.66	1,073.48	1,065.67	6.81	33.86	0.72	PVC	33.23	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.58	1.87	1,100.11	1,099.52	26.88	32.76				
D5	H7	53.50	53.50	0.88	1,065.67	1,058.00	7.67	36.74	0.06	PVC	31.83	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.18	0.40	1,099.52	1,099.44	32.76	36.44				
D5	CRP2	2.30	2.30	3.87	1,058.00	1,058.00	1.78	36.86	0.72	PVC	30.40	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.08	1.47	1,099.52	1,099.53	32.76	34.43				
CRP2	D6	62.80	62.80	3.87	1,058.00	1,041.00	24.08	24.08	0.48	PVC	33.20	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	1.39	1.47	1,095.08	1,093.10	22.10	22.10				
D6	H8	77.49	77.49	0.88	1,041.00	1,039.70	11.30	35.38	0.16	PVC	26.74	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.27	0.40	1,063.10	1,062.94	22.10	38.14				
D6	D7	13.99	13.99	2.80	1,041.00	1,035.00	6.00	30.08	0.43	PVC	25.92	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.29	1.07	1,063.10	1,062.87	22.10	27.87				
D7	H8	59.50	59.50	0.88	1,035.00	1,029.40	5.60	35.59	0.09	PVC	28.17	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.20	0.40	1,062.87	1,062.51	27.87	38.21				
D7	D8	52.80	52.80	1.89	1,029.40	1,003.40	26.00	37.86	0.51	PVC	24.15	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.54	0.54	1,062.51	1,062.31	27.87	36.84				
D8	H10	5.94	5.94	1.82	1,003.40	1,000.30	3.10	33.28	0.18	PVC	30.81	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.08	0.57	1,052.27	1,052.22	58.96	68.72				
D8	Def1	20.50	20.50		1,003.40	996.36	7.04	68.72	0.34	PVC		NTP-399.002	2	60.00	C-7.5			1,062.27	1,062.27	58.96	66.91				
TOMA D. 4 casungatari CRISPIN YAUJI 0+828.748 1,156.17 37.38																									
CH1	CH2	35.99	35.99	2.80	1,156.17	1,137.00	19.17	55.95	0.45	PVC	25.97	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.84	1.07	1,175.70	1,174.86	20.83	37.86				
CH2	H11	1.34	1.34	0.88	1,137.00	1,136.90	0.10	55.64	0.07	PVC	25.94	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.00	0.40	1,174.86	1,174.85	37.86	37.86				
CH2	H12	58.96	58.96	1.88	1,137.00	1,109.20	27.80	54.55	0.49	PVC	24.25	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.59	0.70	1,174.86	1,174.28	37.86	68.28				
TOMA D. 5 casungatari CRISPIN YAUJI 0+888.74 1,152.16 42.39																									
E1	E2	32.48	32.48	2.80	1,152.16	1,134.50	15.66	58.05	0.48	PVC	25.21	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.68	1.07	1,173.45	1,172.77	23.29	38.27				
E2	H13	4.95	4.95	0.88	1,134.50	1,134.30	0.20	58.25	0.04	PVC	33.57	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.02	0.40	1,172.77	1,172.79	38.27	38.46				
E2	H14	60.25	60.25	1.82	1,134.50	1,109.50	25.00	63.05	0.41	PVC	25.18	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.60	0.70	1,172.77	1,172.17	38.27	62.87				
TOMA D. 6 casungatari CRISPIN YAUJI 1+108.262 1,144.25 48.15																									
I1	H16	32.87	32.87	0.88	1,144.25	1,131.00	13.36	61.55	0.41	PVC	20.86	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.11	0.40	1,169.98	1,169.87	25.63	38.87				
MODULO 2 casungatari FAMILIA BERRANO 1+308.866 1,124.55 18.18																									
F1	F2	26.37	26.37	26.47	1,124.55	1,110.76	13.79	32.84	0.51	PVC	69.74	NTP-399.002	6	188.00	C-7.5	0.27	1.39	1,140.04	1,138.76	15.49	28.00				
F2	H18	41.70	41.70	0.88	1,110.76	1,103.50	7.26	40.20	0.17	PVC	34.82	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.14	0.40	1,139.76	1,139.52	29.00	38.12				
F2	E3	42.37	42.37	26.48	1,110.76	1,082.40	28.36	67.30	0.57	PVC	65.29	NTP-399.002	4	174.00	C-7.5	2.66	2.90	1,139.52	1,137.10	25.00	64.76				
E3	H17	34.40	34.40	1.88	1,082.40	1,079.30	3.10	66.50	0.18	PVC	28.11	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.11	0.57	1,137.10	1,136.85	64.76	68.00				
E3	F4	13.25	13.25	28.37	1,082.40	1,075.30	6.90	68.20	0.52	PVC	68.34	NTP-399.002	4	174.00	C-7.5	0.74	2.74	1,137.10	1,136.27	64.76	60.87				
F4	H18	61.78	61.78	1.82	1,075.30	1,069.00	6.30	74.70	0.11	PVC	33.38	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.61	0.70	1,136.27	1,135.76	60.87	68.78				
F4	F5	45.08	45.08	22.26	1,075.30	1,059.00	16.30	84.70	0.37	PVC	69.97	NTP-399.002	4	174.00	C-10.0	2.48	2.68	1,135.76	1,133.89	60.87	74.68				
F5	F6	25.73	25.73	3.24	1,059.00	1,059.50	0.50	85.20	0.02	PVC	61.45	NTP-399.002	3	88.50	C-10.0	0.14	0.84	1,133.89	1,133.75	74.69	76.28				
F6	H19	5.29	5.29	1.82	1,059.50	1,057.00	1.50	86.70	0.28	PVC	27.23	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.05	0.70	1,133.75	1,133.70	75.25	76.70				
F6	H20	80.10	80.10	1.82	1,059.50	1,035.94	23.16	87.50	0.20	PVC	44.84	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.79	0.70	1,133.75	1,132.96	75.25	76.48				
F6	CRP3	41.13	41.13	18.01	1,059.00	1,034.00	25.00	108.70	0.51	PVC	69.39	NTP-399.002	4	174.00	C-15.0	2.18	2.52								



TRAMO	Lr m	Le m	G %	COTA RAZANTE		AH m	PRESION ESTADICA m	J m/m	TIPO TUBERIA	Doado mm	CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA				Hf m	V m/s	COTA PIEZOMETRICA		PRESION DINAMICA		
				INICIO 1	FIN 2						INICIO 21	FIN 22	INICIO 24	FIN 25							
MODULO 5	casuarina	FRANCISCO FIGUEROA	14800	942.15																	
G1	G2	193.32	193.32	2.71	942.15	907.35	34.20	34.20	0.18	PVC	80.53	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	3.03	2.47	942.15	933.14	25.17	26.17
G2	G3	70.10	70.10	2.21	907.35	901.00	6.35	41.15	0.10	PVC	37.35	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	1.09	0.91	933.12	932.03	25.17	31.08
G3	H87	2.25	2.25	0.88	901.00	888.88	2.12	43.27	0.93	PVC	17.81	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.01	0.40	932.03	932.03	31.03	33.16
G3	H87	87.20	87.20	1.23	901.00	883.50	17.50	58.65	0.20	PVC	26.23	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.46	0.51	932.03	931.57	31.03	48.07
G2	G4	3.88	3.88	16.62	907.35	906.41	1.94	35.74	0.40	PVC	65.47	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	0.15	2.22	933.12	932.97	25.17	26.88
G4	G5	41.00	41.00	2.80	906.41	903.30	3.11	33.95	0.09	PVC	43.25	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.85	1.09	932.97	932.11	26.88	28.81
G5	H88	25.90	25.90	0.88	903.30	899.87	4.43	43.28	0.15	PVC	25.43	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.10	0.40	932.11	932.01	28.81	33.14
G5	H88	85.50	85.50	1.82	903.30	873.00	30.30	85.18	0.44	PVC	34.85	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.61	0.97	932.11	931.50	28.81	58.60
G4	G6	38.20	38.20	16.82	906.41	885.20	21.21	56.95	0.56	PVC	57.85	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	1.12	1.93	932.97	931.85	26.88	46.84
G6	H40	26.30	26.30	1.23	885.20	883.27	1.93	56.88	0.07	PVC	32.48	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.14	0.51	931.85	931.71	46.84	48.44
G6	G7	43.33	43.33	16.88	885.20	867.00	18.20	75.15	0.42	PVC	55.55	NTP-399.002	4	114.00	C-10.0	1.25	1.86	931.85	930.60	46.84	69.90
G7	H41	30.54	30.54	1.82	867.00	863.15	3.85	65.00	0.15	PVC	30.52	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.50	0.70	930.60	929.70	63.90	76.66
G7	G8	57.97	57.97	14.07	867.00	855.20	11.80	76.84	0.31	PVC	40.25	NTP-399.002	4	114.00	C-10.0	0.14	1.85	930.60	929.58	63.90	87.80
G8	H42	35.70	35.70	1.80	855.20	853.35	11.85	86.70	0.32	PVC	25.50	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.35	0.70	930.46	930.11	65.25	75.48
G8	CRP6	1.00	1.00	12.45	855.20	854.50	0.70	75.85	0.05	PVC	45.21	NTP-399.002	4	114.00	C-10.0	0.02	1.45	930.46	930.44	65.25	85.84
CRP6	G9	62.08	62.08	12.45	854.50	842.78	21.74	21.74	0.35	PVC	55.61	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	1.03	1.42	854.50	853.47	20.70	20.70
G9	G10	86.70	86.70	6.08	842.78	829.00	13.78	35.50	0.16	PVC	47.28	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	6.24	2.08	863.47	857.23	20.70	28.23
G10	H43	44.52	44.52	0.88	829.00	823.90	5.10	40.50	0.11	PVC	27.06	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.15	0.40	857.23	857.07	28.23	35.77
G10	G11	58.50	58.50	4.68	829.00	799.00	30.00	65.50	0.51	PVC	34.20	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.43	0.73	857.23	855.68	28.23	67.80
G11	H44	35.80	35.80	1.80	799.00	795.50	3.50	65.00	0.09	PVC	35.31	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.31	0.57	855.68	855.25	57.20	58.88
G11	CRP7	2.30	2.30	2.48	799.00	798.00	1.00	65.50	0.43	PVC	25.24	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.04	1.01	856.80	856.76	57.20	68.78
CRP7	G12	75.93	75.93	2.48	798.00	795.00	3.00	35.00	0.49	PVC	25.55	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	1.52	1.01	798.00	796.48	37.48	37.48
G12	H45	9.06	9.06	1.28	795.00	791.50	3.50	46.50	0.83	PVC	15.68	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.05	0.51	796.48	796.44	37.48	44.94
G12	H45	59.28	59.28	1.25	795.00	748.50	10.50	45.50	0.11	PVC	30.03	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.52	0.51	796.48	795.96	37.48	47.48
G9	G13	27.20	27.20	7.40	842.78	833.83	8.94	30.57	0.33	PVC	47.05	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.59	1.40	863.47	863.20	20.70	28.06
G13	H47	76.80	76.80	0.88	833.83	828.16	5.67	35.34	0.07	PVC	25.61	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.28	0.40	862.87	862.61	29.06	34.46
G13	G14	2.80	2.80	8.42	833.83	832.30	0.93	31.60	0.33	PVC	44.54	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.05	1.21	862.87	862.83	29.06	29.88
G14	H48	32.20	32.20	0.88	832.30	828.28	4.01	36.21	0.14	PVC	25.84	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.11	0.40	862.83	862.72	29.06	34.48
G14	G15	2.75	2.75	0.46	832.30	831.99	0.91	37.12	0.33	PVC	41.94	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.09	1.03	862.83	862.75	29.06	30.80
G15	H48	56.20	56.20	1.82	831.99	795.30	34.29	62.50	0.34	PVC	25.85	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.55	0.89	862.75	861.84	29.06	62.44
G15	CRP8	1.45	1.45	3.83	831.99	831.50	0.45	70.10	0.33	PVC	35.54	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.01	0.72	862.75	862.78	30.80	31.28
CRP8	G16	53.48	53.48	0.88	831.50	803.24	28.27	28.27	0.53	PVC	33.22	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.34	0.72	831.50	831.16	27.82	27.82
G16	H60	25.50	25.50	0.88	803.24	797.20	6.03	34.30	0.34	PVC	43.31	NTP-399.002	4	60.00	C-7.5	0.09	0.40	831.16	831.07	27.82	38.87
G16	G17	45.26	45.26	2.86	803.24	786.28	16.97	45.24	0.38	PVC	31.87	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	1.13	1.17	831.16	830.03	27.82	48.77
G17	H61	41.70	41.70	1.23	786.28	778.05	8.21	53.48	0.20	PVC	26.43	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.22	0.51	830.03	829.81	37.82	61.78
G17	G18	44.56	44.56	1.82	786.28	765.20	17.08	52.30	0.38	PVC	25.65	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.39	0.57	829.81	829.64	43.77	60.44
G18	H62	25.15	25.15	1.82	765.20	762.10	3.10	62.24	0.34	PVC	25.10	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.25	0.51	829.64	829.38	50.44	67.28
G18	CRP9	35.51	35.51	0.88	762.10	750.48	11.62	61.02	0.53	PVC	15.89	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.01	0.42	829.34	829.64	60.44	78.18
SISTEMA PARASUATARI II																					
MODULO 4	Tramo 2 ocaugatari	CARLOS MAYO	14106.188																		
CRP1	CRP2	147.57	147.57	10.84	952.48	877.50	74.99	74.99	0.51	PVC	45.41	NTP-399.002	3	88.50	C-10.0	7.12	2.11	952.48	945.37	67.11	67.87
CRP2	A1	113.15	113.15	10.84	877.50	828.62	48.88	48.88	0.43	PVC	51.09	NTP-399.002	3	88.50	C-10.0	5.48	2.11	877.50	872.04	43.44	43.44
A1	H1	31.70	31.70	1.80	828.62	811.50	17.10	60.00	0.54	PVC	23.85	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.28	0.73	872.04	871.77	43.44	60.27
A1	CRP3	76.82	76.82	6.02	828.62	797.02	31.60	60.48	0.41	PVC	45.48	NTP-399.002	3	88.50	C-10.0	0.73	1.75	828.62	825.87	28.68	28.68
CRP3	A2	67.58	67.58	6.02	797.02	764.50	32.50	32.50	0.47	PVC	47.05	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	2.13	1.70	797.02	794.89	28.67	28.67
A2	H2	52.30	52.30	0.88	764.50	761.50	3.00	35.52	0.07	PVC	30.25	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.18	0.40	794.89	794.71	25.97	33.21
A2	A3	6.77	6.77	0.84	764.50	761.27	3.23	35.75	0.54	PVC	43.89	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.17	1.52	794.89	794.71	25.97	33.44
A3	H3	83.20	83.20	0.88	761.27	755.30	5.97	35.00	0.34	PVC	25.85	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.25	0.40	794.71	794.34	23.44	23.44
A3	A4	28.01	28.01	7.07	755.30	747.50	7.80	45.24	0.48	PVC	42.55	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.75	1.31	794.34	790.97	33.44	43.47
A4	H4	75.00	75.00	1.82	747.50	738.00	9.50	60.00	0.26	PVC	27.74	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.68	0.57	790.97	790.31	43.47	62.31
A4	A5	66.17	66.17	6.45	747.50	740.01	7.49	57.01	0.11	PVC	52.14	NTP-399									

TRAMO	Lr	Le	Q	COTA RAZANTE		ΔH	PRESION ESTADICA	J	TIPO TUBERIA	Doño	CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERIA				Hf	V	COTA PIEZOMETRICA		PRESION DINAMICA		
				INICIO	FIN						Norma	Clase	Inicio	Fin			Inicio	Fin			
INICIO	FIN	m	m	lit/s	m	m	m	m/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m/s	m	m	m	m		
TEMAS FINCHALVADO																					
CRP01	A1	54.70	54.70	2.80	1,154.71	1,154.71		25.21	25.21	0.53	PVC	38.61	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	1.15	1.09	1,154.71	1,153.56	28.08
A1	H01	13.50	13.50	0.88	1,155.50	1,150.00	5.50	34.71	0.41	PVC	30.85	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.05	0.40	1,153.56	1,153.52	28.06	33.82
A1	A2	76.70	76.70	1.82	1,155.50	1,120.00	35.50	34.71	0.46	PVC	34.82	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.87	0.57	1,153.56	1,152.39	28.06	82.88
A2	H02	31.30	31.30	1.82	1,120.00	1,116.00	4.00	66.71	0.13	PVC	32.05	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.27	0.57	1,152.39	1,152.62	62.99	86.82
A2	DESP	2.00	2.00		1,120.00	1,119.50	0.50	66.21	0.25	PVC		NTP-399.002	2	80.00	C-7.5			1,152.62	1,152.89	62.99	88.38
TEMA 12																					
CRP02	B1	53.41	53.41	1.82	1,165.55	1,141.00	24.56	76.81	0.48	PVC	34.45	NTP-399.002	2	80.00	C-10.0	0.53	0.70	1,203.54	1,203.11	37.08	82.11
B1	H03	30.54	30.54	1.82	1,141.00	1,140.00	1.00	77.81	0.03	PVC	42.44	NTP-399.002	2	80.00	C-10.0	0.30	0.70	1,203.11	1,202.81	82.11	82.81
MODULO 8																					
CRP03	C1	86.35	86.35	22.99	1,150.76	1,130.76	19.00	26.99	0.45	PVC	56.80	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	2.80	2.81	1,150.76	1,157.32	23.89	28.89
C1	H04	66.50	66.50	0.88	1,133.43	1,123.56	9.88	26.11	0.14	PVC	35.29	NTP-399.002	4	80.00	C-7.5	0.23	0.20	1,157.32	1,157.16	23.89	33.89
C1	C2	73.24	73.24	21.08	1,133.43	1,106.38	26.95	53.24	0.35	PVC	58.73	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	3.24	2.40	1,157.32	1,154.26	23.89	47.30
C2	H05	70.50	70.50	1.82	1,106.69	1,096.00	10.69	64.12	0.16	PVC	30.85	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.62	0.57	1,154.26	1,153.47	47.20	67.47
C2	CRP04	121.73	121.73	18.48	1,106.69	1,080.06	26.63	110.84	0.38	PVC	55.92	NTP-399.002	4	114.00	C-15.0	6.73	2.58	1,154.26	1,147.36	47.20	87.28
CRP04	C3	2.28	2.28	16.46	1,080.06	1,059.98	20.08	1.08	0.48	PVC	52.99	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	0.09	2.21	1,080.06	1,059.98		1.00
C3	C4	87.65	87.65	12.40	1,059.98	1,022.72	37.26	37.99	0.42	PVC	54.44	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	4.97	2.34	1,059.98	1,056.00	1.00	32.89
C4	H06	34.30	34.30	1.25	1,023.16	1,019.24	3.92	42.84	0.14	PVC	25.29	NTP-399.002	3	80.00	C-7.5	0.18	0.51	1,056.00	1,054.24	23.39	40.84
C4	C5	80.97	80.97	11.17	1,022.12	993.39	28.73	66.57	0.35	PVC	54.18	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	3.79	2.11	1,056.00	1,051.22	32.89	67.83
C5	H07	87.20	87.20	1.82	993.39	988.22	5.17	76.34	0.06	PVC	37.20	NTP-399.002	3	80.00	C-7.5	0.59	0.97	1,051.22	1,050.83	87.83	87.41
C5	CRP05	2.33	2.33	8.65	993.39	993.37	0.02	86.89	0.01	PVC	112.04	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.08	1.80	1,051.22	1,051.13	87.83	87.76
CRP05	C6	127.98	127.98	8.66	993.37	963.57	29.81	25.81	0.23	PVC	55.95	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	4.48	1.80	993.37	968.99		26.30
C6	H08	12.80	12.80	0.88	963.57	956.70	6.87	37.87	0.51	PVC	18.15	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.04	0.40	963.57	968.99	26.30	38.16
C6	C7	54.10	54.10	0.87	963.57	948.84	14.73	42.84	0.31	PVC	35.29	NTP-399.002	3	80.00	C-7.5	1.54	1.84	968.99	967.84	26.30	40.84
C7	H09	12.50	12.50	1.25	946.82	946.00	0.82	48.37	0.15	PVC	28.13	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.07	0.51	967.84	967.28	40.83	42.38
C7	CRP06	15.46	15.46	7.94	946.82	942.15	4.67	61.18	0.24	PVC	50.15	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.42	1.39	967.28	966.93	40.83	44.78
CRP06	C8	2.05	2.05	7.34	942.15	941.81	0.34	61.99	0.19	PVC	52.94	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.04	1.39	942.15	942.15		0.34
C8	H10	94.10	94.10	0.88	941.81	904.00	37.81	38.19	0.40	PVC	30.91	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.32	0.40	942.15	941.83	0.34	37.89
C8	C9	75.01	75.01	0.88	904.00	890.33	13.67	38.29	0.46	PVC	41.25	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	1.24	1.20	942.15	940.91	0.34	36.88
C9	H11	18.00	18.00	0.88	890.33	888.00	2.33	43.15	0.15	PVC	27.92	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.10	0.40	940.91	940.91	26.30	38.34
C9	CRP07	53.76	53.76	6.98	890.33	886.00	4.33	55.81	0.36	PVC	40.87	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.65	1.02	940.91	940.19	36.32	64.19
CRP07	C10	153.25	153.25	6.98	886.00	869.00	17.00	17.00	0.11	PVC	52.14	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	1.66	1.02	886.00	884.14		16.14
C10	H12	74.42	74.42	0.88	869.00	850.00	19.00	36.00	0.26	PVC	22.95	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.25	0.40	884.14	883.89	15.14	33.89
C10	C11	34.53	34.53	4.41	869.00	866.80	2.20	15.20	0.06	PVC	54.16	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.29	0.83	884.14	883.86	15.14	17.05
C11	H13	75.76	75.76	1.25	866.80	856.00	10.80	50.00	0.41	PVC	27.16	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.40	0.51	883.86	883.46	15.14	47.46
C11	CRP8	1.83	1.83	8.18	866.80	866.11	0.69	15.89	0.37	PVC	33.24	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.01	0.50	883.46	883.54	17.05	17.73
CRP8	C12	122.94	122.94	3.18	866.11	826.81	39.31	39.31	0.32	PVC	34.34	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.58	0.50	866.11	866.55		38.74
C12	H14	15.00	15.00	0.88	826.81	826.40	0.41	39.71	0.02	PVC	38.15	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.07	0.40	866.55	866.45	38.74	38.08
C12	CRP9	169.43	169.43	2.21	826.81	785.31	41.50	80.31	0.24	PVC	31.95	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	2.97	0.95	866.55	862.56	38.74	77.27
CRP9	C13	86.24	86.24	2.31	785.31	783.38	1.93	21.93	0.25	PVC	31.31	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	1.34	0.91	785.31	783.97		22.37
C13	H15	39.50	39.50	0.88	783.38	746.20	37.18	40.10	0.46	PVC	32.34	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.14	0.40	783.97	783.83	20.81	38.80
C13	CRP10	73.97	73.97	1.25	783.38	715.33	68.05	89.38	0.54	PVC	20.74	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.39	0.51	783.97	783.55	20.81	87.86
CRP10	C14	133.10	133.10	1.23	715.33	682.15	33.18	33.78	0.25	PVC	25.09	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.70	0.51	715.33	715.23		33.08
C14	H16	6.41	6.41	1.23	682.15	667.10	15.05	48.83	2.35	PVC	15.89	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.03	0.51	715.23	715.19	33.08	48.08
C14	DESP	11.00	11.00		682.15	681.91	0.24	34.01	0.03	PVC		NTP-399.002	2	80.00	C-7.5			715.23	715.23	33.08	38.91
CRP11	H17	123.87	123.87	7.07	1,050.00	1,038.00	12.00	22.00	0.18	PVC	52.45	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	2.48	1.33	1,050.00	1,057.55		15.55
C15	H18	43.10	43.10	2.80	1,038.00	1,025.00	13.00	35.00	0.30	PVC	32.17	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.50	1.09	1,057.55	1,056.88	15.58	31.88
C15	H19	4.50	4.50	0.88	1,025.00	1,023.30	1.70	36.78	0.38	PVC	21.17	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.02	0.40	1,056.88	1,056.66	31.88	33.88
C15	H20	75.40	75.40	1.82	1,025.00	998.40	26.60	81.86	0.35	PVC	28.04	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.86	0.97	1,056.66	1,056.00	31.88	67.82
C15	C17	50.50	50.50	4.47	1,038.00	1,012.70	25.30	47.36	0.50	PVC	35.64	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	2.89	1.84	1,057.55	1,054.69	15.58	41.88
C17	H21	22.50	22.50	1.23	1,012.70	1,007.00	5.70	53.06	0.25	PVC	25.10	NTP-399.002	2	80.00	C-7.5	0.12	0.51	1,054.69	1,054.57	41.88	47.87
C17	C18	61.11	61.11	8.34	1,012.70	979.20	33.50	82.36	0.57	PVC	32.73	NTP-399.002	3	80.00	C-10.0	2.18	1.42	1,054.69	1,052.55	41.88	74



TRAMO		Lr	Le	Q	COTA RAZANTE		H/H	PRESION ESTADICA	J	TIPO TUBERIA	Doado	CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA			Hf	V	COTA PIEZOMETRICA		PRESION DINAMICA		
INICIO 1	FIN 2	m 3	m 4	m/s 5	INICIO 6	FIN 7	m 8	m 9	m/10	11	mm 12	Norma 14	Pulg 16	mm 18	Clase 17	m 20	m/s 21	INICIO 22	FIN 23	INICIO 24	FIN 25
CRP22	E5	100.38	100.38	8.88	751.00	704.27	46.73	46.73	0.47	PVC	35.83	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.03	0.70	751.00	750.26		46.13
E5	H88	5.90		5.90	704.27	701.50	2.77	45.50	0.47	PVC	22.14	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.03	0.51	750.40	750.37	46.13	46.87
E7	E7	44.12	44.12	2.48	704.27	698.38	5.89	52.05	0.12	PVC	38.04	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.84	1.01	750.40	745.36	46.13	50.81
E7	H88	38.41		1.23	698.38	696.50	1.88	54.50	0.06	PVC	35.32	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.20	0.51	745.36	745.36	50.81	62.88
E7	E8	10.21	10.21	1.23	696.50	696.71	0.21	52.29	0.02	PVC	41.11	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.06	0.51	745.36	745.51	50.81	60.78
E8	H46	39.40		1.23	696.71	696.50	0.21	52.50	0.00	PVC	60.21	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.37	0.51	745.51	745.19	50.79	60.98
E8	Def1	36.51	36.51		696.71	696.54	0.17	64.06	0.25	PVC		NTP-399.002	2	60.00	C-7.5			745.51	745.51	50.79	62.67
CRP20	E9	82.23	82.23	14.46	699.11	798.68	40.43	40.43	0.49	PVC	56.88	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	1.80	1.54	839.11	837.31		38.62
E9	E10	8.40	8.40	8.88	798.68	798.30	0.38	40.81	0.02	PVC	60.18	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	0.05	0.75	837.31	837.26	38.62	38.76
E10	H41	20.10	20.10	1.33	798.30	791.18	7.12	47.96	0.37	PVC	33.27	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.11	0.51	837.26	837.18	38.76	46.00
E10	E11	111.10	111.10	6.70	798.30	792.00	6.30	47.11	0.06	PVC	60.78	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	1.50	1.08	837.26	835.76	38.76	43.78
E11	H42	3.20	3.20	1.33	792.00	790.50	1.50	48.61	0.27	PVC	22.16	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.05	0.51	835.76	835.76	38.76	46.38
E11	E12	15.80	15.80	4.47	792.00	791.30	0.70	47.51	0.03	PVC	62.33	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.14	0.54	835.76	835.53	38.76	44.13
E12	H43	70.20	70.20	1.82	791.30	793.00	17.70	70.11	0.33	PVC	25.55	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.61	0.57	835.53	835.01	44.13	38.97
E12	E13	89.10	89.10	2.86	791.50	789.00	2.50	50.11	0.03	PVC	54.27	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	2.22	1.17	835.01	833.41	44.13	44.41
E13	H44	83.90	83.90	1.82	789.00	771.50	17.50	67.61	0.33	PVC	26.48	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.47	0.67	833.41	832.94	44.41	81.44
E13	H46	14.10	14.10	1.23	789.00	788.48	0.52	50.66	0.04	PVC	36.88	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.07	0.51	833.41	833.34	44.41	44.88
E9	CRP23	117.14	117.14	7.62	798.68	772.34	26.44	56.67	0.23	PVC	51.14	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	2.63	1.42	837.31	834.67	38.62	62.43
CRP23	E14	81.96	81.96	7.62	772.34	737.34	34.91	34.91	0.43	PVC	44.88	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	1.84	1.42	772.34	770.40		33.08
E14	E15	74.40	74.40	4.08	737.34	726.50	10.84	45.74	0.15	PVC	44.38	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.54	0.77	770.40	765.86	33.06	43.38
E15	H48	8.16	8.16	1.23	726.50	724.90	1.60	47.34	0.20	PVC	26.48	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.04	0.51	765.86	765.82	43.36	44.82
E15	E16	66.15	66.15	2.86	726.50	717.60	8.90	54.64	0.13	PVC	39.34	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	1.66	1.17	765.86	762.32	43.36	60.82
E16	H47	6.00	6.00	1.23	717.60	717.50	0.10	54.74	0.02	PVC	43.88	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.03	0.51	762.32	762.18	50.82	60.88
E16	H48	63.50	63.50	1.82	717.60	710.20	7.40	62.04	0.12	PVC	32.68	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.56	0.57	762.32	757.66	50.82	67.48
E14	E17	28.86	28.86	3.44	737.34	732.07	5.27	40.17	0.18	PVC	39.67	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	1.02	1.42	770.40	769.38	33.06	37.91
E17	H48	6.15	6.15	0.88	732.07	732.00	0.07	40.24	0.01	PVC	43.21	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.00	0.40	769.38	769.37	37.91	37.97
E17	E18	234.77	234.77	2.48	732.07	723.78	8.30	48.47	0.04	PVC	46.95	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	4.46	1.01	769.38	764.94	37.91	41.16
E18	H50	44.50	44.50	1.23	723.78	719.30	4.48	52.44	0.09	PVC	31.08	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.23	0.51	764.94	764.70	41.16	44.90
E18	H51	79.00	79.00	1.23	723.78	719.30	4.48	62.84	0.05	PVC	34.82	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.41	0.51	764.94	764.52	41.16	44.82
MODULO 8																					
Finchiquat		JUANA MORALES		0+044.882	1,048.91																
CRP-24	F1	31.03	31.03	12.84	1,046.91	1,036.22	11.69	11.69	0.38	PVC	56.44	NTP-399.002	4	114.00	C-7.5	0.56	1.46	1,046.91	1,046.36		11.14
F1	F2	33.30	33.30	4.80	1,036.22	1,032.00	4.22	11.81	0.10	PVC	51.38	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.33	0.91	1,046.36	1,046.03	11.14	14.03
F2	F3	43.90	43.90	2.21	1,032.00	1,012.50	19.50	34.41	0.44	PVC	27.93	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.68	0.91	1,046.03	1,046.38	14.03	32.66
F3	H62	6.00	6.00	0.88	1,012.50	1,012.00	0.50	34.91	0.08	PVC	28.88	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.02	0.40	1,046.38	1,046.33	32.66	33.88
F3	H63	37.30	37.30	1.23	1,012.50	993.00	19.50	53.91	0.52	PVC	21.63	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.20	0.51	1,046.38	1,046.16	32.66	62.16
F4	F4	37.30	37.30	2.80	1,032.00	1,013.30	18.70	32.41	0.19	PVC	35.28	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	2.04	1.07	1,046.03	1,043.95	14.03	30.48
F4	H64	63.90	63.90	1.62	1,013.30	976.20	37.10	70.71	0.58	PVC	23.47	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.56	0.57	1,043.95	1,043.43	30.49	67.23
F4	H66	10.40	10.40	0.88	1,013.30	1,010.00	3.30	36.91	0.34	PVC	21.88	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.04	0.40	1,043.95	1,043.36	30.49	38.86
F1	F5	59.42	59.42	8.04	1,032.00	1,007.91	24.09	38.95	0.46	PVC	45.35	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	1.51	1.51	1,046.38	1,044.88	11.14	38.80
F5	H68	65.00	65.00	1.23	1,007.91	999.00	8.91	47.91	0.13	PVC	48.82	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.36	0.51	1,044.88	1,044.48	36.93	46.48
F5	CRP25	56.51	56.51	6.81	1,007.91	973.33	34.58	78.67	0.61	PVC	40.16	NTP-399.002	3	88.50	C-10.0	1.20	1.38	1,044.88	1,043.66	36.93	70.32
CRP25	F6	73.35	73.35	8.81	973.33	943.38	29.95	29.95	0.40	PVC	43.75	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	1.37	1.25	973.33	971.38		28.18
F6	H67	57.30	57.30	0.88	943.38	938.00	5.38	35.33	0.10	PVC	27.76	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.20	0.40	971.38	971.76	28.16	33.78
F6	F7	54.85	54.85	6.84	943.38	919.38	24.00	53.97	0.45	PVC	40.41	NTP-399.002	3	88.50	C-7.5	0.77	1.10	971.76	971.18	28.16	61.82
F7	H68	67.10	67.10	1.62	919.38	910.00	9.38	63.33	0.14	PVC	31.50	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.59	0.67	971.18	970.60	51.82	60.60
F7	F8	5.91	5.91	4.22	919.38	915.96	3.42	57.37	0.37	PVC	33.85	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.30	0.74	971.18	970.88	51.82	64.92
F8	H69	32.50	32.50	1.62	915.96	910.00	5.96	63.33	0.18	PVC	25.78	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.28	0.57	970.88	970.60	54.92	60.60
F8	CRP26	40.80	40.80	2.80	915.96	893.66	22.30	78.67	0.55	PVC	28.47	NTP-399.002	2	60.00	C-10.0	0.97	1.12	970.60	969.97	54.92	76.26
CRP26	F9	108.04	108.04	2.80	893.66	853.28	40.38	40.38	0.37	PVC	36.75	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	2.26	1.07	893.66	891.40		38.16
F9	H90	10.30	10.30	0.88	853.28	853.20	0.08	40.46	0.00	PVC	52.43	NTP-399.002	2	60.00	C-7.5	0.04	0.40	891.40	891.38	38.16	38.18
F9	F10	64.42	64.42	1.62	853.28																



DISEÑO HIDRAULICO DE LA LINEA DE RIEGO MÓVIL

Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANCOBATEA, KIYENI - DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO
 Sistema: SANGOBATEA
 Sector: KASUNGATIA, FINCHUATO, TARANGAN.
 Módulo:

Aspersor Variable PARA TUBERIACION Ø < 2"
 Presión Pasp = Variablm EC. DE FAIR - WHIPPLE
 Diámetro mojado Ø = Variablm
 Caudal del aspersor Qasp = Variablis $Q = 2.8639 D^{2.11} J^{0.577}$ m³/s
 Dist. Aspersores a = Variablm
 Dist. Líneas b = Variablm
 Long. Línea móvil Lm = Variablm
 Nº aspersores Nasp = Variable
 Caudal del ala Qala = Variablis
 Coef. Hazen-Willia C = 150 (PVC)
 Coef. De descarga m = 1.852

HIDRANTE	L m	Q l/s	Dn mm	Clase	Di mm	V m/s	UBICACIÓN EN LA LINEA DE RIEGO (en m)							PERDIDA DE CARGA EN MANGUERA Y ASPERSORES (en m)							PRESIÓN DINÁMICA EN LOS ASPERSORES (en m)							CHEQUEO							OBSER VAC.
							A60.01	A60.02	A60.03	A60.04	A60.01	A60.02	A60.03	A60.04	A60.01	A60.02	A60.03	A60.04	ΔP	0.2Pasp	Observ.	Pasp	Pf10m	1.2Pasp	Observ.	Veloc.									
H1	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.90	30.37	29.86	29.34	1.55	6.00	Bien	30.00	30.12	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H2	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.41	30.88	30.37	29.85	1.55	6.00	Bien	30.00	30.63	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H3	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.98	30.46	29.94	29.43	1.55	6.00	Bien	30.00	30.20	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H4	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.55	35.04	34.52	34.01	1.55	6.00	Bien	30.00	35.78	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H5	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			61.03	66.81			2.41	10.00	Bien	60.00	69.82	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H6	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.88	30.34	29.82	29.31	1.55	6.00	Bien	30.00	30.08	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H7	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	33.08	32.56	32.04	31.53	1.55	6.00	Bien	30.00	32.30	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H8	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.79	30.26	29.75	29.23	1.55	6.00	Bien	30.00	30.01	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H9	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.88	30.33	29.82	29.30	1.55	6.00	Bien	30.00	30.08	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H10	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			63.58	61.14			2.41	10.00	Bien	60.00	62.34	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H11	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.60	35.08	34.56	34.05	1.55	6.00	Bien	30.00	34.62	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H12	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			60.11	67.70			2.41	10.00	Bien	60.00	66.90	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H13	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.10	35.57	35.05	34.54	1.55	6.00	Bien	30.00	35.32	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H14	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			66.50	64.06			2.41	10.00	Bien	60.00	66.28	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H15	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.52	35.99	35.48	34.96	1.55	6.00	Bien	30.00	35.74	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H16	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	33.77	33.24	32.73	32.21	1.55	6.00	Bien	30.00	32.99	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H17	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			60.90	60.91			2.41	10.00	Bien	60.00	61.71	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H18	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			60.58	60.11			2.41	10.00	Bien	60.00	60.38	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H19	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			70.63	68.11			2.41	12.00	Bien	60.00	69.33	72.00	Bien	Bien	VYR 70								
H20	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			70.28	67.87			2.41	12.00	Bien	60.00	69.08	72.00	Bien	Bien	VYR 70								
H21	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.14	30.62	30.10	29.59	1.55	6.00	Bien	30.00	30.38	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H22	72.35	1.23	32.00	PE100/1	29.00	1.86	31.01	61.69	72.35		2.12	3.40	4.62		46.66	44.36	43.16		2.50	8.00	Bien	40.00	44.40	48.00	Bien	Bien	VYR 35								
H23	72.35	1.23	32.00	PE100/1	29.00	1.86	31.01	61.69	72.35		2.12	3.40	4.62		42.11	40.82	39.61		2.50	8.00	Bien	40.00	40.88	48.00	Bien	Bien	VYR 35								
H24	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			66.02	63.61			2.41	12.00	Bien	60.00	64.81	72.00	Bien	Bien	VYR 70								
H25	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			64.30	61.89			2.41	12.00	Bien	60.00	63.10	72.00	Bien	Bien	VYR 70								
H26	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.87	30.35	29.83	29.32	1.55	6.00	Bien	30.00	30.09	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H27	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.78	36.26	35.74	35.22	1.55	6.00	Bien	30.00	36.00	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H28	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			66.36	63.94			2.41	10.00	Bien	60.00	66.16	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H29	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.70	31.18	30.66	30.15	1.55	6.00	Bien	30.00	30.92	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H30	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	3.83	6.34	0.09	0.09	63.60	61.09	67.34	67.34	6.25	10.00	Bien	60.00	64.84	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H31	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	1.00	1.59	2.06	2.32	30.78	30.22	29.74	29.48	1.29	6.00	Bien	30.00	30.05	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H32	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	1.00	1.59	2.06	2.32	35.84	35.29	34.80	34.35	1.29	6.00	Bien	30.00	35.12	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H33	63.00	0.98	32.00	PE100/1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	1.00	1.59	2.06	2.32	30.33	31.78	31.29	31.04	1.29	6.00	Bien	30.00	31.61	36.00	Bien	Bien	VYR 26								
H34	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			66.00	63.59			2.41	10.00	Bien	60.00	64.79	60.00	Bien	Bien	VYR 70								
H35	63.95	1.62	32.00	PE100/1	29.00	2.46	32.37	63.95	48.00	63.00	4.67	7.08			68.19	66.78			2.41	10.00	Bien	60.00	67.68	60.00	Bien	Bien	VYR 70								



HIDRANTE 1	L m 2	Q l/s 3	Dn mm 4	Clase 5	Di mm 6	V m/s 10	UBICACION EN LA LINEA DE RIEGO (en m)				PERDIDA DE CARGA EN MANGUERA Y ASPERISORES (en m)				PRESION DINAMICA EN LOS ASPERISORES (en m)				CHEGUEO					OBSER VAC. 60			
							Asp.01 11	Asp.02 12	Asp.03 13	Asp.04 14	Asp.01 30	Asp.02 31	Asp.03 32	Asp.04 33	Asp.01 36	Asp.02 37	Asp.03 38	Asp.04 39	ΔP m 42	0.2"Pass m 43	Observ 44	Pass m 45	Pprom m 46		1.2"Pass m 47	Observ 48	Vleco. 49
H36	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.75	30.27	29.75	29.24	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.01	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H37	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		44.46	43.17	41.96		2.50	8.00	Bien!	40.00	43.20	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H38	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.75	30.26	29.75	29.23	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.01	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H39	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			52.35	49.50			2.41	10.00	Bien!	50.00	51.15	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H40	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		44.81	43.54	42.32		2.50	8.00	Bien!	40.00	43.85	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H41	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			70.38	67.97			2.41	10.00	Bien!	50.00	59.17	72.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H42	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			70.25	67.88			2.41	10.00	Bien!	50.00	59.05	72.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H43	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.82	30.30	29.78	29.27	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.04	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H44	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			53.81	51.40			2.41	10.00	Bien!	50.00	52.81	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H45	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		41.32	40.03	38.82		2.50	8.00	Bien!	40.00	40.06	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H46	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		43.55	42.55	41.35		2.50	8.00	Bien!	40.00	42.58	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H47	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	32.10	31.57	31.06	30.54	1.55	6.00	Bien!	30.00	31.32	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H48	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	32.07	31.55	31.03	30.52	1.55	6.00	Bien!	30.00	31.29	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H49	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			56.27	53.86			2.41	10.00	Bien!	50.00	55.07	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H50	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.51	30.99	30.48	29.96	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.74	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H51	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		48.14	46.86	45.64		2.50	8.00	Bien!	40.00	45.89	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H52	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			51.11	48.70			2.41	10.00	Bien!	50.00	53.50	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H53	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	32.10	31.57	31.06	30.54	1.55	6.00	Bien!	30.00	31.32	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H54	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			56.14	53.73			2.41	10.00	Bien!	50.00	54.93	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H55	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		42.21	40.93	39.71		2.50	8.00	Bien!	40.00	40.55	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H56	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			50.98	48.57			2.41	10.00	Bien!	50.00	59.78	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H57	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			51.04	48.63			2.41	10.00	Bien!	50.00	59.63	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H58	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.56	31.04	30.52	30.01	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.76	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H59	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.23	30.71	30.19	29.68	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.45	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H60	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.86	30.33	29.82	29.30	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.08	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H61	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.93	30.41	29.89	29.38	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.15	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H62	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		47.95	46.67	45.45		2.50	8.00	Bien!	40.00	45.69	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H63	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.21	30.68	30.17	29.65	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.43	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H64	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			55.81	53.40			2.41	10.00	Bien!	50.00	58.81	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H65	72.35	1.23	32.00	PE100(1)	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		41.48	40.21	38.99		2.50	8.00	Bien!	40.00	40.23	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H66	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			55.46	53.05			2.41	10.00	Bien!	50.00	54.25	72.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H67	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.55	31.06	30.55	30.03	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.81	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H68	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.30	30.78	30.26	29.75	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.12	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H69	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			56.05	53.64			2.41	10.00	Bien!	50.00	54.87	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H70	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			55.45	53.04			2.41	10.00	Bien!	50.00	58.24	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H71	53.95	1.62	32.00	PE100(1)	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			53.38	50.97			2.41	10.00	Bien!	50.00	52.17	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H72	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	35.55	35.13	34.61	34.10	1.55	6.00	Bien!	30.00	34.67	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H73	63.00	0.98	32.00	PE100(1)	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	63.00	0.85	1.38	1.89	2.41	35.86	35.34	34.83	34.31	1.55	6.00	Bien!	30.00	35.09	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26



HIDRANTE	L m	Q l/s	Dn mm	Clase	Di mm	V m/s	UBICACIÓN EN LA LINEA DE RIEGO (en m)				PERDIDA DE CARGA EN MANGUERA Y ASPERSORES (en m)				PRESION DINAMICA EN LOS ASPERSORES (en m)				CHEGUEO						OBSER VAC.		
							Asp.01 11	Asp.02 12	Asp.03 13	Asp.04 14	Asp.01 20	Asp.02 21	Asp.03 22	Asp.04 23	Asp.01 30	Asp.02 31	Asp.03 32	Asp.04 33	Asp.01 36	Asp.02 37	Asp.03 38	Asp.04 39	ΔP m 42	0.2"Pasop m 43		Observ. 44	Fasop m 45
H01	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.17	30.84	30.13	29.81	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.38	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H02	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			60.45	58.04			2.41	10.00	Bien!	50.00	59.24	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H03	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			55.54	54.23			2.41	10.00	Bien!	50.00	55.43	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H04	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.75	30.27	29.75	29.24	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.01	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H05	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			51.25	48.88			2.41	10.00	Bien!	50.00	50.09	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H06	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		33.95	32.58	31.48		2.50	6.00	Bien!	30.00	32.70	36.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H07	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			55.24	52.93			2.41	10.00	Bien!	50.00	54.03	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H08	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.60	30.27	29.76	29.24	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.02	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H09	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		38.66	37.38	36.16		2.50	7.40	Bien!	37.00	37.40	44.40	Bien!	Bien!	VYR 35
H10	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	35.43	34.95	34.44	33.92	1.55	6.00	Bien!	30.00	34.70	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H11	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	35.68	35.36	34.84	34.33	1.55	6.00	Bien!	30.00	35.10	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H12	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.52	31.01	30.49	29.98	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.75	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H13	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		43.84	42.95	41.34		2.50	8.00	Bien!	40.00	42.57	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H14	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.72	35.21	33.89	35.18	1.55	6.00	Bien!	30.00	35.95	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H15	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.28	35.76	35.24	34.73	1.55	6.00	Bien!	30.00	35.50	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H16	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		44.48	43.19	41.98		2.50	8.00	Bien!	40.00	43.22	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H17	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.01	30.49	29.97	29.46	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.23	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H18	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			51.45	48.04			2.41	10.00	Bien!	50.00	50.24	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H19	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		43.95	42.87	41.48		2.50	8.00	Bien!	40.00	42.69	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H20	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			65.02	65.81			2.41	12.00	Bien!	60.00	67.81	72.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H21	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			63.35	60.94			2.41	12.00	Bien!	60.00	62.14	72.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H22	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	34.86	34.24	33.82	33.31	1.55	6.00	Bien!	30.00	34.08	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H23	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			60.53	58.12			2.41	10.00	Bien!	50.00	59.33	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H24	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	32.10	31.58	31.06	30.55	1.55	6.00	Bien!	30.00	31.32	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H25	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	32.64	32.12	31.60	31.09	1.55	6.00	Bien!	30.00	31.86	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H26	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			57.02	54.81			2.41	10.00	Bien!	50.00	55.62	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H27	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			56.14	53.73			2.41	10.00	Bien!	50.00	54.93	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H28	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	31.34	30.82	30.30	29.79	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.95	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H29	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	30.91	30.38	29.87	29.35	1.55	6.00	Bien!	30.00	30.13	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H30	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35		2.12	3.40	4.62		45.15	47.86	46.65		2.50	8.00	Bien!	40.00	47.89	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35
H31	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	36.77	35.25	33.73	35.22	1.55	6.00	Bien!	30.00	35.99	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H32	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.00	6.54	0.26		58.72	55.18	62.47		6.28	10.00	Bien!	50.00	59.12	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H33	83.00	0.98	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	35.00	45.00	53.00	0.85	1.38	1.89	2.41	34.32	33.79	33.28	32.76	1.55	6.00	Bien!	30.00	33.54	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H34	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			73.20	70.79			2.41	12.00	Bien!	60.00	71.06	72.00	Bien!	Bien!	VYR 70
H35	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			51.42	48.00			2.41	10.00	Bien!	50.00	50.21	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70



HIDRANTE	L m	Q l/s	Dn mm	Clase	Di mm	V m/s	UBICACION EN LA LINEA DE RIEGO (en m)				PERDIDA DE CARGA EN MANGUERA Y ASPERSORES (en m)				PRESION DINAMICA EN LOS ASPERSORES (en m)				CHEGUEO						OBSER. VAC.		
							ASP.01	ASP.02	ASP.03	ASP.04	ASP.01	ASP.02	ASP.03	ASP.04	ASP.01	ASP.02	ASP.03	ASP.04	ASP.01	ASP.02	ASP.03	ASP.04	ΔP m	0.2°Pasp m		Observ.	Pasp m
H38	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	45.25	43.96	42.75	2.50	8.00	Bien!	40.00	43.96	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H39	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	45.24	47.96	46.74	2.50	8.00	Bien!	40.00	47.96	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H40	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	47.08	45.79	44.58	2.50	8.00	Bien!	40.00	45.82	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H41	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	42.38	41.10	39.89	2.50	8.00	Bien!	40.00	41.13	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H42	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	41.63	40.34	39.13	2.50	8.00	Bien!	40.00	40.37	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H43	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		55.94	57.43		2.41	10.00	Bien!	50.00	58.64	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H44	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		55.27	52.86		2.41	10.00	Bien!	50.00	54.05	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H45	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	41.27	39.98	38.77	2.50	8.00	Bien!	40.00	40.01	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H46	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	41.30	40.02	38.80	2.50	8.00	Bien!	40.00	40.04	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H47	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	47.07	45.78	44.57	2.50	8.00	Bien!	40.00	45.81	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H48	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		51.28	48.88		2.41	10.00	Bien!	50.00	50.08	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H49	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	36.01	34.49	33.97	33.46	1.56	6.00	Bien!	30.00	34.25	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H50	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	41.28	40.00	38.79	2.50	8.00	Bien!	40.00	40.02	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H51	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	47.36	46.08	44.86	2.50	8.00	Bien!	40.00	40.04	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H52	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	30.98	30.45	29.94	29.43	1.56	6.00	Bien!	30.00	30.20	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H53	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	48.54	47.25	46.04	2.50	8.00	Bien!	40.00	47.28	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H54	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		61.06	60.66		2.41	10.00	Bien!	50.00	59.86	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H55	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	31.60	31.08	30.56	30.05	1.56	6.00	Bien!	30.00	30.82	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H56	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	41.87	40.58	39.37	2.50	8.00	Bien!	40.00	40.60	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H57	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	31.41	30.88	30.37	29.86	1.56	6.00	Bien!	30.00	30.63	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H58	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		54.43	52.01		2.41	10.00	Bien!	50.00	53.22	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H59	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		54.42	52.01		2.41	10.00	Bien!	50.00	53.22	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H60	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	35.67	35.26	34.77	34.26	1.56	6.00	Bien!	30.00	35.03	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H61	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		55.55	54.14		2.41	10.00	Bien!	50.00	55.35	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H62	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	32.30	31.78	31.26	30.75	1.56	6.00	Bien!	30.00	31.52	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H63	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	48.25	47.97	46.75	2.50	8.00	Bien!	40.00	47.99	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H64	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	36.04	34.52	34.00	33.49	1.56	6.00	Bien!	30.00	34.26	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H65	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	48.24	47.96	46.74	2.50	8.00	Bien!	40.00	47.98	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H66	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	31.61	31.08	30.57	30.06	1.56	6.00	Bien!	30.00	30.83	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H67	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		61.20	59.78		2.41	10.00	Bien!	50.00	59.99	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H68	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	33.38	32.85	32.34	31.83	1.56	6.00	Bien!	30.00	32.60	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H69	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	31.95	31.43	30.92	30.40	1.56	6.00	Bien!	30.00	31.18	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H70	53.95	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	32.37	53.95		4.67	7.08		58.70	56.28		2.41	10.00	Bien!	50.00	57.48	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H71	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	47.68	46.40	45.18	2.50	8.00	Bien!	40.00	46.42	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H72	72.35	1.23	32.00	PE100V1	29.00	1.86	31.01	51.69	72.35	2.12	3.40	4.62	48.03	47.75	46.53	2.50	8.00	Bien!	40.00	47.77	48.00	Bien!	Bien!	VYR 35			
H1	51.69	1.62	32.00	PE100V1	29.00	2.46	31.01	51.69		4.61	6.82		58.03	56.72		2.31	10.00	Bien!	50.00	56.88	60.00	Bien!	Bien!	VYR 70			
H2	97.11	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	32.37	53.95	75.63	97.11	1.27	2.07	2.87	3.66	30.53	31.73	30.93	30.14	2.39	6.00	Bien!	30.00	31.33	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H3	63.00	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	21.00	35.00	48.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	34.98	34.05	33.54	33.02	1.56	6.00	Bien!	30.00	33.80	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26
H4	97.11	0.98	32.00	PE100V1	29.00	1.48	32.37	53.95	75.63	97.11	1.27	2.07	2.87	3.66	36.64	36.83	36.04	34.25	2.39	6.00	Bien!	30.00	36.44	36.00	Bien!	Bien!	VYR 26



HIDRANTE	L m	Q l/s	Dn mm	Clase	Di mm	V m/s	UBICACIÓN EN LA LINEA DE RIEGO (en m)				PERDIDA DE CARGA EN MANGUERA Y ASPERSORES (en m)				PRESION DINAMICA EN LOS ASPERSORES (en m)				CHEGUEO						OBSER VAC.						
							Asp.01	Asp.02	Asp.03	Asp.04	Asp.01	Asp.02	Asp.03	Asp.04	Asp.01	Asp.02	Asp.03	Asp.04	ΔP m	0.2"Pasp m	Observ. m	Pprom m	1.2"Pasp m	Observ. m		Vveic. m					
1	2	3	4	5	6	7	11	12	13	14	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
H8	51.88	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.45	31.01	51.88			4.51	6.92					37.90	55.50				2.31	10.00	Bien	50.00	55.75	60.00	Bien	Bien	VYR 70	
H9	63.00	0.96	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	36.00	45.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	31.33	30.81	30.29	29.78	1.65	6.00	Bien	30.00	33.66	36.00	Bien	Bien	VYR 26				
H10	51.88	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.45	31.01	51.88			4.51	6.92					56.47	54.16				2.31	10.00	Bien	50.00	55.32	60.00	Bien	Bien	VYR 70	
H11	63.00	0.96	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	36.00	45.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	31.20	30.68	30.16	29.65	1.55	6.00	Bien	30.00	30.42	36.00	Bien	Bien	VYR 26				
H12	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.88	72.35		2.12	3.40	4.62		46.16	44.86	43.67		2.90	8.00	Bien	40.00	44.90	48.00	Bien	Bien	VYR 35				
H13	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.88	72.35		2.12	3.40	4.62		41.38	40.07	38.86		2.60	8.00	Bien	40.00	40.09	48.00	Bien	Bien	VYR 35				
H14	63.00	0.96	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	36.00	45.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	30.82	30.29	29.78	29.26	1.65	6.00	Bien	30.00	30.04	36.00	Bien	Bien	VYR 26				
H15	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.88	72.35		2.12	3.40	4.62		41.29	40.01	38.79		2.60	8.00	Bien	40.00	40.03	48.00	Bien	Bien	VYR 35				
H16	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.45	32.37	53.95			4.67	7.08			55.09	52.88			2.41	10.00	Bien	50.00	53.89	60.00	Bien	Bien	VYR 70				
H17	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.88	72.35		1.86	3.20	4.48	0.09	47.59	46.33	45.09	43.44	4.38	8.00	Bien	40.00	47.11	48.00	Bien	Bien	VYR 35				
H18	63.00	0.96	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	36.00	45.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	31.92	31.39	30.88	30.36	1.55	6.00	Bien	30.00	31.14	36.00	Bien	Bien	VYR 26				
H19	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			52.99	50.58			2.41	10.00	Bien	50.00	51.79	60.00	Bien	Bien	VYR 70				
H20	63.00	0.96	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	36.00	45.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	36.41	35.89	35.37	34.86	1.55	6.00	Bien	30.00	35.63	36.00	Bien	Bien	VYR 26				
H21	63.00	0.96	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	36.00	45.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	30.84	30.32	29.80	29.29	1.55	6.00	Bien	30.00	30.05	36.00	Bien	Bien	VYR 26				
H22	72.35	1.23	32.00	PE100/11	29.00	1.86	31.01	51.88	72.35		2.12	3.40	4.62		47.87	46.59	45.37		2.90	8.00	Bien	40.00	46.61	48.00	Bien	Bien	VYR 35				
H23	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			56.77	54.36			2.41	10.00	Bien	50.00	55.57	60.00	Bien	Bien	VYR 70				
H24	53.95	1.62	32.00	PE100/11	29.00	2.46	32.37	53.95			4.67	7.08			53.60	51.19			2.41	10.00	Bien	50.00	52.39	60.00	Bien	Bien	VYR 70				
H 15	63.00	0.96	32.00	PE100/11	29.00	1.48	21.00	36.00	45.00	63.00	0.86	1.38	1.89	2.41	36.93	36.40	34.89	34.37	1.66	6.00	Bien	30.00	35.16	36.00	Bien	Bien	VYR 26				

CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE																	
Proyecto		DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITIENI - DISTRITO DE ECHAR															
Sistema		SANGOBATEA															
Sector		KASUNGATIAR, FINCHIQIATO, TARANGANI.															
Módulo																	
Mod. Elast.de la agua / Mod. Elast. del mat.de la tub.		k = 18.00 (PVC)															
Aceleración de la gravedad		g = 9.81 m/s ²															
TRAMO		CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERIA									Co	To	V	ha	Ect/ha	Ha	T
INICIO	FIN	L	Σ L	Q	Dn	Clase	DI	e									
1	2	m	m	l/s	mm	Tub.	mm	mm		m/s	c	m/s	m	m	m	c	
TOMA D. 1																	
A1	H1	73.00	73.00	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.33	0.40	18.08	43.75	31.25	0.19		
TOMA D. 2																	
B1	H2	58.18	58.18	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.26	0.40	18.08	46.32	28.68	0.17		
TOMA D. 3																	
C1	H3	51.45	51.45	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.23	0.40	18.08	47.55	27.45	0.15		
MODULO 1																	
D1	D2	31.79	31.79	8.12	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.15	1.53	68.54	50.06	24.94	0.40		
D2	D3	47.65	79.44	2.60	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.36	1.07	48.10	53.94	21.06	0.82		
D3	H4	12.50	91.94	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.42	0.40	18.08	56.94	18.06	0.42		
D3	H5	68.80	149.34	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.55	0.70	36.12	65.87	14.13	1.51		
D2	CRP1	89.47	121.26	5.52	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	0.48	1.10	55.91	92.21	7.79	3.48		
CRP1	D4	45.02	45.02	5.52	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.21	1.04	46.62	27.25	47.75	0.20		
D4	H6	102.00	147.02	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.67	0.40	18.08	34.14	40.86	0.29		
D4	D5	5.22	54.34	4.55	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.25	1.37	84.27	33.95	41.14	0.50		
D5	H7	53.50	107.74	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.49	0.40	18.08	36.74	38.26	0.23		
D5	CRP2	2.60	56.74	3.57	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.26	1.47	66.19	35.65	39.35	0.43		
CRP2	D6	52.30	52.30	3.57	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.34	1.47	66.19	34.08	50.92	0.31		
D6	H8	77.49	129.79	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.59	0.40	18.08	35.38	39.62	0.27		
D6	D7	13.99	66.29	2.60	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.30	1.07	48.10	30.08	44.92	0.32		
D7	H9	59.50	111.80	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.51	0.40	18.08	35.68	39.32	0.23		
D7	D8	62.05	114.35	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.52	0.67	30.02	61.88	13.32	1.17		
D8	H10	5.64	119.99	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.54	0.67	30.02	62.58	12.42	1.31		
D8	Def1	20.50	134.95		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.61			68.72	6.28			
TOMA D. 4																	
CR1	CR2	38.99	38.99	2.60	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.18	1.07	48.10	55.55	19.45	0.45		
CR2	H11	1.34	41.33	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.19	0.40	18.08	56.64	19.36	0.18		
CR2	H12	58.68	58.67	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.39	0.70	36.12	84.55	15.45	0.91		
TOMA D. 5																	
E1	E2	32.46	32.46	2.60	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.15	1.07	48.10	58.05	16.95	0.42		
E2	H13	4.95	37.41	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.17	0.40	18.08	58.25	16.75	0.18		
E2	H14	60.26	92.72	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.37	0.70	36.12	83.05	16.95	0.78		
TOMA D. 6																	
F1	H15	32.87	32.87	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.15	0.40	18.08	61.55	13.45	0.20		
MODULO 2																	
F1	F2	26.87	26.87	26.47	168.00	7.50	105.80	6.10	439.23	0.12	1.39	62.16	32.94	42.06	0.18		
F2	H16	41.70	68.57	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.31	0.40	18.08	40.20	34.80	0.16		
F2	E3	42.37	69.34	25.49	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.32	2.90	129.22	61.30	13.70	2.99		
E3	H17	24.40	93.94	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.42	0.67	30.02	65.90	9.10	1.40		
E3	F4	13.25	82.49	23.87	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.38	2.72	121.01	68.20	6.80	6.71		
F4	H18	61.78	144.27	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.57	0.70	36.12	74.70	25.30	0.82		
F4	F5	46.08	127.57	22.25	114.00	10.00	103.20	5.40	499.83	0.51	2.66	135.54	84.70	15.30	4.62		
F5	F6	25.73	153.30	3.24	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	0.81	0.64	32.75	85.20	14.80	1.36		
F6	H19	5.29	158.59	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.63	0.70	36.12	86.70	13.30	1.71		
F6	H20	80.10	233.40	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.92	0.70	36.12	87.20	12.80	2.61		
F6	CRP3	41.13	110.37	19.01	114.00	15.00	96.00	6.00	603.84	0.37	2.62	155.14	106.70	40.30	1.41		
CRP3	F7	9.61	9.61	19.01	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.04	2.16	96.37	8.43	66.57	0.06		
F7	F8	76.50	86.11	2.21	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.39	0.42	18.62	13.00	62.00	0.12		
F8	H21	37.30	123.41	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.56	0.40	18.08	34.15	40.85	0.25		
F8	H22	131.50	217.91	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.99	0.51	22.79	50.50	24.50	0.92		
F7	F9	55.37	84.38	16.81	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.30	1.91	85.19	38.61	36.39	0.70		
F9	H23	60.50	128.48	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.57	0.51	22.79	48.00	27.00	0.48		
F9	F10	44.00	108.98	15.98	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.90	2.94	131.47	86.95	8.05	8.12		
F10	H24	54.90	163.88	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.65	0.70	36.12	78.50	21.50	1.09		
F10	F11	5.01	113.99	13.96	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.52	2.64	117.79	69.92	5.08	12.06		
F11	H25	40.70	154.69	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.61	0.70	36.12	77.00	23.00	0.96		
F11	CRP4	6.00	119.99	12.34	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	0.48	2.45	124.85	72.44	27.56	2.17		
CRP4	F12	28.82	28.82	12.34	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.13	2.33	104.12	9.52	65.48	0.21		
F12	H26	60.80	89.62	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.41	0.40	18.08	39.06	39.94	0.18		
F12	F13	141.83	170.65	11.36	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.78	2.15	95.88	35.31	39.69	1.88		
F13	F14	76.30	246.95	2.60	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	1.13	0.49	21.91	46.55	28.45	0.87		
F14	H27	31.05	278.00	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.26	0.40	18.08	47.95	27.05	0.84		
F14	F15	99.50	346.45	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.57	0.67	30.02	67.55	7.44	6.33		
F15	H28	11.00	357.45	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	1.42	0.70	36.12	72.22	27.78	1.84		

TRAMO		CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA									Co	To	V	ha	Ectáloa	Ha	T
INICIO 1	FIN 2	L m 3	∅ L m 4	Q l/s 5	Qn mm 6	Clase Tub. 7	DI mm 8	e mm 9	Co m/s 10	To c 11							
MODULO 3																	
G1	G2	193.62	193.62	21.73	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.89	2.47	110.13	34.20	40.80	2.39		
G2	G3	70.10	263.72	2.21	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.20	0.91	40.88	41.15	33.85	1.44		
G3	H36	2.29	266.01	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.21	0.40	18.08	43.27	31.73	0.69		
G3	H37	87.20	350.92	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.59	0.51	22.79	38.65	15.35	2.22		
G2	G4	3.88	197.50	19.52	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.90	2.22	98.96	35.74	39.26	2.28		
G4	G5	41.00	238.50	2.80	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.08	1.07	48.10	38.65	36.35	1.43		
G5	H38	29.90	268.40	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.22	0.40	18.08	43.28	31.72	0.69		
G5	H39	69.50	308.00	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.40	0.67	30.02	65.15	5.85	7.16		
G4	G6	39.20	235.70	16.92	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	1.08	1.93	85.79	56.95	18.05	5.12		
G6	H40	26.80	262.50	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.19	0.51	22.79	38.88	16.12	1.88		
G6	G7	43.33	279.03	15.69	114.00	10.00	103.20	5.40	499.83	1.12	1.88	95.60	75.15	24.85	4.30		
G7	H41	90.64	369.87	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	1.46	0.70	36.12	89.00	11.00	4.81		
G7	G8	5.77	284.30	14.07	114.00	10.00	103.20	5.40	499.83	1.14	1.68	85.73	76.95	23.05	4.24		
G8	H42	35.70	314.73	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	1.25	0.70	36.12	86.70	13.20	3.38		
G8	CRP6	1.02	280.05	12.45	114.00	10.00	103.20	5.40	499.83	1.12	1.48	75.86	75.85	24.15	3.52		
CRP6	G9	62.08	62.08	12.45	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.28	1.42	63.13	21.74	53.26	0.34		
G9	G10	86.70	148.78	5.06	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.67	2.08	93.68	36.50	39.50	1.60		
G10	H43	44.62	193.40	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.88	0.40	18.08	40.60	34.40	0.46		
G10	G11	59.90	207.68	4.08	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.95	0.77	34.44	65.50	9.60	3.43		
G11	H44	35.80	243.28	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.10	0.67	30.02	68.00	7.00	4.73		
G11	CRP7	2.20	209.98	2.46	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.95	1.01	45.58	66.50	8.50	5.10		
CRP7	G12	79.93	79.93	2.46	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.36	1.01	45.58	39.00	36.00	0.46		
G12	H46	9.06	88.99	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.40	0.51	22.79	46.50	28.50	0.32		
G12	H45	99.28	175.21	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.81	0.51	22.79	49.50	25.50	0.73		
G9	G13	27.20	85.28	7.40	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.41	1.40	62.44	30.67	44.33	0.57		
G13	H47	76.80	166.08	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.75	0.40	18.08	36.34	38.66	0.36		
G13	G14	2.80	92.08	6.42	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.42	1.21	54.20	31.60	43.40	0.52		
G14	H48	32.20	124.28	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.56	0.40	18.08	36.21	38.79	0.26		
G14	G15	2.79	94.87	5.45	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.43	1.33	45.97	37.12	37.88	0.53		
G15	H49	95.80	191.87	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.87	0.67	30.02	69.61	5.39	4.84		
G15	CRP8	1.49	96.36	3.83	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.44	0.42	32.29	70.10	4.90	2.90		
CRP8	G16	53.48	53.48	3.83	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.34	0.72	32.29	28.27	46.74	0.17		
G16	H50	25.50	78.98	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.36	0.40	18.08	34.30	40.70	0.16		
G16	G17	46.26	98.74	2.65	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.45	1.17	52.61	45.24	29.76	0.79		
G17	H51	41.70	140.44	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.64	0.51	22.79	53.45	21.55	0.67		
G17	G18	44.95	143.69	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.65	0.67	30.02	62.30	12.70	1.54		
G18	H52	29.18	172.97	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.78	0.57	30.02	69.40	5.60	4.20		
G18	DESF	35.51	134.25		60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.53			61.02	18.98			
MODULO 4																	
CRP1	CRP2	147.57	147.57	10.64	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	0.59	2.11	107.66	74.99	25.01	2.54		
CRP2	A1	113.15	113.15	10.64	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	0.45	2.11	107.66	48.90	51.10	0.95		
A1	A1	31.70	144.85	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.86	0.67	30.02	66.00	9.00	2.15		
A1	CRP3	76.82	221.67	9.02	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	0.89	1.79	91.27	80.49	19.52	4.14		
CRP3	A2	67.58	67.58	9.02	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.31	1.70	76.11	32.10	42.90	0.55		
A2	H2	52.30	119.88	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.54	0.40	18.08	38.52	39.49	0.25		
A2	A3	6.77	74.35	8.04	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.34	1.52	67.88	35.75	39.26	0.59		
A3	H3	63.40	137.75	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.82	0.40	18.08	38.00	36.99	0.31		
A3	A4	28.01	102.36	7.07	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.46	2.91	130.93	49.52	25.49	2.38		
A4	H4	75.00	177.36	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.80	0.67	30.02	69.02	5.99	4.03		
A4	A5	66.71	168.53	5.45	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.76	2.24	100.91	57.01	17.99	4.28		
A5	H5	2.00	170.53	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.77	0.51	22.79	57.36	17.65	1.00		
A5	A6	53.28	221.81	4.22	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.88	1.83	94.01	78.02	21.99	3.76		
A6	H6	75.40	297.21	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	1.18	0.70	36.12	82.52	17.49	2.43		
A6	A7	2.61	224.42	2.80	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.89	1.13	97.88	79.02	20.99	2.45		
A7	H7	13.02	234.83	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.93	0.70	36.12	81.02	18.99	1.77		
A7	CRP4	2.92	237.75	0.98	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.94	0.42	21.76	82.52	17.49	1.77		
CRP4	A8	109.28	109.28	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.50	0.40	18.08	33.50	41.50	0.22		
A8	H8	3.43	112.71	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.51	0.40	18.08	34.30	40.70	0.23		
A8	DESF	4.00	113.28		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.51			35.35	39.65			
TOMA D. 7																	
B1	H9	35.11	35.11	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.16	0.40	18.08	62.13	12.87	0.22		
TOMA D. 8																	
C1	H10	44.30	44.30	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.20	0.40	18.08	63.43	11.57	0.31		
MODULO 6																	
CRP5	CRP6	72.39	72.39	19.32	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.33	2.20	97.96	32.95	42.05	0.77		
CRP6	D1	68.54	68.54	19.32	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.31	2.20	97.96	31.52	43.48	0.71		
D1	H11	50.50	119.04	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.54	0.40	18.08	38.03	38.97	0.25		
D1	D2	46.70	114.34	19.35	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.52	2.09	93.01	53.82	21.18	2.30		
D2	H12	13.20	127.44	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.58	0.51	22.79	55.77	19.2			

TRAMO		CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA							Co	To	V	ha	Ectárea	Ha	T
INICIO 1	FIN 2	L m 3	∅ L m 4	Q l/s 5	On mm 6	Clase Tub. 7	DI mm 8	e mm 9	m/s 10	c 11	m/s 12	m 13	m 14	m 16	c 16
YOMA D. 11															
CRP-01	A1	54.70	54.70	2.80	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.25	1.07	48.10	25.21	45.75	0.26
A1	H01	13.50	68.20	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.31	0.40	18.08	34.71	40.23	0.14
A1	A2	75.70	151.40	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.30	0.57	30.02	54.71	10.23	1.74
A2	H02	31.20	162.60	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.74	0.67	30.02	68.71	6.29	3.52
A2	DESF	2.00	133.40		60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.80			65.21	9.79	
YOMA D. 12															
CRP-02	B1	53.41	53.41	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.21	0.70	36.12	76.81	23.19	0.33
B1	H03	30.64	84.05	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.33	0.70	36.12	77.81	22.19	0.54
MODULO 6															
CRP-03	C1	58.26	58.26	22.06	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.27	2.51	111.82	26.89	48.31	0.62
C1	H04	66.60	124.86	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.57	0.40	18.08	36.17	38.83	0.26
C1	C2	75.47	151.73	21.08	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.80	2.40	105.87	53.24	21.75	2.96
C2	H05	70.50	202.23	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.92	0.67	30.02	64.12	10.88	2.53
C2	CRP04	121.73	253.46	19.46	114.00	15.00	98.00	8.00	603.84	0.84	2.59	159.82	110.94	39.06	3.47
CRP04	C3	2.28	2.28	19.46	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.01	2.21	98.66	1.08	73.92	0.01
C3	C4	87.65	89.92	12.40	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.41	2.34	104.63	37.95	37.05	1.16
C4	H06	34.50	124.42	1.23	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.56	0.51	22.79	42.82	32.18	0.40
C4	C5	80.97	170.89	11.17	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.78	2.11	94.24	66.67	8.33	8.83
C5	H07	67.20	238.09	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	1.08	0.67	30.02	70.84	4.16	7.79
C5	CRP05	2.33	173.22	9.55	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.79	1.80	80.57	66.89	8.31	7.67
CRP05	C6	127.98	127.98	9.55	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.58	1.80	80.57	25.81	45.19	1.04
C6	H08	12.80	140.78	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.84	0.40	18.08	37.67	37.33	0.31
C6	C7	54.10	182.08	8.57	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.83	1.62	72.33	46.55	28.45	2.11
C7	H09	12.50	194.58	1.23	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.88	0.51	22.79	48.37	26.63	0.75
C7	CRP06	19.46	201.54	7.34	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.92	1.39	61.95	51.18	23.82	2.39
CRP06	C8	2.05	2.05	7.34	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.01	1.39	61.95	0.38	74.62	0.01
C8	H10	54.70	96.15	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.44	0.40	18.08	36.19	36.81	0.21
C8	C9	75.01	77.06	6.36	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.35	1.20	93.71	36.28	38.72	0.49
C9	H11	19.00	96.06	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.44	0.40	18.08	36.20	36.80	0.22
C9	CRP07	53.75	130.81	5.36	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.60	1.02	45.48	55.81	19.19	1.41
CRP07	C10	153.25	153.25	5.36	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.70	1.02	45.48	17.00	58.00	0.55
C10	H12	74.42	227.87	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	1.03	0.40	18.08	36.00	39.00	0.48
C10	C11	34.53	187.78	4.41	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.86	0.83	37.24	19.20	56.80	0.57
C11	H13	75.78	263.57	1.23	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	1.19	0.51	22.79	50.00	25.00	1.09
C11	CRP8	1.83	189.62	3.18	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.87	0.60	26.86	19.89	55.11	0.42
CRP8	C12	122.94	122.94	3.18	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.56	0.60	26.86	39.31	35.69	0.42
C12	H14	19.00	141.94	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.84	0.40	18.08	39.71	39.29	0.33
C12	CRP9	169.43	292.36	2.21	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	1.16	0.96	49.19	80.81	19.19	2.97
CRP9	C13	86.24	86.24	2.21	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.39	0.91	40.88	21.95	53.05	0.30
C13	H15	39.50	125.74	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.57	0.40	18.08	40.10	34.90	0.30
C13	CRP10	73.91	160.15	1.23	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.73	0.51	22.79	69.38	5.62	2.94
CRP10	C14	133.10	133.10	1.23	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.80	0.51	22.79	33.78	41.22	0.33
C14	H16	6.41	139.51	1.23	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.63	0.51	22.79	48.83	26.17	0.55
C14	Desf	11.00	144.10		60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.85			34.01	40.99	
C9	C15	123.87	126.15	7.07	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.58	1.33	59.64	22.06	52.94	0.65
C15	C16	43.10	169.25	2.60	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.77	1.07	48.10	36.06	39.94	0.92
C15	H17	4.50	173.75	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.79	0.40	18.08	36.76	38.24	0.37
C15	H18	75.40	244.85	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	1.11	0.67	30.02	61.66	13.34	2.50
C15	C17	60.50	176.65	4.47	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.80	1.84	82.62	47.36	27.64	2.40
C17	H19	22.90	195.15	1.23	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.90	0.51	22.79	53.06	21.94	0.94
C17	C18	61.11	237.76	3.24	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.94	1.40	72.34	82.06	17.94	3.79
C18	H20	4.47	242.23	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.96	0.70	36.12	82.79	17.21	2.02
C18	CRP11	116.84	354.60	1.62	60.00	15.00	51.60	4.20	603.12	1.18	0.77	47.63	121.06	28.94	1.94
CRP11	H21	134.78	134.78	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.53	0.70	36.12	70.85	29.15	0.66
MODULO 7															
CRP12	CRP13	280.41	280.41	14.54	114.00	10.00	103.20	5.40	499.83	1.12	1.74	88.58	94.47	5.53	17.88
CRP13	D1	68.33	68.33	14.54	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.31	1.65	73.72	30.00	45.00	0.51
D1	H22	42.90	111.23	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.90	0.40	18.08	36.88	36.12	0.29
D1	D2	108.37	176.70	13.57	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.81	1.54	68.77	61.43	13.57	4.10
D2	H23	62.20	238.90	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	1.08	0.67	30.02	70.88	4.12	7.89
D2	CRP14	95.71	273.41	11.95	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	1.09	2.37	120.90	88.02	11.98	11.03
CRP14	D3	95.62	95.62	11.95	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.44	2.26	100.83	28.51	46.49	0.96
D3	H24	84.00	180.62	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.82	0.40	18.08	36.86	36.14	0.42
D3	D4	21.76	118.37	10.97	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.54	2.07	92.59	41.07	33.93	1.47
D4	H25	18.20	136.57	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.62	0.40	18.08	41.16	33.84	0.33
D4	D5	43.14	161.52	9.95	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.74	1.89	84.35	57.05	17.94	3.47
D5	H26	105.00	266.52	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	1.21	0.67	30.02	71.86	3.14	11.56
D5	D6	21.93	183.04	8.37	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.84	1.58	70.68	67.84	7.16	8.29
D6	H27	34.25	207.29	1.62	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.94	0.67	30.02	70.86	4.14	6.82
D6	CRP15	30.67	213.71	6.75	88.50	10.00	80.10	4.20	500.29	0.85	1.34	68.35	76.88	23.14	2.52
CRP15	D7	55.03	55.03	6.75	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.26	1.28	57.01	15.59	59.42	0.25
D7	H28	78.92	134.95	0.98	60.00	7.50	55.80	2.20	441.33	0.81</					

TRAMO		CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA										Co	To	V	ha	Estación	Ha	T
INICIO	FIN	L	Δ L	Q	Dn	Ciase	Di	e	Co	To	V							
1	2	m	m	l/s	mm	mm	mm	mm	m/s	m	m/s	m	m	m	m	m		
CRP22	E5	100.36	100.36	3.69	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.46	0.70	31.14	46.73	28.27	0.50			
E5	H38	5.30	106.26	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.48	0.51	22.79	45.50	25.90	0.43			
E5	E7	44.72	144.48	2.46	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.65	1.01	45.58	52.05	22.95	1.30			
E7	H39	38.41	182.89	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.83	0.51	22.79	54.50	20.50	0.90			
E7	E8	10.21	154.69	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.70	0.51	22.79	52.29	22.71	0.70			
E8	H40	59.40	214.09	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.97	0.51	22.79	52.50	22.50	0.98			
E8	Dest	36.31	191.00		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.87			54.06	20.94				
CRP20	E9	82.33	82.33	14.45	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.38	1.64	73.23	40.43	34.67	0.60			
E9	E10	5.40	300.53	0.93	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.41	0.75	35.13	40.81	34.39	0.42			
E10	H41	20.10	110.73	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.60	0.51	22.79	47.96	27.04	0.43			
E10	E11	111.10	201.73	5.70	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.92	1.05	48.11	47.11	27.89	1.59			
E11	H42	3.20	204.93	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.93	0.51	22.79	48.81	25.39	0.80			
E11	E12	15.80	217.53	4.47	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.99	0.94	37.73	47.61	27.39	1.37			
E12	H43	70.20	287.73	1.82	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.30	0.67	30.02	70.11	4.89	8.00			
E12	E13	89.10	306.63	2.85	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.38	1.17	52.81	50.11	24.89	2.98			
E13	H44	53.50	350.53	1.82	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.83	0.67	30.02	87.81	7.39	6.84			
E13	H45	14.10	320.73	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.45	0.51	22.79	50.66	24.34	1.36			
E9	CRP23	117.14	199.37	7.52	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.91	1.42	63.44	66.87	8.13	7.09			
CRP23	E14	81.99	281.31	7.52	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	1.28	1.42	63.44	34.91	40.10	2.03			
E14	E15	74.40	355.71	4.08	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	1.62	0.77	34.44	48.74	29.26	1.91			
E15	H46	8.16	363.87	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.65	0.51	22.79	47.34	27.66	1.38			
E15	E16	66.16	421.96	2.85	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.91	1.17	52.81	54.64	20.36	4.96			
E16	H47	6.00	427.96	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.94	0.51	22.79	54.74	20.26	2.18			
E16	H48	63.60	486.36	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	2.20	0.67	30.02	62.04	12.96	5.10			
E14	E17	28.86	310.18	3.44	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.41	1.42	63.67	40.17	34.63	2.57			
E17	H49	6.15	316.33	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.43	0.40	18.08	40.34	34.76	0.75			
E17	E18	234.77	544.95	2.46	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	2.47	1.01	45.58	48.47	26.53	4.24			
E18	H50	44.50	589.45	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	2.67	0.51	22.79	52.44	22.56	2.70			
E18	H51	79.00	623.95	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	2.83	0.51	22.79	52.84	22.36	2.88			
MODULO 8																		
CRP24	F1	31.03	31.03	12.84	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	0.14	1.46	65.11	11.69	63.31	0.15			
F1	F2	33.30	64.33	4.80	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.29	0.91	40.93	14.91	50.09	0.20			
F2	F3	43.50	108.23	2.31	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.49	0.91	40.88	34.41	40.59	0.49			
F3	H52	6.00	114.23	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.52	0.40	18.08	34.91	40.09	0.23			
F3	H53	37.20	145.43	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.66	0.51	22.79	53.91	21.09	0.71			
F3	F4	59.80	181.93	2.80	80.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.73	1.07	48.10	33.41	41.99	0.88			
F4	H54	63.80	225.73	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	1.02	0.67	30.02	70.71	4.29	7.16			
F4	H55	10.40	172.33	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.78	0.40	18.08	38.91	38.09	0.37			
F1	F5	59.42	300.45	8.04	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.41	1.52	67.88	38.99	36.01	0.78			
F5	H56	69.00	359.45	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.72	0.51	22.79	47.91	27.09	0.61			
F5	CRP25	55.61	147.06	6.81	88.50	10.00	80.10	4.20	504.70	0.59	1.35	68.94	73.57	25.43	1.23			
CRP25	F6	73.39	73.39	6.81	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.33	1.29	57.80	25.53	45.47	0.42			
F6	H57	57.30	130.69	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.59	0.40	18.08	35.33	39.67	0.27			
F6	F7	54.89	128.28	5.84	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.59	1.10	48.26	53.97	21.03	1.37			
F7	H58	67.10	195.38	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.69	0.67	30.02	63.33	11.67	2.28			
F7	F8	5.91	134.19	4.22	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.61	1.74	78.12	57.37	17.63	2.89			
F8	H59	32.60	166.69	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.76	0.67	30.02	63.33	11.67	1.94			
F8	CRP26	40.80	174.99	2.80	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.69	1.13	57.88	79.67	20.33	1.97			
CRP26	F9	108.04	108.04	2.80	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.49	1.07	48.10	40.41	34.99	0.68			
F9	H60	10.30	118.34	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.54	0.40	18.08	40.46	34.54	0.28			
F9	F10	64.42	172.46	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.78	0.67	30.02	64.94	10.06	2.33			
F10	H61	12.20	184.66	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.84	0.67	30.02	65.66	9.34	2.69			
F10	Dest	6.77	179.23		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.81			67.06	7.54				
MODULO 10																		
G0	G0	343.45	343.45	13.04	114.00	7.50	105.80	4.10	437.19	1.57	1.48	66.10	15.38	55.62	1.87			
G0	CRP27	109.12	109.12	7.01	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.50	1.32	59.15	65.31	9.69	3.04			
CRP27	G1	78.28	78.28	7.01	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.36	1.32	59.15	32.15	42.86	0.49			
G1	G2	28.30	107.18	2.31	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.49	0.91	40.98	33.31	41.89	0.48			
G2	H62	21.50	128.68	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.58	0.40	18.08	36.73	38.28	0.28			
G2	H63	57.70	184.26	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.74	0.51	22.79	55.15	15.84	0.86			
G1	G3	5.33	83.51	4.80	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.38	0.91	40.93	33.31	41.69	0.37			
G3	H64	67.00	150.81	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.60	0.40	18.08	38.22	35.78	0.35			
G3	G4	57.78	141.39	3.83	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.64	1.58	70.89	55.21	19.79	2.29			
G4	H65	35.20	176.59	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.80	0.51	22.79	57.12	17.88	1.02			
G4	CRP28	237.61	379.00	2.80	60.00	15.00	51.60	4.20	603.12	1.26	1.34	76.32	141.10	8.90	10.78			
CRP28	G5	70.20	70.20	2.80	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.32	1.07	48.10	27.04	53.97	0.28			
G5	H66	56.20	125.40	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.57	0.40	18.08	35.63	39.38	0.26			

TRAMO		CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA							Co m/s	To c	V m/s	ha m	Estatío m	Ha m	T c
INICIO 1	FIN 2	L m	∅ L m	Q l/s	Dn mm	Clase Tub.	DI mm	e mm							
MODULO 14															
C0	C1	124.77	124.77	4.22	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.57	1.74	78.12	75.51	-0.51	-05.82
C1	H5	7.50	132.27	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.60	0.67	30.02	76.63	-1.63	-11.04
C1	CRP3	1.68	126.46	2.60	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.57	1.07	48.10	76.47	-1.47	-18.70
CRP3	C2	78.67	78.67	2.60	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.36	1.07	48.10	34.28	40.72	0.42
C2	H9	6.80	85.47	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.39	0.40	18.08	35.36	39.64	0.18
C2	C3	77.29	155.96	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.71	0.67	30.02	64.49	10.51	2.02
C3	H10	5.80	161.76	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.73	0.67	30.02	64.86	10.14	2.17
C3	Defl	3.25	159.21		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.72			65.17	9.84	
TOMA D. 18															
D1	D2	65.03	65.03	2.21	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.29	0.91	40.88	37.00	38.00	0.32
D2	H11	3.71	68.74	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.31	0.40	18.08	37.37	37.63	0.15
D2	H12	41.32	106.36	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.48	0.51	22.79	53.80	21.20	0.52
MODULO 16															
E1	E2	53.27	53.27	5.06	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.34	2.08	93.68	39.50	39.50	0.64
E2	H13	60.20	103.47	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.47	0.51	22.79	55.70	19.30	0.55
E2	CRP4	8.67	8.67	3.83	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.04	1.58	70.89	42.82	32.18	0.05
CRP4	E3	75.44	85.11	3.83	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.39	1.58	70.89	31.18	43.83	0.62
E3	H14	20.92	106.03	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.48	0.40	18.08	36.53	38.48	0.23
E3	E4	35.55	121.66	2.85	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.55	1.17	52.81	46.95	28.05	1.04
E4	H15	13.50	99.01	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.45	0.51	22.79	48.18	25.83	0.40
E4	E5	47.09	132.20	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.60	0.67	30.02	58.21	16.79	1.07
E5	H16	35.10	167.30	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.76	0.67	30.02	66.18	8.83	2.58
E5	Defl	4.53	136.73		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.62			59.92	15.08	
TOMA D. 14															
F1	H17	65.73	65.73	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.31	0.51	22.79	58.50	16.50	0.43
MODULO 18															
G1	G2	39.88	39.88	3.57	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.18	0.67	30.15	42.98	32.02	0.17
G2	H18	11.30	51.18	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.23	0.40	18.08	43.43	31.57	0.13
G2	G3	35.55	76.43	2.60	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.35	1.07	48.10	64.76	10.24	1.63
G3	H19	21.50	97.93	1.62	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.44	0.67	30.02	68.70	5.30	2.51
G3	CRP5	5.22	81.65	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.37	0.40	18.08	67.30	7.70	0.87
CRP5	G4	78.62	78.62	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.36	0.40	18.08	38.16	38.84	0.17
G4	H20	16.70	96.32	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.43	0.40	18.08	38.09	35.91	0.22
G4	Defl	3.56	82.55		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.37			35.40	35.60	
TOMA D. 16															
G1	H1	114.74	114.74	6.42	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.52	1.21	54.20	23.02	51.98	0.55
H1	H21	33.11	147.85	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.67	0.40	18.08	44.13	30.87	0.38
MODULO 17															
H1	I1	368.08	368.08	5.45	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	1.63	1.03	46.97	37.93	37.07	2.03
I1	CRP6	2.19	2.19	5.45	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.01	1.03	46.97	38.93	36.07	0.01
CRP6	I2	105.10	105.10	5.45	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	0.48	1.03	46.97	43.50	31.50	0.70
I2	H22	40.60	145.70	1.23	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.66	0.51	22.79	53.00	22.00	0.68
I2	I3	6.44	111.54	4.22	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.51	1.74	78.12	57.50	17.50	2.26
I3	H23	42.89	154.43	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.61	0.70	36.12	74.50	25.50	0.87
I3	I4	7.42	118.96	2.60	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.47	1.13	57.88	79.50	20.50	1.33
I4	H24	93.35	212.31	1.62	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.64	0.70	36.12	89.00	11.00	2.76
I4	CRP7	4.43	109.53	0.98	60.00	10.00	54.20	2.90	504.70	0.43	0.42	21.76	82.50	17.50	0.54
CRP7	I5	48.80	48.80	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.22	0.40	18.08	35.50	39.50	0.10
I5	H25	15.30	64.10	0.98	60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.29	0.40	18.08	38.50	36.50	0.14
I5	Defl	8.40	57.20		60.00	7.50	55.60	2.20	441.33	0.26			37.00	38.00	
I1	DEFI	244.38	244.38	5.45	88.50	7.50	82.10	3.20	438.33	1.12	1.03	46.97	43.88	31.12	1.66

4.3. EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE RIEGO

Los indicadores de evaluación económica utilizados para la evaluación del presente proyecto son:

- Valor actual neto (VAN), calculado a una tasa de descuento referidas del 11% que constituye la tasa de interés pasiva promedio anual en soles del sistema bancario.
- Tasa interna de retorno (TIR).
- Relación Beneficio Costo (B/C).

Para el cálculo de estos indicadores se ha determinado la inversión total en infraestructura y los gastos de operación de los 10 años de vida útil del proyecto y los beneficios que el proyecto genera en los 10 años.

Costos

- ✓ Presupuesto del sistema de riego por aspersión en el sector de Sangobatea

Cuadro N° 51: Presupuesto del sistema de riego por aspersión del sector Sangobatea

Item	Descripción	Und.	Metrado	Parcial (S/.)
01	OBRAS PRELIMINARES			286,363.23
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES	GLB	1.00	49,006.05
01.02	CAMPAMENTOS	M2	192.00	35,979.20
01.03	CONTROL DE CALIDAD	ENS	35.00	4,306.20
01.04	TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPO	GLB	1.00	197,071.78
02	SISTEMA DE CAPTACION			142,378.07
02.01	CAPTACION KASUNGATIARI (01 UNIDAD)	UND	1.00	46,531.24
02.02	CAPTACION PINCHQUIATO (01 UNIDAD)	UND	1.00	53,586.43
02.03	CAPTACION MANUNTUARI (01 UNIDAD)	UND	1.00	5,868.77
02.04	CAPTACION KINKURISHIATO (01 UNIDAD)	UND	1.00	5,114.91
02.05	DESARENADOR KASUNGATIARI (01 UNIDAD)	UND	1.00	17,164.52
02.06	DESARENADOR PINCHQUIATO (01 UNIDAD)	UND	1.00	14,112.20
03	OBRAS DE ARTE ESTÁNDAR			120,921.36
03.01	BADEN (01 UND)	UND	1.00	5,561.47
03.02	CANOAS (09 UNDS)	UND	9.00	11,740.85
03.03	MUROS SECOS DE PIEDRA	GLB	1.00	74,333.13
03.04	ACUEDUCTO DE ESTRUCTURA METALICA L =11.0 m	UND	1.00	29,285.91
04	SISTEMA DE CONDUCCION PRESURIZADA			1,248,802.58
04.01	LINEA DE CONDUCCION PRESURIZADA KASUNGATIARI			475,492.15
04.01.01	LINEA KASUNGATIARI - I (MARGEN DERECHA)	KM	1.82	213,502.51
04.01.02	LINEA KASUNGATIARI - II (MARGEN IZQUIERDA)	KM	2.25	261,989.64
04.02	LINEA DE CONDUCCION PRESURIZADA PINCHQUIATO	KM	4.07	531,974.62
04.03	LINEA DE CONDUCCION PRESURIZADA TARANGANI	KM	2.94	241,335.81
05	SISTEMAS DE ASPERSION			1,200,646.34
05.01	SISTEMA DE ASPERSION KASUNGATIARI			407,600.28
05.01.01	KASUNGATIARI - I (MARGEN DERECHA)	UND	9.00	263,203.01
05.01.02	KASUNGATIARI - II (MARGEN IZQUIERDA)	UND	6.00	144,397.27
05.02	SISTEMA DE ASPERSION PINCHQUIATO			634,659.16
05.02.01	TOMA DIRECTA - 11	UND	1.00	10,655.84
05.02.02	TOMA DIRECTA - 12	UND	1.00	6,725.70
05.02.03	MODULO - 06	UND	1.00	149,117.41
05.02.04	MODULO - 07	UND	1.00	94,916.86
05.02.05	MODULO - 08	UND	1.00	190,750.95
05.02.06	MODULO - 09	UND	1.00	62,164.60
05.02.07	MODULO - 10	UND	1.00	70,544.91
05.02.08	MODULO - 11	UND	1.00	49,782.89
05.03	SISTEMA DE ASPERSION TARANGANI			158,386.90
05.03.01	MODULO - 12	UND	1.00	12,047.95
05.03.02	MODULO - 13	UND	1.00	32,510.31
05.03.03	MODULO - 14	UND	1.00	17,227.87
05.03.04	TOMA DIRECTA - 13	UND	1.00	5,667.56
05.03.05	MODULO - 15	UND	1.00	18,477.20
05.03.06	TOMA DIRECTA - 14	UND	1.00	4,082.30
05.03.07	MODULO - 16	UND	1.00	13,549.01
05.03.08	TOMA DIRECTA - 15	UND	1.00	7,492.59
05.03.09	MODULO - 17	UND	1.00	47,332.11
06	OBRAS DE MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL			18,213.44
06.01	RELLENOS SANITARIOS	UND	10.00	1,310.50
06.02	LETRINAS	UND	10.00	6,816.10
06.03	RECUPERACION DEL ENTORNO	M2	500.00	1,425.00
06.04	LIMPIEZA	MES	12.00	8,661.84
	COSTO DIRECTO (CD)			3,017,325.02
	GASTOS GENERALES (GG = 14.55 % CD)			439,020.79
	GASTOS DE SUPERVISION (GS = 3.98 % CD)			120,089.54
	PRESUPUESTO TOTAL (CD + GG + GS)			3,576,435.35

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 52: Costos del proyecto

Descripción	Inversion Estado		Inversion Beneficiarios		Total
	S/.	%	S/.	%	S/.
Expediente Técnico	230,000.00	100.00	-	-	230,000.00
Infraestructura de Riego	3,425,569.10	95.78	150,866.25	4.22	3,576,435.35
Costo Directo	2,866,458.77	95.00	150,866.25	5.00	3,017,325.02
Gastos Generales	439,020.79	100.00	-	-	439,020.79
Gastos de Supervision de Obra	120,089.54	100.00	-	-	120,089.54
Plan de Capacitación	367,468.79	100.00	-	-	367,468.79
Acciones de Mitigación de Impactos	79,535.44	79.90	20,012.55	20.10	99,547.99
Total	4,102,573.33	96.00	170,878.80	4.00	4,273,452.13

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

✓ Inversión por hectárea US\$. 14,244.84

Cuadro N° 53: Costo y valor de producción agrícola

Descripción	Sin proyecto	Con proyecto
Costo de producción	S/. 251,500.81	S/. 342,727.11
Valor de producción	S/. 431,781.82	S/. 1,434,096.96

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Cuadro N° 54: Mano de Obra, actividades agrícolas

Sin proyecto	8,636.0 jornales/año
Con proyecto	12,980.0 jornales/año

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Beneficios del proyecto

Los beneficios incrementales se han deducido sólo considerando la producción agrícola, sin incluir los ingresos por uso de agua. Dichos beneficios se obtendrán a la madurez del proyecto. [Ver cuadro siguiente.](#)

Cuadro N° 55: Beneficios del Proyecto

Detalle del Beneficio	Beneficio sin Proyecto (S/.)	Beneficio con Proyecto (S/.)	Beneficio Incremental (S/.)
Producción agrícola	180,281.01	1,091,369.85	911,088.84

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

Resultados de la evaluación: a Precios Privadas y Sociales

Para la evaluación económica correspondiente se consideran los valores de los siguientes aspectos que se indican:

- Expediente técnico
 - Infraestructura de riego
 - Plan de capacitación
 - Acciones de Mitigación de impactos
 - Operación y Mantenimiento
 - Inversión e instalación de Cultivos (UPF)
- ✓ **Tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto (VAN) a precios privados**

La TIR supera el costo de oportunidad del capital (11%) y siendo favorable el proyecto, significa que el capital que se va a invertir produciría una rentabilidad del 11.27 % Asimismo, el VAN es el valor presente de los beneficios netos que generará el proyecto a lo largo de los 10 años de su vida útil en la que se ha descontado una tasa de interés del 11%. Para el caso del proyecto, el VAN es positivo y mayor a cero, lo que significa que el proyecto es viable, bajo las condiciones comparativas de la tasa referencial. El siguiente cuadro lo ilustra. [Ver Cuadro.](#)

Cuadro N° 56: Tasa interna de retorno y Valor actual neto a precios privados

Indicadores	
VAN al 11 %	S/. 40,117.94
B/C al 11 %	1.01
TIR	11.27%

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

- ✓ **Tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto (VAN) a precios sociales**

La TIR es superior al costo de oportunidad del capital (11%), lo que significa que el capital que se va a invertir en el proyecto producirá una

rentabilidad del 19.61 %. Asimismo, el VAN es el valor presente de los beneficios netos que generará el proyecto a lo largo de su vida útil, en la que se ha descontado a una tasa de interés del 11% y resulta, el VAN mayor a cero, lo que significa que el proyecto es viable, bajo las condiciones comparativas con la tasa referencial. El siguiente cuadro lo ilustra. Ver Cuadro “Flujo de Costos y Beneficios” a precios sociales.

[Ver Cuadro](#)

Cuadro N° 57: Tasa interna de retorno y Valor actual neto a precios sociales

Indicadores	
VAN al 11%	S/. 1,074,802.35
B/C al 11%	1.39
TIR	19.61%

Fuente: Elaboración propio tesista (resultados de cálculo)

4.4. ANALISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO

A. Identificación de los Factores Ambientales Susceptibles de Recibir Impactos

El área de intervención del proyecto presenta un nivel de intervención humana considerable, sin embargo, la ejecución de la obra propuesta supondrá un incremento importante de la presión humana sobre el medio, por la vía de la intensificación de la actividad agrícola, cuyo resultado será una gran homogeneidad del paisaje, incorporando en su dinámica una potenciación de los fenómenos que caracterizan los procesos de degradación de los ecosistemas.

También es necesario mencionar las consecuencias de índole socioeconómico que producirá el proyecto, tales como la generación de empleo temporal y permanente, elevación del nivel de vida y consecuentemente el incremento del Índice de Desarrollo Humano.

Los factores presumiblemente afectados en la fase de construcción como en la fase de funcionamiento se observan en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 58: Factores ambientales que serán afectados por el proyecto en las etapas de construcción y operación y mantenimiento

<i>FACTORES AMBIENTALES</i>	
MEDIO FISICO	Aire
	Agua
	Suelo
	Paisaje
MEDIO BIOLÓGICO	Flora
	Fauna
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Población
	Economía
	Humanos
	Infraestructura

Fuente: Elaboración propio tesista

B. Identificación de Elementos y Acciones que Pueden Causar Impactos

Las acciones que realizará el proyecto en las diferentes fases fueron evaluadas y valoradas de acuerdo a su importancia en el taller efectuado con el equipo técnico del Área de Gestión de Recursos Hídricos de la Municipalidad Distrital de Echarate, los que se pueden observar en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 59: Elementos y Acciones que Pueden Causar Impactos

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	
1	Instalación de los campamentos con todos sus componentes
2	Apertura de camino de acceso
3	Mejoramiento y mantenimiento de caminos de acceso
4	Construcción de los sistemas de captación (Kasungatiari, Pinchiquiato, Tarangani y Manuntuari)
5	Voladura en zonas de roquería
6	Apertura de las zanjas para canal de conducción (Kasungatiari 1 y Kasungatiari 2, Pinchiquiato y Tarangani)
7	Entubado de los canales de conducción (Kasungatiari 1 y Kasungatiari 2, Pinchiquiato y Tarangani)
8	Obras de arte estándar y especiales (desarenador, canoas, vertedor de excedentes)
9	Obras de arte especial (acueductos y muros de contención)
10	Explotación de cantera
11	Transporte de material de cantera (carga y descarga)
12	Instalación del sistemas de aspersión
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
1	Operación del sistema de riego
2	Limpieza y mantenimiento de la infraestructura hidráulica
3	Mantenimiento y limpieza de los caminos de vigilancia
4	Trabajos de conservación y protección de suelos
5	Capacitación en acciones de conservación de la fuente hídrica
6	Capacitación en operación, mantenimiento y fortalecimiento de organizaciones
ETAPA DE CIERRE Y ABANDONO	
1	Recuperación del entorno
2	Limpieza de la zona de emplazamiento de los campamentos

Fuente: Elaboración propio tesista

c. Identificación de Impactos

a. Valoración Cualitativa de Impactos Ambientales

✓ **Matriz de Leopold**

El objetivo de esta valoración es establecer, a través de los factores ambientales, los indicadores capaces de medirlos, la unidad de medida y la magnitud de los mismos, transformando estos valores en magnitudes representativas.

En la descripción de las interacciones se han utilizado los dos atributos de los impactos ambientales (Cuadro N° 60): magnitud e importancia. La magnitud del impacto, que es la dimensión del impacto en términos absolutos, es decir la medida del cambio de valor de un parámetro ambiental en términos cuantitativos, provocada por una acción, está asociado a la extensión e importancia de los impactos. La importancia del impacto, es una valoración que da una ponderación del impacto; expresa la importancia del efecto de una acción sobre un factor ambiental.

Cada celda que presenta un impacto ha sido dividida por un trazo vertical; la parte de la derecha comprendió la cuantificación de los indicadores atribuida a la MAGNITUD del impacto, usando una escala de 1 (menor magnitud) a 10 (mayor magnitud); en donde se ha identificado el impacto positivo con un símbolo “+” y el negativo con un símbolo “-”.

En la parte de la izquierda se ha anotado el valor de la cuantificación de indicadores atribuida a la IMPORTANCIA del impacto, también usando un escala de 1 (menor magnitud) a 10 (mayor magnitud)

El proyecto comprende 2 fases:

La primera corresponde a la etapa de construcción de obras, donde se han identificado realizar 16 actividades, la segunda comprende la etapa de operación y/o funcionamiento de los sistemas de riego, denominado gestión de los sistemas de riego y comprenderá la ejecución de 06 actividades. La ejecución de las diferentes actividades en las distintas fases del proyecto generará impactos significativos en los componentes ambientales como se presenta en el cuadro de matriz de impactos ambientales (Cuadro N° 60).

En el Cuadro N° 60. Matriz de Impactos ambientales (Matriz de Leopold modificada), se expresan valores para las filas y las columnas y permiten realizar una lectura útil, este cuadro de la matriz permite la cuantificación de los niveles de magnitud e importancia en las diferentes fases del proyecto.

Asimismo este cuadro, muestra interacciones en las dos fases del proyecto (construcción y operación). La suma algebraica de las filas y columnas muestran una valoración de la magnitud e importancia del impacto en las dos etapas del proyecto.

En el cuadro la suma de las magnitudes "M", da una valoración relativa del efecto que cada acción producirá en el medio ambiente, por tanto, expresa su agresividad.

La magnitud "M", del impacto varía entre (+) y (-)

La columna "I", indica las incidencias del conjunto sobre cada factor ambiental y por tanto su fragilidad ante las acciones del proyecto.

En la etapa de construcción se observa que la **magnitud** del impacto neto es negativo (-42), pero la **importancia** neta es positiva (+146), la magnitud del impacto neto en la fase de operación y mantenimiento es positivo (+49) así como la importancia es positiva (+106), en la etapa de abandono y cierre la magnitud es positiva (+39 y la importancia es positiva (+10), en total la Magnitud neta del proyecto es positivo (10) al igual que la importancia es positiva(+262), por lo que podemos indicar que el proyecto es ambientalmente viable, que generara impactos negativos y que estos serán mitigados y compensados en la manera que corresponda.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ La presente propuesta de diseño del sistema de riego por aspersión en ladera del sector Sangobatea, se ha elegido por la cuestión de tecnología y social.
- ✓ Con el presente propuesta metodológica del diseño del sistema de riego por aspersión en ladera del Sector Sangobatea, Kiteni, se logrará abastecer de agua con fines de riego para la comunidad de Sangobatea, se considera la inclusión de 100 hectáreas a la actividad agrícola permanente bajo el sistema de riego por aspersión para lo cual se dispondrá de un caudal de 49 l/s. Se ha determinado que la distribución del agua de riego a nivel de todo el proyecto será a flujo continuo, durante las 24 horas del día y una frecuencia de riego de cada 5 días.
- ✓ La propuesta de la cédula de cultivos con proyecto(cultivos perennes/ cacao, café, cítricos, plátano, piña y los cultivos anuales/ yuca, maíz duro, sandia, frijol canario, soya, tomate), se ha formulado en base a criterios, como la racionalidad de los agricultores de la zona, la preferencia de cultivos rentables con proyecto, experiencia de agricultores innovadores, cambios en la tecnología de producción, utilización de variedades mejoradas, hábitos de consumo y demanda de productos en los mercados local, regional e internacional. Con la cedula de cultivo propuesta se incrementa la producción agrícola en la zona de estudio.
- ✓ Con el planteamiento agronómico, hidráulico y obras de arte del sistema de riego por aspersión en ladera, se logrará abastecer de manera optima el uso de agua en las tres sistemas de riego por aspersión, el mismo que permitirá mejorar las condiciones de vida de la población y permitir el uso y manejo eficiente del recurso agua, permitiendo la inclusión de área de riego en 100 hectáreas.

El planteamiento hidráulico del presente estudio está constituido por tres sistemas de riego denominado como sigue:

Primero el sistema Kasungatiari (Kasungatiari – I en margen derecha del riachuelo Kasungatiari, Kasungatiari – II en la margen izquierda del riachuelo Kasungatiari).

Segundo el sistema Pinchiquiato.

Tercer sistema Tarangani.

- ✓ En el sistema de riego por aspersión en ladera, los indicadores de evaluación económica muestran que el VAN es s/. 40,117.94, con TIR de 11.27% y la relación B/C es 1.01, por lo tanto este sistema de riego por aspersión en ladera es rentable, con un presupuesto de s/. 3,576,435.35

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Con el objetivo de darle la sostenibilidad al proyecto se recomienda que en la etapa de inversión se debe hacer las acciones de capacitación en gestión de sistema de riego por un periodo de 03 años. Y las acciones de mitigación de impactos negativos por un periodo de 36 meses.
- ✓ Con la finalidad de conservar la oferta hídrica en la fuente y de esta manera garantizar la sostenibilidad del proyecto se debe tener especial cuidado en la protección de las microcuencas del río Kasungatiari, Pinchiquiato, Manuntuari y Kincurishiato, evitando la tala indiscriminada, las quemadas y la eliminación de la cobertura vegetal del suelo, ya que de no tomar las previsiones del caso se corre el riesgo de que el caudal en la fuente disminuya con el tiempo y las predicciones hechas en el estudio hidrológico no se ajusten a esa realidad futura muy diferente a la actual.
- ✓ Realizar evaluación en la etapa de funcionamiento, para determinar la eficiencia real del sistema de riego por aspersión en ladera del sector Sangobatea, Kiteni.

6. BIBLIOGRAFIA

1. ADIVAN A. (1994) Determinación de régimen de riego de los cultivos. Fascículo 1. CINADCO. Estado de Israel.
2. AGUERO P. (1997) Agua potable para poblaciones rurales. Edición SER.
3. BENITES, C (2001), "Sistemas Hidráulicos de Riego-diseño y construcción" Editorial. UNSA.
4. BOTTEGA, A, HOOGENDAM, P (2004) "Obras de riego para zonas montañosas" Cochabamba-Bolivia Editorial. IEP
5. CALDERON, F, VAN DEN, B (2004) Manual de riego por aspersión en los andes
6. FAO RIEGO Y DRENAJE. (1976),"Las Necesidades de Agua de los Cultivos". Roma 1976, Publicación N° 69
7. FUENTES, Y (2003) "Técnicas de Riego" 4ta Edición. Editorial. MUNDI - PRENSA
8. GERBRANDY, G, HOOGENDAM, P (1998) "Agua y Acequias" los derechos al agua y la gestión campesina en los andes bolivianos. Cochabamba: Editorial. Plural-PEIRAV.
9. GUTIERREZ, P, (2006) "Riego campesino y diseño compartido. Gestión local e intervención en sistemas de riego en Bolivia, Lima": Editorial. IEP (Agua y Sociedad, sección Salir, 5).
10. ISRAESEN, PH. D. (1975), "Principios y prácticos del riego" Editorial. REVERTE, S.A.
11. MONTAÑO, G (2008) "Organización Campesina para riego" Cochabamba-Bolivia. Editorial. PEIRAV – BOLIVIA.
12. OLARTE, H (2002) "Manual Diseño y Gestión de sistemas de Riego por aspersión en Laderas", Proyecto MASAL.
13. SHOLZ, LUTZ. (1980) "Generación de caudales mensuales en la sierra Peruana". Plan Meris II. Cusco.
14. VAZQUEZ, V, NAVARRO, L (1992) El Riego; Principios Básicos
15. VAZQUEZ, V, NAVARRO, L (1997) Manejo de Cuencas Alto andinas. Lima Perú.

16. VERGARA M. (1995) Sistema de Riego para proyectos de pequeña escala en zonas de ladera. INCODER.
17. ZAVALETA, G. (1992) Edafología: El Suelo – relación con la producción 1ra edición CONCYTEC. Lima Perú.

ANEXOS

ANEXO 01: Plan de Capacitación

ANEXO 02: Plan de Reforestación

ANEXO 03: Hidrología

ANEXO 04: Cuadros de la evaluación económica (flujos)

ANEXO 05: Cuadros para el diseño del sistema de riego por aspersión

ANEXO 06: Panel fotográfico

ANEXO 07: Planos

ANEXO 01: PLAN DE CAPACITACION

Anexo 01

Plan de Capacitación

1 Importancia

El proceso de capacitación intenta cambiar, o mejorar ciertos aspectos en las actitudes y el comportamiento de las personas que se está capacitando.

Para este caso, con la implementación del plan de capacitación se espera lograr cambios de actitud, que generen cambios permanentes de comportamiento, en cada uno de los participantes, por medio del conocimiento transmitido y del desarrollo de habilidades.

Se parte de considerar que las actitudes de las personas que serán invitadas a las jornadas de capacitación no es el óptimo en la actualidad, en relación a la conservación de los recursos de la cuenca, lo cual, podría ser mejorado, por medio de la sensibilización que se logre en los talleres de capacitación.

El presente plan de capacitación pretende sensibilizar a los participantes, en las áreas de Conservación de las Fuentes Hídricas, Desastres Naturales, Efectos de la Quema de Coberturas Vegetales y Efectos de la Contaminación, así como también en aquellos temas de importancia que ayuden a mejorar su condición y calidad de vida, junto a sus familias, todo por medio de lograr un manejo adecuado de los recursos de la cuenca.

2 Objetivos del plan de capacitación

2.1 El objetivo general del plan de capacitación es:

Desarrollar capacidades para entender la importancia del efecto de la quema de la cobertura vegetal y desastres naturales, así como de la importancia de la reforestación de las fuentes hídricas y los efectos de la contaminación, mejorando la participación de los usuarios jóvenes e hijos de usuarios en la gestión y conservación del agua a nivel de las organizaciones de regantes.

2.2 Objetivos Específicos

- Lograr capacidades en los participantes para evitar las quemas de bosques y cobertura vegetal y ampliar la cobertura vegetal en el ámbito del proyecto.
- Lograr capacidades en los jóvenes en cuanto a las normas legales existentes en gestión ambiental.
- Lograr que los participantes impulsen en sus organizaciones el manejo adecuado de los suelos.
- Lograr capacidades en los usuarios del proyecto la importancia que tienen los bosques en las cabeceras de cuenca o fuentes hídricas.
- Lograr capacidades en los usuarios frente a la ocurrencia de desastres naturales.

3 Actividades del Plan

El plan de capacitación deberá contener actividades a dos niveles:

3.1 Actividades de Capacitación

Las actividades de capacitación propiamente dichas se realizarán, mediante la organización y realización de cursos talleres y eventos orientados a recrear los conocimientos, habilidades y destrezas específicas relacionados con cada uno de los temas propuestos.

3.2 Actividades de sistematización y retroalimentación

Estas actividades se orientarán a la evaluación, formulación de correctivos y desarrollo de las potencialidades de los usuarios capacitados. Ejes fundamentales de estas actividades deben ser

el logro de acuerdos a futuro entre organizaciones y grupos de la comunidad así como con instituciones presentes en el proyecto.

Los resultados de las actividades de sistematización y retroalimentación serán un insumo fundamental para futuros proyectos en el área de influencia del proyecto, así como la concertación e incorporación de otros actores para el desarrollo.

4 Grupo meta

Como grupo meta se tienen: líderes comunitarios, agricultores, productores, miembros del comité de agua, y otros grupos organizados interesados o involucrados con el desarrollo sostenible, uso y manejo de los recursos naturales, y principalmente del recurso hídrico.

Para la selección de beneficiarios de las capacitaciones es importante tomar en cuenta los aspectos siguientes:

Que haya representación de grupos organizados, de mujeres, hombres, jóvenes, niños/as interesados en aspectos específicos del manejo y conservación de los recursos naturales u otras actividades de la cuenca.

Dar prioridad a líderes comunitarios con interés, iniciativa y motivación por los recursos naturales, y que además muestren una apertura a la capacitación.

5 Recursos para la ejecución

- Infraestructura física: Local y mobiliario apropiados
- Infraestructura técnica: Equipos de apoyo para las actividades de capacitación: retroproyector, pizarras, papelógrafos, equipos de difusión para las actividades de comunicación/difusión etc.
- Equipo de apoyo; Alimentación, materiales de escritorio, etc.
- Equipo humano: Capacitadores y/o facilitadores principalmente profesionales Biólogo, Ing. Ambiental o Profesional a fin, capaces de emprender el proceso de acuerdo a los enunciados pedagógicos, metodológicos y estratégicos.
- Participantes y organizaciones abiertos e interesados en la ejecución del plan de capacitación.
- Sustento político: instituciones, organizaciones y bases comprometidas con la ejecución del plan.

5.1 Desagregado de Recursos Financieros para Talleres
COSTO DE TALLERES DE CAPACITACION
PROYECTO. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR DE SANGOBATEA

Número de uruarios del Proyecto	54
Número de Participantes por taller	50
Número de talleres por tema	2
Temas de capacitación	1
Número de exponentes	1
Número de Comités de Riego	1
Número de Integrantes del comité de riego	9
Total de Integrantes	9

MATERIALES DE ENSEÑANZA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO POR TALLER S/.	Nº DE EVENTOS	TOTAL S/.
Lapiceros	Unid.	50.00	0.50	25.00	2	50.00
Carpetas (folder A4)	Unid.	50.00	3.00	150.00	2	300.00
Papel Bond A – 4	Ciento	150.00	0.10	15.00	2	30.00
Plumones gruesos Rojo-Azul-Negro	Unid.	6.00	2.50	15.00	2	30.00
Papel Kraft	Unid.	13.00	0.50	6.50	2	13.00
Cinta Maskin	Unid.	6.00	3.50	21.00	2	42.00
Fotocopia	Unid.	150.00	0.10	15.00	2	30.00
Combustible (transporte de capacitadores)	Gln	10.00	10.10	101.00	2	202.00
TOTAL				348.50		697.00

ALIMENTACION

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	SUB TOTAL (Veces al día)	COSTO UNITARIO S/.	COSTO POR TALLER S/.	Nº DE EVENTOS	TOTAL S/.
Almuerzo	Und.	50.00	2.00	5.00	500.00	2	1,000.00
Refrigerio	Und.	50.00	3.00	4.00	600.00	2	1,200.00
TOTAL					1,100.00		2,200.00

MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO POR TALLER S/.	Nº DE EVENTOS	TOTAL S/.
Manuales de Módulos (mitigación)	Und.	9	15.00	135.00	2	135.00
Rotafolios	Und.	1	11.00	11.00	2	11.00
Equipo Data display (alquiler)	Día	1	20.00	20.00	2	40.00
Cámara digital (alquiler)	Día	1	20.00	20.00	2	40.00
TOTAL				186.00		226.00

PERSONAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	COSTO POR TALLER S/.	Nº DE EVENTOS	TOTAL S/.
Pago por honorarios a exponente (incluye computador, pasajes, alimentación y estadía)	Global	1	600.00	600.00	2	1,200.00
Chofer (transporte de personal)	HH	2	6.91	13.82	2	27.64
TOTAL				613.82		1,227.64

PRESUPUESTO ANALITICO

DESCRIPCION				COSTO POR TALLER S/.	Nº DE EVENTOS	TOTAL S/.
Materiales de enseñanza				348.50	2	697.00
Alimentación				1,100.00	2	2,200.00
Materiales				186.00	2	372.00
Personal				613.82	2	1,227.64
TOTAL				2,248.32		4,496.64

6 Estructura Programática

El Plan contiene 09 unidades didácticas que permiten dar uniformidad a los temas para facilitar la ejecución de los talleres.

Los talleres son indispensables para ser y dar continuidad al desarrollo auto gestionado.

Taller 1:
Sensibilización en efectos de quema de la cobertura vegetal y desastres naturales

Objetivos:

Formar conciencia en los usuarios sobre los efectos de la quema y actitudes frente a desastres naturales.

Capacitación de la comunidad

Estructura:

El Taller 1 se compone de 5 unidades didácticas:

- 1.1 Marco Legal en cuanto a quema de las coberturas vegetales.
- 1.2 Importancia de la cobertura vegetal.
- 1.3 Efectos de la quema de la cobertura vegetal al medio ambiente y salud humana.
- 1.4 Principales desastres naturales (sequia, huaycos).
- 1.5 Acciones preventivas y acciones post desastres naturales (Formación de brigadas frente a desastres naturales).

Taller 2:

Importancia de la reforestación de la cabecera de cuenca de las fuentes hídricas y efectos de la contaminación

Objetivos:

Formación conciencia en los usuarios la importancia que tiene la conservación de las fuentes hídricas y evitar la contaminación.

Capacitación de la Comunidad

Estructura:

El Taller 2 se compone de 4 unidades didácticas:

- 1.1 Marco legal respecto a medio ambiente: Ley del Medio Ambiente, Ley Forestal, etc. (Metodología sugerida), (método de evaluación sugerida)
- 1.2 Importancia de los bosques en la generación de agua y conservación de suelos.
- 1.3 Principales fuentes de contaminación (aguas residuales y residuos sólidos).
- 1.4 Efectos de la contaminación al medio ambiente y salud humana.

7 Metodologías de enseñanza – aprendizaje

Los métodos, técnicas, procedimientos y estrategias a emplear, juegan un papel determinante para que los contenidos temáticos del plan de capacitación logren cumplir los objetivos propuestos.

Dado que la población a capacitar está conformada principalmente de adultos, se deben emplear metodologías adecuadas, a fin de lograr la mayor y mejor participación del grupo. Por esta razón es importante recordar algunos aspectos:

La capacitación de adultos es, en la mayoría de casos, de tipo voluntario, por lo que se requiere de una alta motivación o expectativas de beneficios.

La capacitación y las técnicas empleadas, deben estar centradas en la utilidad y aplicabilidad en la vida cotidiana del capacitando.

Las técnicas sugeridas son las siguientes:

Exposición o charla dialogada, cuando se quiera introducir un tema nuevo o previo a la realización de una actividad grupal

Estudio de caso. Este debe emplearse considerando los conocimientos y experiencias previas de los participantes, los objetivos que éste desea y el tiempo disponible para realizarlo.

Foro. Generalmente se realiza a continuación de una actividad de interés general observada por los participantes, como por ejemplo una película o vídeo, una mesa redonda, una conferencia, o luego de aplicar técnicas grupales.

Discusión libre. A ser usada de preferencia con subgrupos, se emplea para conversar de manera cooperativa sobre un tema particular y sacar conclusiones y recomendaciones.

Plenario. Utilizado para exponer conclusiones una vez que se ha realizado el trabajo en subgrupos.

Juego de roles. Se usa para ensayar o anticipar soluciones a determinados problemas, o para analizar decisiones tomadas previamente.

Lluvia de ideas. De utilidad para realizar un diagnóstico sobre lo que el grupo conoce o piensa sobre un tema determinado.

Excursiones, giras o visitas. Empleada para conocer críticamente realidades diferentes y compararlas con las propias.

Panel, simposio, mesa redonda, seminario y debate. Empleadas cuando se requiera que algunos participantes o invitados se refieran a un tema en particular

Intercambio de experiencias. Realizada con grupos que han trabajado temas similares, y el objetivo es presentar y conocer la experiencia vivida de los grupos participantes.

Los temas que se impartirán en las capacitaciones serán desarrollados en jornadas de 6 a 8 horas, con un número máximo de 50 participantes a quienes se les debe tomar asistencia y posteriormente evaluarlos sobre los temas capacitados, el cual queda abierto al especialista.

ANEXO 02: PLAN DE REFORESTACION

ANEXO 02

PLAN DE REFORESTACIÓN

1. Establecimiento de la plantación

Se relacionan las actividades requeridas para llevar a cabo las labores de reforestación y mantenimiento el primer año.

Mano de obra. En esta se considera el aporte de la mano de obra de los usuarios en la etapa de apertura de hoyos, plantación y mantenimiento de los plantones.

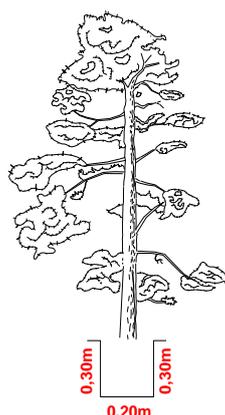
Preparación del terreno. Para esta labor se debe realizar la eliminación de rastrojos y malezas con el fin de evitar la competencia biológica con los plantones.

Los restos vegetales que se extraigan producto de la limpieza deberán ser incorporados en el fondo del hoyo destinado para el plantón de tal forma que estos abonen el sustrato.

Trazado. Se debe efectuar de acuerdo a las condiciones morfológicas del terreno.

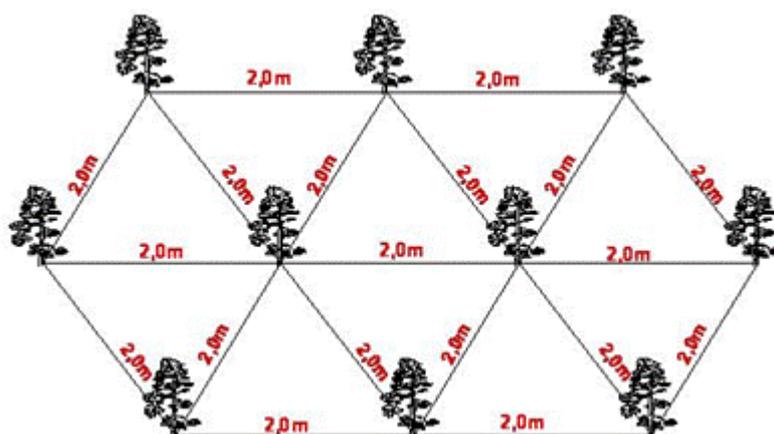
Plateo y ahoyado. Los plateos se realizarán cuando las condiciones lo ameriten, teniendo en cuenta el desarrollo de la maleza en el sitio de la plantación, durante el establecimiento y mantenimiento el primer año.

El ahoyado tendrá las siguientes dimensiones: 20 centímetros de largo, 20 centímetros de ancho, 30 centímetros de profundidad. Para esta actividad se tendrá en cuenta las siguientes recomendaciones:

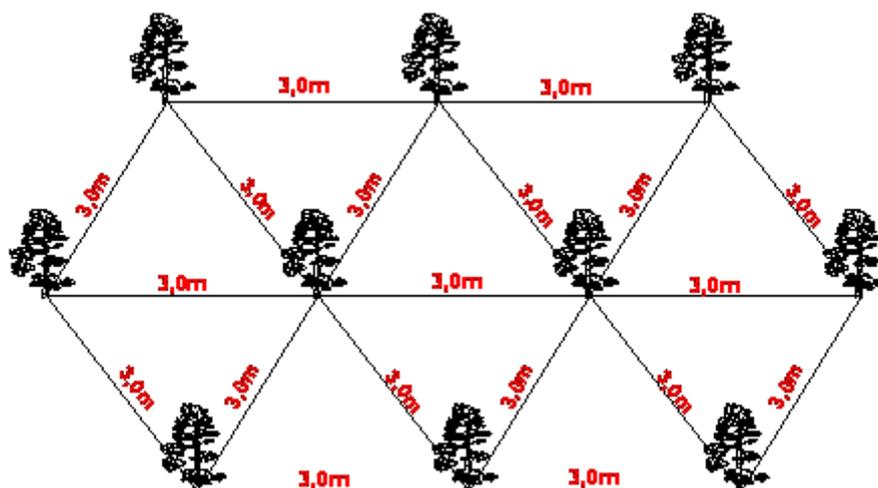


Espaciamiento. Se recomienda utilizar dos tipos de espaciamiento:

Espaciamiento en zonas de alto riesgo. Espaciamiento de 2 m x 2 m, con método de siembra tres bolillo.



Espaciamiento en zonas de bajo riesgo. Espaciamiento de 3 m x 3 m, con método de siembra tres bolillo.



Densidad. El número de árboles por hectárea con el método tres bolillo se establecerán 1.111 individuos por hectárea.

Transporte plántulas. El transporte del material vegetal, se hará con los cuidados necesarios para evitar el maltrato a las plántulas y será por cuenta del contratista.

Plantación. Debe ejecutarse quince días previos a la época de lluvia, para garantizar el completo establecimiento de la plantación. Se realizarán las podas de siembra, en el momento de ser llevado el material vegetal al sitio definitivo, para lograr un desarrollo radicular óptimo.

2. Mantenimiento de las plantaciones

Riego. Se deberá efectuar riego, de acuerdo a las condiciones climáticas del terreno, hasta el total establecimiento de la plantación.

Control fitosanitario. Se evaluará periódicamente el estado fitosanitario de la plantación, para evitar la presencia de plagas y enfermedades, garantizando el desarrollo normal de ésta.

Aplicación de fertilizantes. Por las condiciones edafológicas de los terrenos así como las especies nativas que se implantaran garantizan la evolución del plantón.

Replante. Las reposiciones, las efectuará el Contratista, durante el primer año del establecimiento de la plantación, corrigiendo los trabajos u obras entregadas que se hayan ejecutado en forma indebida, irregular o inadecuada, para ello se realizarán los ajustes del caso y así cumplir con lo previsto en el contrato. O para reponer los individuos que se mueran durante las labores de reforestación.

Limpias. Para garantizar el éxito de la plantación, los usuarios del proyecto de riego, deberán realizar las actividades de mantenimiento requeridas en el primer año de la plantación, dentro de las cuales se encuentran mínimo dos limpiezas por año.

Protección de incendios. Al igual que las limpiezas, esta labor hace parte del mantenimiento requerido en el primer año de la plantación, tomándose las medidas preventivas para evitar los incendios.

Unidad de análisis: La unidad de medida y análisis, en cada labor, será el Jornal.

3. Herramientas.

Descripción: Se suministrarán todas las herramientas como son pala, pico, barretón y machete, etc., requeridas para llevar a cabo el establecimiento de la plantación.

4. Insumos.

El material vegetal para la reforestación debe soportar las condiciones naturales de la zona, con el fin de facilitar la adaptabilidad de las especies al terreno. Se hacen recomendaciones para el suministro de los plántones como es la selección de especies, procedencia y altura mínima.

Selección de especies: Se seleccionarán para la recuperación de las áreas degradadas por las actividades antrópicas, especies nativas de la zona que garantizarán la adaptabilidad al sitio definitivo, con la previa aprobación del interventor designado por la obra.

FAMILIA	GENERO/ESPECIE	NOMBRE COMUN	USOS
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Condimenticia
Bixaceae	<i>Bixa sp</i>	Achiote	Condimenticia
Fabaceae	<i>Inga cinnamomea</i>	Shimbillo	
Fabaceae	<i>Inga sp</i>	Pacaymono	Sombra
Lauraceae	<i>Ocotea sp.</i>	Moena	Leña
Meliaceae	<i>Cedrela lilloi</i>	Cedro de altura	Tintorera, Sombra
Myrsinaceae	<i>Myrsine sp.</i>		Construcción
Fuente: Elaboración propia			

Procedencia de las plántulas. Las plántulas pueden ser suministradas por un vivero de la zona o pueden ser sembradas en un vivero provisional.

Altura. La altura recomendada para el trasplante definitivo al sitio de siembra, debe estar comprendida entre 30 y 50 cm de altura de la plántula por encima de la bolsa.

5. Transporte.

Descripción: Se refiere al transporte de todos los insumos necesarios para el establecimiento de la plantación, desde el sitio de suministro hasta el lugar de siembra. Será por cuenta del contratista.

6. Asistencia técnica especializada.

Descripción: Se refiere a la asistencia prestada para el establecimiento de la plantación por parte de un Profesional o Tecnólogo con experiencia en este tipo de trabajos. Asistencia que se deberá prestar en cada una de las labores requeridas para el establecimiento y el mantenimiento el primer año, garantizando el éxito de la plantación.

7. Aislamiento de la plantación

En este acápite se desarrollan los requerimientos mínimos para ejecutar el aislamiento de la plantación. Dicho aislamiento se hará previo, 2 días, antes del establecimiento de la plantación. Se ha estimado 163 m por hectárea de aislamiento, optimizando su instalación de tal manera que evite al máximo la entrada de agentes externos que pongan en peligro el desarrollo de la plantación.

8. Gestión

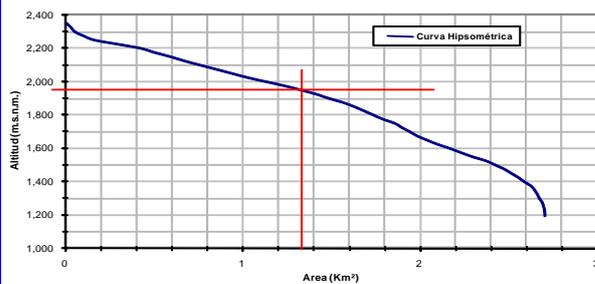
Corresponde a todas las actividades previas al inicio de las labores del establecimiento de la plantación, como son la realización de las giras y concertación con los usuarios de la selección específica de los predios. Esta fase involucra una fase de capacitación mediante la concertación y divulgación y paralelo a la ejecución de las actividades de reforestación una fase de asistencia técnica y monitoreo e investigación.

ANEXO 03: HIDROLOGIA

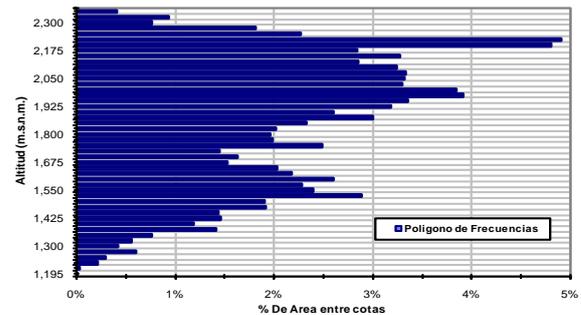
CARACTERISTICAS FISICAS Y PARAMETROS DE LA CUENCA KASUNGATIARI ALTO

ÍTEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VARIABLE	PARAMETRO
01.	UBICACIÓN			
	Centro de Gravedad de la Cuenca	m	Este (X)	720,901.55
		m	Norte (Y)	8,609,145.87
	Coordenadas	gº m' s"	Latitud S	12º34'26"
		gº m' s"	Longitud W	72º58'00"
02.	AREA Y PERIMETRO DE LA CUENCA			
	Area de la Cuenca	Km ²	A _T	2.708
	Perímetro de la Cuenca	Km	P	8.644
03.	FRECUENCIA DE ALTITUDES			
	Altitud Media de la Cuenca	m.s.n.m.	Z _{Media}	1,943.867
	Altitud mas Frecuente	m.s.n.m.	Z _{Frec.}	2,250.000
	Altitud de Frecuencia Media	m.s.n.m.	Z _{Frec.Mediana}	1,893.332
	% de Área para la Altitud más Frecuente	%		4.91%
	Desnivel de la Cuenca	Km	Δ H _C	1.155
04.	INDICES REPRESENTATIVOS			
	Factor de Forma		F	0.265
	Indice de Compacidad o Indice de Gravelious:		K	1.482
05.	RECTANGULO EQUIVALENTE			
	Largo Equivalente	Km	L	3.603
	Ancho Equivalente	Km	B	0.752
06.	INDICE DE PENDIENTE			
	Indice de Pendiente		Ip	0.137
07.	PENDIENTE DE LA CUENCA			
	Criterio del Rectangulo Equivalente	Km/Km	S _{C.1}	0.321
	Criterio de Alvord	Km/Km	S _{C.2}	0.640
	Pendiente de la Cuenca	Km/Km	S _C	0.640
08.	PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL			
	Longitud del Cauce Principal	Km	L _{RIO}	3.384
	Desnivel del Cauce Principal	Km	Δ H _{RIO}	0.920
	Longitud al Centroide	Km	L _{CG}	2.020
09.	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL			
	Metodo I : Pendiente Uniforme	Km/Km	S _{RIO.1}	0.272
	Metodo II : Ecuacion de Taylor y Schwarz	Km/Km	S _{RIO.2}	0.192
	Metodo III : Criterio de Nash	Km/Km	S _{RIO.3}	0.458
	Pendiente del Cauce Principal	Km/Km	S _{RIO}	0.192
10.	RED DE DRENAJE			
	Orden de las Corrientes			1.000
	Longitud de los Tributarios	Km		3.384
	Densidad de Corriente		D _C	0.369
	Densidad de Drenaje	Km/Km ²	D _d	1.250

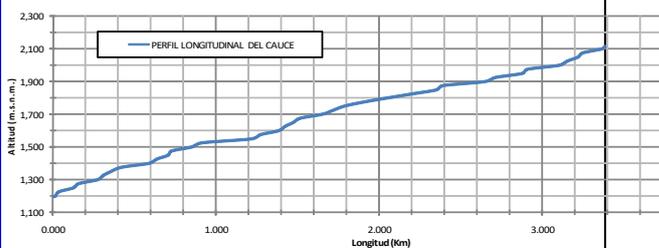
11. CURVA HIPSOMETRICA



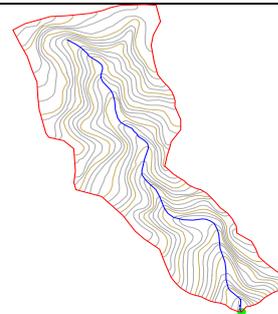
12. POLÍGONO DE FRECUENCIAS



13. PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL



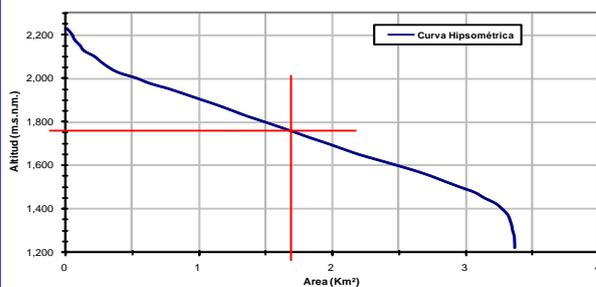
14. CUENCA



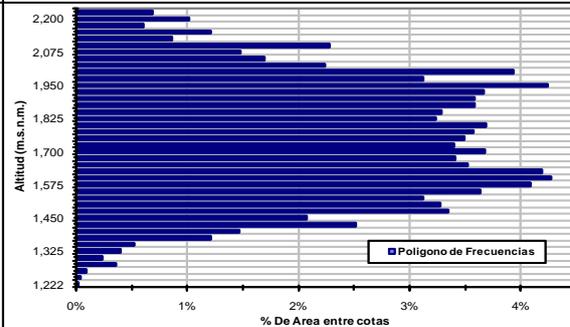
CARACTERISTICAS FISICAS Y PARAMETROS DE LA CUENCA PINCHQUIATO

ÍTEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VARIABLE	PARAMETRO
01.	UBICACIÓN			
	Centro de Gravedad de la Cuenca	m	Este (X)	722,106.31
		m	Norte (Y)	8,608,960.88
	Coordenadas	gº m' s"	Latitud S	12º34'31"
		gº m' s"	Longitud W	72º57'20"
02.	AREA Y PERIMETRO DE LA CUENCA			
	Area de la Cuenca	Km ²	A _r	3.378
	Perímetro de la Cuenca	Km	P	8.255
03.	FRECUENCIA DE ALTITUDES			
	Altitud Media de la Cuenca	m.s.n.m.	Z _{Media}	1,759.370
	Altitud mas Frecuente	m.s.n.m.	Z _{Frec}	1,625.000
	Altitud de Frecuencia Media	m.s.n.m.	Z _{Frec Media}	1,764.423
	% de Área para la Altitud más Frecuente	%		4.26%
	Desnivel de la Cuenca	Km	Δ H _c	1.003
04.	INDICES REPRESENTATIVOS			
	Factor de Forma		F	0.371
	Índice de Compacidad o Índice de Gravelous:		K	1.267
05.	RECTANGULO EQUIVALENTE			
	Largo Equivalente	Km	L	3.051
	Ancho Equivalente	Km	B	1.107
06.	INDICE DE PENDIENTE			
Índice de Pendiente		I _p	0.177	
07.	PENDIENTE DE LA CUENCA			
	Criterio del Rectangulo Equivalente	Km/Km	S _{c.1}	0.329
	Criterio de Alvord	Km/Km	S _{c.2}	0.585
	Pendiente de la Cuenca	Km/Km	S _c	0.585
08.	PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL			
	Longitud del Cauce Principal	Km	L _{RIO}	2.022
	Desnivel del Cauce Principal	Km	Δ H _{RIO}	0.521
	Longitud al Centroide	Km	L _{CG}	1.502
09.	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL			
	Metodo I : Pendiente Uniforme	Km/Km	S _{RIO.1}	0.258
	Metodo II : Ecuacion de Taylor y Schw arz	Km/Km	S _{RIO.2}	0.176
	Metodo III : Criterio de Nash	Km/Km	S _{RIO.3}	0.840
	Pendiente del Cauce Principal	Km/Km	S _{RIO}	0.176
10.	RED DE DRENAJE			
	Orden de las Corrientes			2.000
	Longitud de los Tributarios	Km		2.687
	Densidad de Corriente		D _c	0.888
	Densidad de Drenaje	Km/Km ²	D _d	0.795

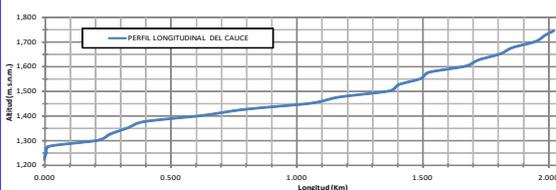
11. CURVA HIPSOMETRICA



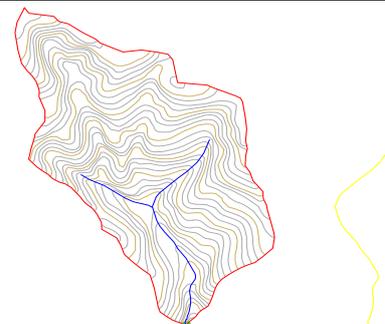
12. POLIGONO DE FRECUENCIAS



13. PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL



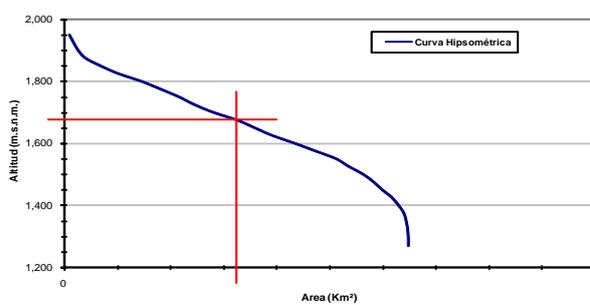
14. CUENCA



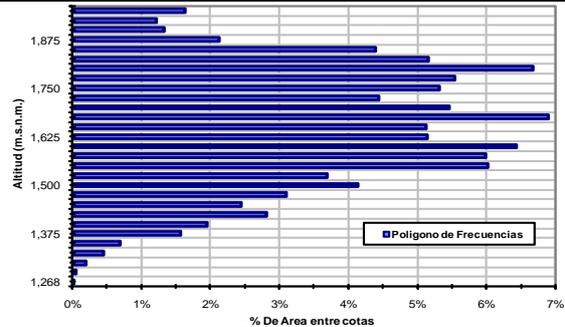
CARACTERISTICAS FISICAS Y PARAMETROS DE LA CUENCA KINCURISHIATO

ÍTEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VARIABLE	PARAMETRO
01. UBICACIÓN				
	Centro de Gravedad de la Cuenca	m	Este (X)	723,697.99
		m	Norte (Y)	8,609,444.09
	Coordenadas	g° m s"	Latitud S	12° 34' 15"
		g° m s"	Longitud W	72° 56' 28"
02. AREA Y PERIMETRO DE LA CUENCA				
	Area de la Cuenca	Km ²	A _T	0.650
	Perimetro de la Cuenca	Km	P	3.752
03. FRECUENCIA DE ALTITUDES				
	Altitud Media de la Cuenca	m.s.n.m.	Z _{Media}	1,675.729
	Altitud mas Frecuente	m.s.n.m.	Z _{Frec}	1,700.000
	Altitud de Frecuencia Media	m.s.n.m.	Z _{Frec-Media}	1,670.428
	% de Área para la Altitud más Frecuente	%		6.91%
	Desnivel de la Cuenca	Km	Δ H _C	0.682
04. INDICES REPRESENTATIVOS				
	Factor de Forma		F	0.258
	Indice de Compacidad o Indice de Gravelious:		K	1.313
05. RECTANGULO EQUIVALENTE				
	Largo Equivalente	Km	L	1.438
	Ancho Equivalente	Km	B	0.452
06. INDICE DE PENDIENTE				
	Indice de Pendiente		I _p	0.340
07. PENDIENTE DE LA CUENCA				
	Criterio del Rectangulo Equivalente	Km/Km	S _{C,1}	0.474
	Criterio de Alvord	Km/Km	S _{C,2}	0.482
	Pendiente de la Cuenca	Km/Km	S _C	0.482
08. PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL				
	Longitud del Cauce Principal	Km	L _{RIO}	0.819
	Desnivel del Cauce Principal	Km	Δ H _{RIO}	0.387
	Longitud al Centoide	Km	L _{CG}	0.815
09. PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL				
	Metodo I : Pendiente Uniforme	Km/Km	S _{RIO,1}	0.472
	Metodo II : Ecuacion de Taylor y Schwarz	Km/Km	S _{RIO,2}	0.399
	Metodo III : Criterio de Nash	Km/Km	S _{RIO,3}	0.644
	Pendiente del Cauce Principal	Km/Km	S _{RIO}	0.399
10. RED DE DRENAJE				
	Orden de las Corrientes			1.000
	Longitud de los Tributarios	Km		0.819
	Densidad de Corriente		D _c	1.537
	Densidad de Drenaje	Km/Km ²	D _d	1.259

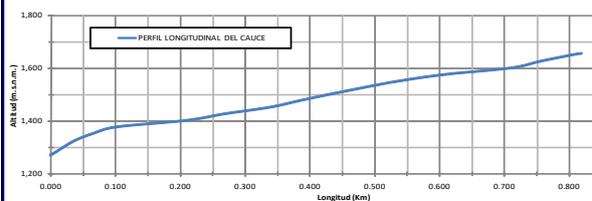
11. CURVA HIPSOMETRICA



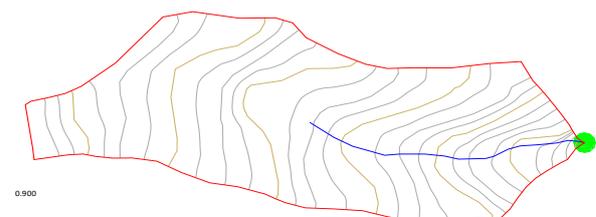
12. POLÍGONO DE FRECUENCIAS



13. PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL



14. CUENCA



Gasto Unitario en

ANALISIS DE MÁXIMA AVENIDA PARA LA CUENCA EN ESTUDIO CUENCA DEL RÍO KASUNGATIARI			
Longitud del Cauce:	L =	3.38	km
Pendiente del Cauce:	J =	0.19	m/Km
Precipitación para Tc y Tr:	I =	107.07	mm/hr
Area de la Cuenca:	A =	2.71	km ²
Coefficiente de Escorrentía:	C =	0.47	
Tiempo de Concentración			
Por Velocidad de Flujo:	Tc1 =	1.04	hr
Ven Te Chow	Tc2 =	1.23	hr
Tr (tiempo de retardo) =	Tr =	1.79	hr
Numero de la Cuenca(N) =		80.00	
Lluvia en exceso =		56.41	mm
Gasto Unitario =		0.136	m ³ /s/km ²
CÁLCULO DEL CAUDAL			
Coef. De Corr. TEMEZ	K =	0.16	
Caudal Maximo(HU)	Q =	3.4	m ³ /s
FABIO ROSSI			
	Q =	16.2	m ³ /s
MAC MATH			
	Q =	0.6	m ³ /s
SCS			
	Q =	10.4	m ³ /s
ASUMIDO PARA EL ESTUDIO :	Q =	6.9	m³/s

Gasto Unitario en

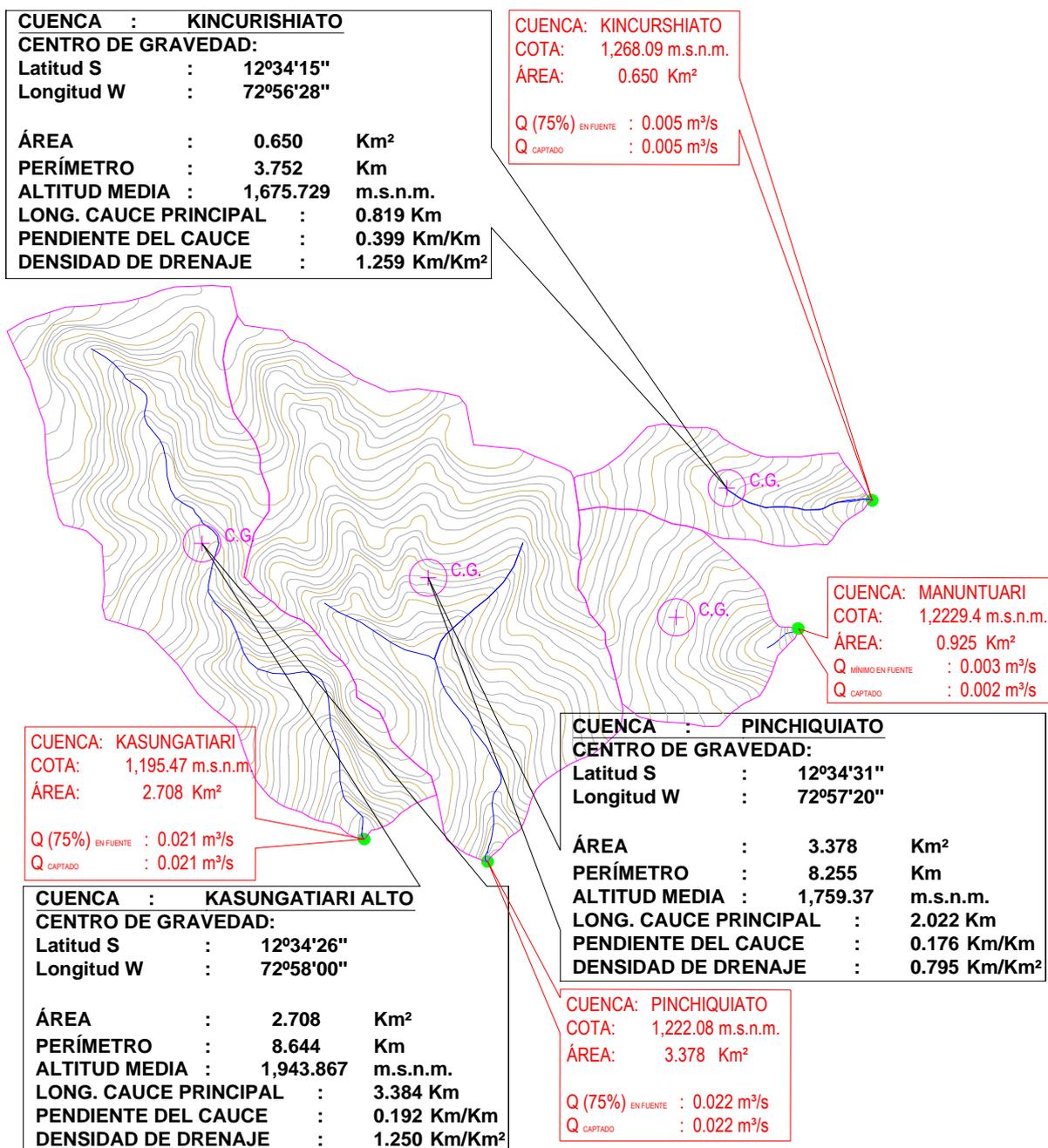
ANALISIS DE MAXIMA AVENIDA PARA LA CUENCA EN ESTUDIO CUENCA DEL RÍO PINCHIQIATO			
Longitud del Cauce:	L =	2.02	km
Pendiente del Cauce:	J =	0.18	m/Km
Precipitación para Tc y Tr:	I =	89.46	mm/hr
Area de la Cuenca:	A =	3.38	km ²
Coefficiente de Escorrentía:	C =	0.48	
Tiempo de Concentración			
Por Velocidad de Flujo:	Tc1 =	0.71	hr
Ven Te Chow	Tc2 =	0.74	hr
Tr (tiempo de retardo) =	Tr =	1.42	hr
Numero de la Cuenca(N) =		80.00	
Lluvia en exceso =		42.01	mm
Gasto Unitario =		0.189	m ³ /s/km ²
CÁLCULO DEL CAUDAL			
Coef. De Corr. TEMEZ	K =	0.16	
Caudal Maximo(HU)	Q =	4.6	m ³ /s
FABIO ROSSI			
	Q =	21.2	m ³ /s
MAC MATH			
	Q =	0.6	m ³ /s
SCS			
	Q =	13.4	m ³ /s
ASUMIDO PARA EL ESTUDIO :	Q =	9.0	m³/s

Gasto Unitario en

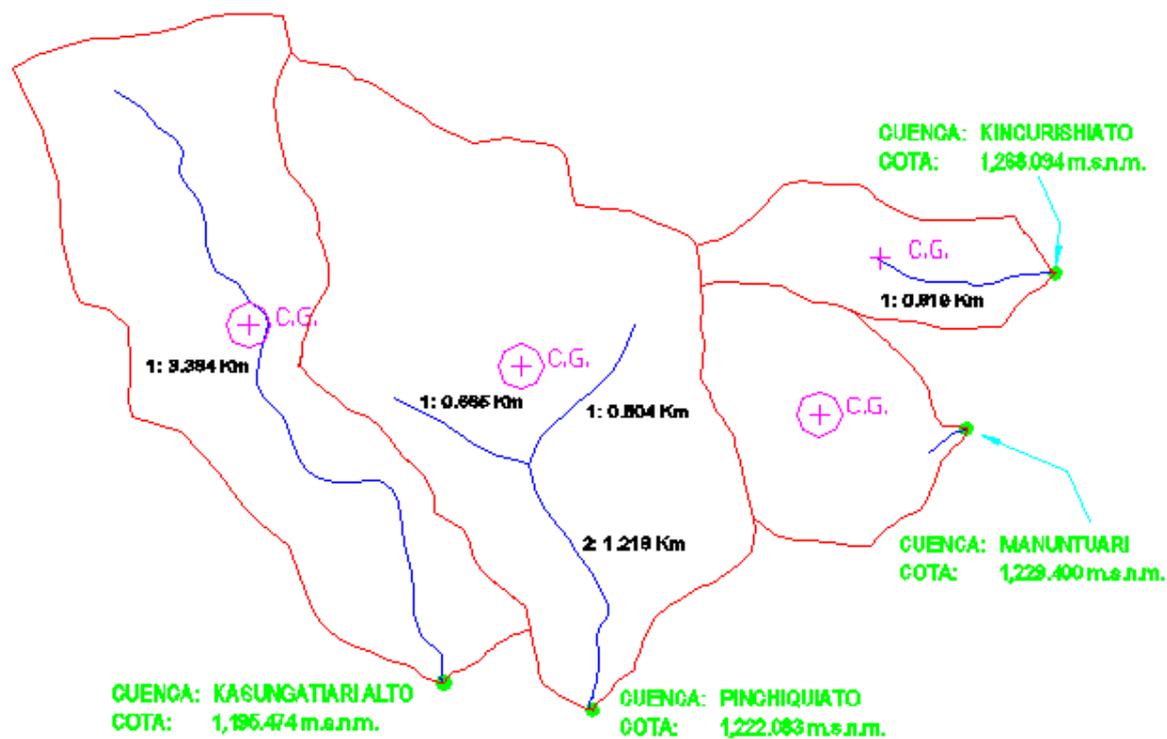
ANALISIS DE MAXIMA AVENIDA PARA LA CUENCA EN ESTUDIO CUENCA DEL RÍO KINCURISHIATO			
Longitud del Cauce:	L =	0.82	km
Pendiente del Cauce:	J =	0.40	m/Km
Precipitación para Tc y Tr:	I =	69.62	mm/hr
Area de la Cuenca:	A =	0.65	km ²
Coefficiente de Escorrentía:	C =	0.48	
Tiempo de Concentración			
Por Velocidad de Flujo:	Tc1 =	0.31	hr
Ven Te Chow	Tc2 =	0.30	hr
Tr (tiempo de retardo) =	Tr =	0.95	hr
Numero de la Cuenca(N) =		80.00	
Lluvia en exceso =		26.91	mm
Gasto Unitario =		0.271	m ³ /s/km ²
CÁLCULO DEL CAUDAL			
Coef. De Corr. TEMEZ	K =	0.16	
Caudal Maximo(HU)	Q =	1.0	m ³ /s
FABIO ROSSI			
	Q =	4.8	m ³ /s
MAC MATH			
	Q =	0.3	m ³ /s
SCS			
	Q =	2.4	m ³ /s
ASUMIDO PARA EL ESTUDIO :	Q =	1.7	m³/s

PLANOS HIDROLOGICOS

PLANO N° 01 CUENCA DE LOS RÍOS KASUNGATIARI, PINCHIQIATO Y KINKURISHIATO.



PLANO N° 02 RED DE DRENAJE DE LAS CUENCAS DE KASUNGATIARI, PINCHQUIATO Y KINKURISHIATO



ANEXO 04: CUADROS DE LA EVALUACION ECONOMICA (FLUJOS)

FLUJO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Cuadro N° 2.5.14

AÑO	A PRECIOS PRIVADOS		A PRECIOS SOCIALES	
	Total S/.	Incremental S/.	Total S/.	Incremental S/.
0	-	-	-	-
1	1,288	1,288	1,108	1,108
2	1,380	1,380	1,187	1,187
3	1,841	1,841	1,583	1,583
4	2,301	2,301	1,979	1,979
5	3221.08	3221.08	2770.13	2770.13
6	4,602	4,602	3,957	3,957
7	4,602	4,602	3,957	3,957
8	4,602	4,602	3,957	3,957
9	4,602	4,602	3,957	3,957
10	4,602	4,602	3,957	3,957
Total	33,039	33,039	28,414	28,414

FLUJO DE COSTOS Y BENEFICIOS A PRECIOS PRIVADOS EN SOLES

Cuadro Nº 2.6.16

AÑO	COSTOS DEL PROYECTO										PRODUCCION AGRICOLA				BENEFICIO NETO	
	INVERSIONES DEL ESTADO					USUARIOS					VBP	CP		BENEFICIOS		
	EXPEDIENTE TECNICO	Inicia Riego	Mitigación de Impactos	Acciones de Capacitación	UPF SUB TOTAL	Operac. Mantn.	Total	Agropecuaria	Agropecuaria	Total		Incremental				
0	230,000.00	-	-	-	-	-	230,000.00	431,781.82	251,500.81	180,281.01	-	-	-	230,000.00		
1		3,425,569.10	4,197,271	115,533.39	159,536.06	1,288.43	3,743,888.69	582,889.44	271,732.55	311,155.90	130,884.89	130,884.89	-	3,613,004.81		
2		-	3,863.48	146,477.57	15,855.21	1,380.46	197,376.73	786,503.42	293,691.80	492,311.62	313,030.61	313,030.61	115,653.88	115,653.88		
3		-	3,899.25	105,457.93	10,456.50	1,840.62	121,664.59	1,062,306.83	317,209.51	745,097.33	564,816.32	564,816.32	443,151.72	443,151.72		
4		-	-	-	11,227.03	2,300.77	13,527.80	1,434,086.96	342,727.11	1,091,359.85	911,088.84	911,088.84	897,561.04	897,561.04		
5		-	-	-	11,227.03	3,221.08	14,448.11	1,434,086.96	342,727.11	1,091,359.85	911,088.84	911,088.84	896,640.73	896,640.73		
6		-	-	-	-	4,601.54	4,601.54	1,434,086.96	342,727.11	1,091,359.85	911,088.84	911,088.84	905,487.30	905,487.30		
7		-	-	-	-	4,601.54	4,601.54	1,434,086.96	342,727.11	1,091,359.85	911,088.84	911,088.84	905,487.30	905,487.30		
8		-	-	-	-	4,601.54	4,601.54	1,434,086.96	342,727.11	1,091,359.85	911,088.84	911,088.84	905,487.30	905,487.30		
9		-	-	-	-	4,601.54	4,601.54	1,434,086.96	342,727.11	1,091,359.85	911,088.84	911,088.84	905,487.30	905,487.30		
10		-	-	-	-	4,601.54	4,601.54	1,434,086.96	342,727.11	1,091,359.85	911,088.84	911,088.84	905,487.30	905,487.30		
Total	230,000.00	3,425,569.10	79,535.44	567,456.79	208,302.23	33,039.06	4,343,914.62	12,902,569.21	3,533,124.45	9,369,444.77	7,386,351.65	7,386,351.65	3,042,439.04	3,042,439.04		
Remabilidad del Proyecto----->											VAN al 11% 40,117.94					
											BIC al 11% 1.01					
											TIR 11.27%					

FLUJO DE COSTOS Y BENEFICIOS APRECIOS SOCIALES

Cuadro Nº 2.5.18

AÑO	COSTOS DEL PROYECTO										PRODUCCION AGRICOLA			BENEFICIO NETO
	INVERSIONES DEL ESTADO			USUARIOS			Total	VBP	CP	BENEFICIOS				
	EXPEDIENTE TECNICO	Infra Estructura	Mitigación de Impactos	Acciones de Capacitación	UPF	Operac. Manutn.				Agrícola	Total	Incremental		
0	204,700.00	-	-	-	-	-	204,700.00	431,781.62	196,557.90	-	285,273.63	-	-	204,700.00
1	-	2,591,962.75	35256	104,979.15	115,822.12	1,108.05	2,849,128.11	582,580.44	172,159.24	145,435.37	410,709.20	145,435.37	-	2,703,882.74
2	-	-	28277.32	134,428.47	12,992.53	1,187.20	178,683.52	788,903.42	178,054.34	343,595.25	600,839.06	343,595.25	-	188,681.73
3	-	-	3275.37	103,620.49	13,831.39	1,562.93	122,310.18	1,062,306.83	184,139.90	812,883.10	878,168.93	812,883.10	-	490,562.92
4	-	-	-	-	15,949.08	1,978.68	17,927.72	1,434,096.96	190,422.75	978,400.37	1,243,674.21	978,400.37	-	959,881.19
5	-	-	-	-	15,949.08	2,770.13	18,719.19	1,434,096.96	190,422.75	978,400.37	1,243,674.21	978,400.37	-	974,443.05
6	-	-	-	-	-	3,957.32	3,957.32	1,434,096.96	190,422.75	978,400.37	1,243,674.21	978,400.37	-	974,443.05
7	-	-	-	-	-	3,957.32	3,957.32	1,434,096.96	190,422.75	978,400.37	1,243,674.21	978,400.37	-	974,443.05
8	-	-	-	-	-	3,957.32	3,957.32	1,434,096.96	190,422.75	978,400.37	1,243,674.21	978,400.37	-	974,443.05
9	-	-	-	-	-	3,957.32	3,957.32	1,434,096.96	190,422.75	978,400.37	1,243,674.21	978,400.37	-	974,443.05
10	-	-	-	-	-	3,957.32	3,957.32	1,434,096.96	190,422.75	978,400.37	1,243,674.21	978,400.37	-	974,443.05
Total	204,700.00	2,591,962.75	68,908.69	343,028.11	174,544.17	20,413.59	3,409,495.34	12,952,680.21	2,003,850.72	10,888,708.49	7,960,896.34	4,541,240.99		
Rentabilidades del Proyecto														
VAN al 11 %											1,074,802.35			
BIC al 11 %											1.39			
TIR											19.61%			

FORMATO 5
A precios Privados, en Soles S/.

COSTOS INCREMENTALES

RUBRO	PERIODO AÑOS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A) COSTOS DE INVERSION	-	3,743,681.38	185,995.26	118,772.94	11,227.83	11,227.83	-	-	-	-	-
1. Intangibles (Dilación Educación)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Inversión en Activos Fijos:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obras Hídricas	-	3,576,435.35	43,065.16	3,889.25	-	-	-	-	-	-	-
Migración Inspección	-	50,642.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acciones de Capitalización	-	115,523.30	146,477.57	105,487.33	-	-	-	-	-	-	-
Inversión	-	-	5,613.51	9,355.85	11,227.03	-	-	-	-	-	-
3. Gastos Preoperativos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Capital de Trabajo Inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Insumos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Valor Residual (-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B) COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	-	1,388.43	1,389.46	1,940.62	2,366.77	3,221.03	4,681.54	4,681.54	4,681.54	4,681.54	4,681.54
C) TOTAL COSTOS CON PROYECTO (A + B)	-	3,743,681.69	187,375.73	420,563.55	13,527.80	14,448.11	4,681.54	4,681.54	4,681.54	4,681.54	4,681.54
D) COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SIN PROYECTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E) TOTAL COSTOS INCREMENTALES (C - D)	-	3,743,681.69	187,375.73	420,563.55	13,527.80	14,448.11	4,681.54	4,681.54	4,681.54	4,681.54	4,681.54

FORMATO 5

A precios Sociales, en Soles S/.

Cuadro Nº 2.6.18

RUBRO	PERIODO AÑOS										
	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A) COSTOS DE INVERSIÓN	-	2,848,020.06	175,886.32	120,186.74	15,943.06	15,943.06	-	-	-	-	-
1. Inauguración (Elaboración Expediente Técnico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Inversión en Activos Fijos:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obras hidráulicas	-	2,700,536.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mitigación Impactos	-	39,504.00	33,295.32	3,275.37	-	-	-	-	-	-	-
Accesos de Cooperación	-	104,979.15	134,626.47	103,022.49	-	-	-	-	-	-	-
Inversión	-	-	7,974.53	13,232.88	15,940.26	-	-	-	-	-	-
3. Gestión Presupuestales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Capital de Trabajo Inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Imprentas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Valor Residual (c)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B) COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	-	1,188.05	1,187.20	1,582.53	1,378.66	2,776.13	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32
C) TOTAL COSTOS CON PROYECTO (A + B)	-	2,848,128.11	176,883.52	121,769.27	17,321.72	18,719.19	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32
D) COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SIN PROYECTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E) TOTAL COSTOS INCREMENTALES (C - D)	-	2,848,128.11	176,883.52	121,769.27	17,321.72	18,719.19	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32

FORMATO 6
A precios Privados SI.

BENEFICIOS INCREMENTALES

	PERIODO (años)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.- Situación con Proyecto	180,281.01	311,165.00	483,311.62	745,037.33	1,091,369.85	1,291,359.85	1,091,369.85	1,091,359.85	1,091,359.85	1,091,359.85	1,091,359.85
2.- Situación sin Proyecto	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01	180,281.01
3.- Beneficios Incrementales (1) - (2)	-	130,884.00	313,030.61	564,816.32	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84

(1): Corresponde al primer año de generación de beneficios

FORMATO 6
A precios Sociales S/.

BENEFICIOS INCREMENTALES

	PERIODO (años)										
	0	1 (*)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.- Situación con Proyecto	265,273.83	410,709.20	604,839.08	876,186.92	1,243,674.21	1,243,674.21	1,243,674.21	1,243,674.21	1,243,674.21	1,243,674.21	1,243,674.21
2.- Situación sin Proyecto	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83	265,273.83
3.- Beneficios Incrementales (1) - (2)	-	145,435.37	343,565.25	612,893.10	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37

(*) Corresponde al primer año de generación de beneficios

FORMATO 7
VALOR ACTUAL DE BENEFICIOS NETO8
A precios Privados y Precios Sociales, en Soles S/.

	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.- Beneficios Incrementales												
Precios Privados	-	130,884.80	313,030.61	594,816.32	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84	911,088.84	
Precios Sociales	-	145,435.37	343,565.25	612,803.10	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37	978,400.37	
2.- Costos Incrementales												
Precios Privados	-	3,743,880.69	197,378.73	120,563.55	14,448.11	13,527.80	4,601.54	4,601.54	4,601.54	4,601.54	4,601.54	
Precios Sociales	-	2,840,128.11	178,863.52	121,769.67	15,719.19	17,927.72	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32	3,957.32	
3.- Beneficios Netos Totales												
Precios Privados	-	3,613,004.81	115,653.88	444,252.78	896,640.73	897,561.04	906,487.30	906,487.30	906,487.30	906,487.30	906,487.30	
Precios Sociales	-	2,703,692.74	168,681.73	491,123.43	959,981.19	960,472.65	974,443.05	974,443.05	974,443.05	974,443.05	974,443.05	
FA 11% - Tasa referencial o costo de oportunidad												
Indicadores		VAN (S/.)	TIR	BIC al 11 %								
A Precios Privados		AL 11%	12.75%	1.08								
A Precios Sociales		1,250,572.81	21.85%	1.49								

ANEXO 05: CUADROS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

PRUEBA DE INFILTRACION

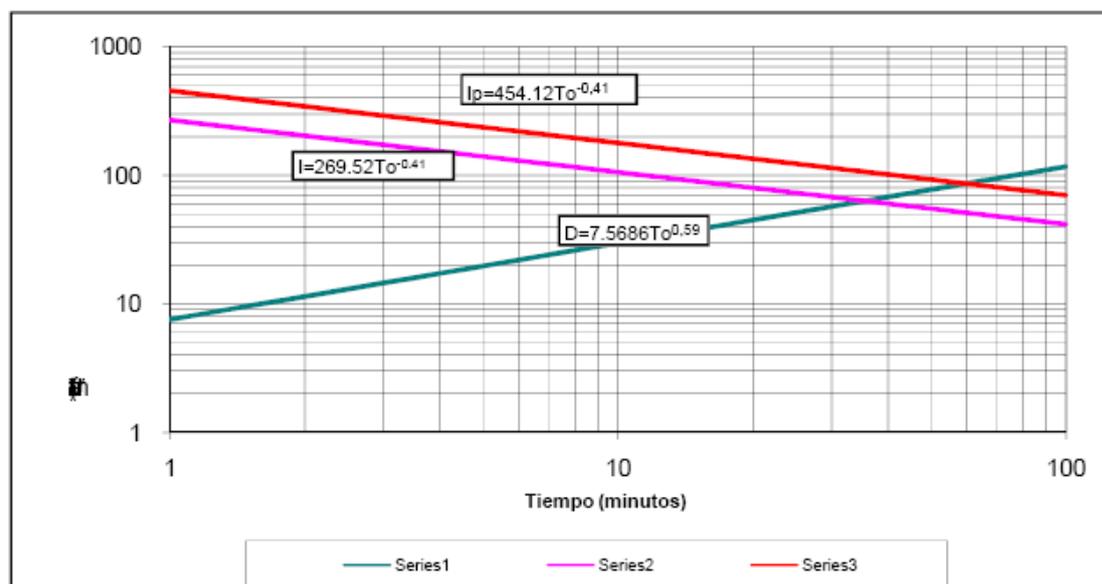
SERIE: Sangobatea
SECTOR: Tarangani
CALICATA: N° 01

GPS : 01 X =724914 Y =8608847
TEXTURA: Franco Arcilloso

MÉTODO: Cilindros Infiltrómetros
PARCELA: Juan gutierrez Sayhua

Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instantanea	Media
0	0				
1	1	3.80	3.80	228.0	228.0
1	2	3.80	7.60	228.0	228.0
1	3	2.50	10.10	150.0	202.0
1	4	1.40	11.50	84.0	172.5
2	6	5.10	16.60	153.0	166.0
2	8	5.70	22.30	171.0	167.3
2	10	3.90	26.20	117.0	157.2
2	12	4.00	30.20	120.0	151.0
5	17	8.10	38.30	97.2	135.2
5	22	8.20	46.50	98.4	126.8
5	27	6.90	53.40	82.8	118.7
10	37	10.00	63.40	60.0	102.8
10	47	8.90	72.30	53.4	92.3
10	57	8.20	80.50	49.2	84.7
10	67	7.50	88.00	45.0	78.8
15	82	9.60	97.60	38.4	71.4
15	97	8.90	106.50	35.6	65.9
15	112	9.40	115.90	37.6	62.1

I_b
2.89 cm/hr



PRUEBA DE INFILTRACION

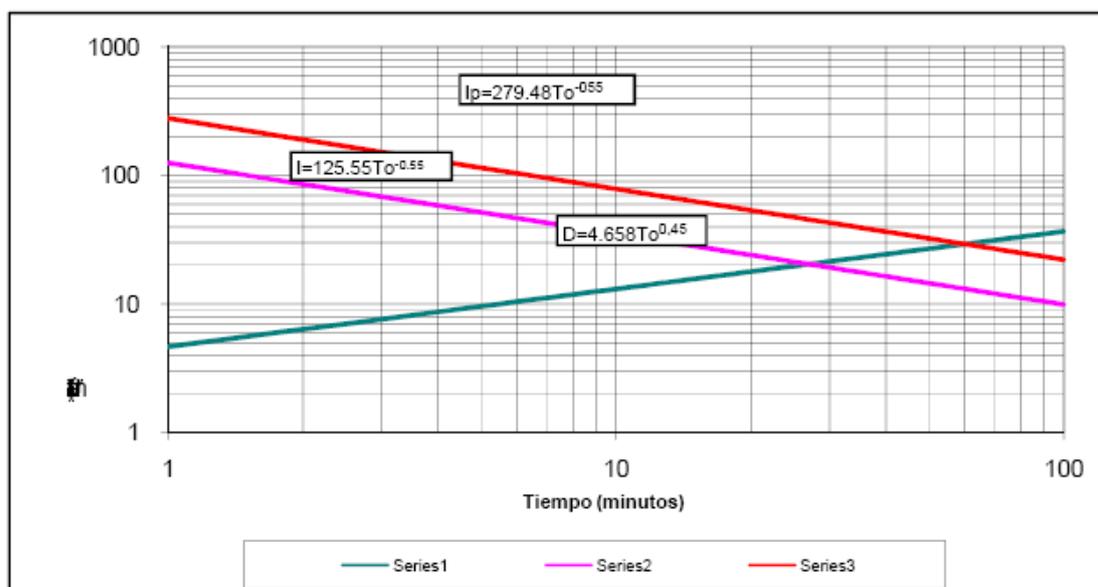
SERIE: Sangobatea
 SECTOR: Pinchiquiato
 CALICATA: N° 02

GPS : 02 X = 0718674 Y = 8605176
 TEXTURA: Arcilloso

MÉTODO: Cilindros Infiltrómetros
 PARCELA: Alejandro Puella Mejia

Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instantanea	Media
0	0				
1	1	3.20	3.20	192.0	192.0
1	2	1.20	4.40	72.0	132.0
2	4	1.90	6.30	57.0	94.5
2	6	1.80	8.10	54.0	81.0
2	8	1.00	9.10	30.0	68.3
5	13	1.50	10.60	18.0	48.9
5	18	2.50	13.10	30.0	43.7
5	23	2.50	15.60	30.0	40.7
10	33	2.00	17.60	12.0	32.0
10	43	3.00	20.60	18.0	28.7
10	53	2.00	22.60	12.0	25.6
15	68	2.40	25.00	9.6	22.1
20	88	6.10	31.10	18.3	21.2
20	108	3.70	34.80	11.1	19.3

I_b
0.51 cm/hr



PRUEBA DE INFILTRACION

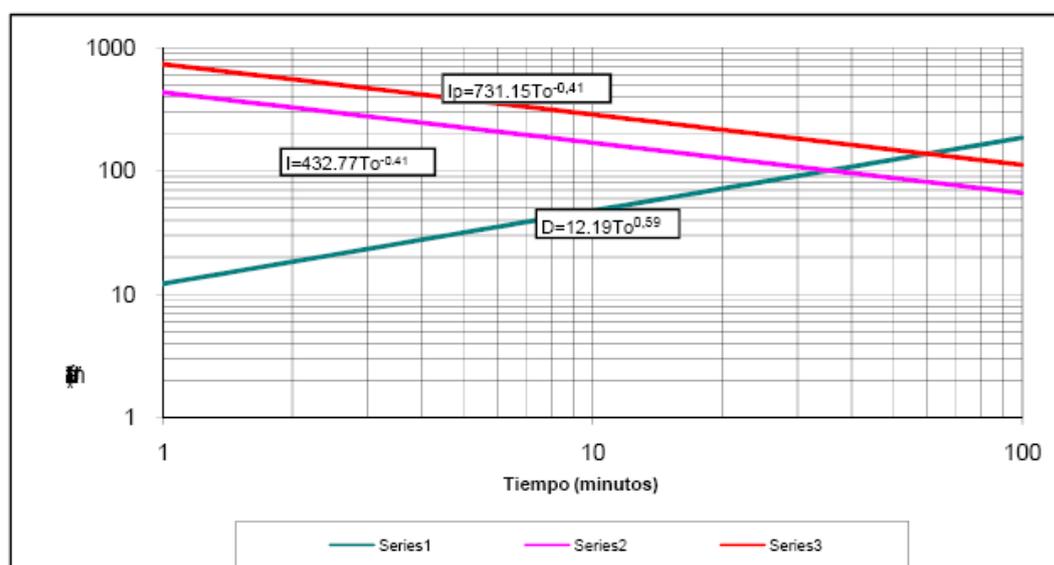
SERIE: Sangobatea
SECTOR: Pinchiquiato
CALICATA: N° 03

GPS : 03 X = 722991 Y = 8605503
TEXTURA: Franco - Arcilloso

MÉTODO: Cilindros Infiltrómetros
PARCELA: Inocencio Quispe Pumachara

Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instantanea	Media
0	0				
1	1	7.80	7.80	468.0	468.0
1	2	5.40	13.20	324.0	396.0
1	3	3.70	16.90	222.0	338.0
1	4	4.20	21.10	252.0	316.5
2	6	6.40	27.50	192.0	275.0
2	8	6.60	34.10	198.0	255.8
2	10	5.10	39.20	153.0	235.2
2	12	6.20	45.40	186.0	227.0
2	14	4.50	49.90	135.0	213.9
5	19	12.10	62.00	145.2	195.8
5	24	10.80	72.80	129.6	182.0
5	29	9.80	82.60	117.6	170.9
5	34	9.20	91.80	110.4	162.0
5	39	8.50	100.30	102.0	154.3
10	49	13.00	113.30	78.0	138.7
10	59	13.70	127.00	82.2	129.2
10	69	13.40	140.40	80.4	122.1
10	79	12.30	152.70	73.8	116.0
15	94	15.20	167.90	60.8	107.2
15	109	14.90	182.80	59.6	100.6

ib
4.58 cm/hr

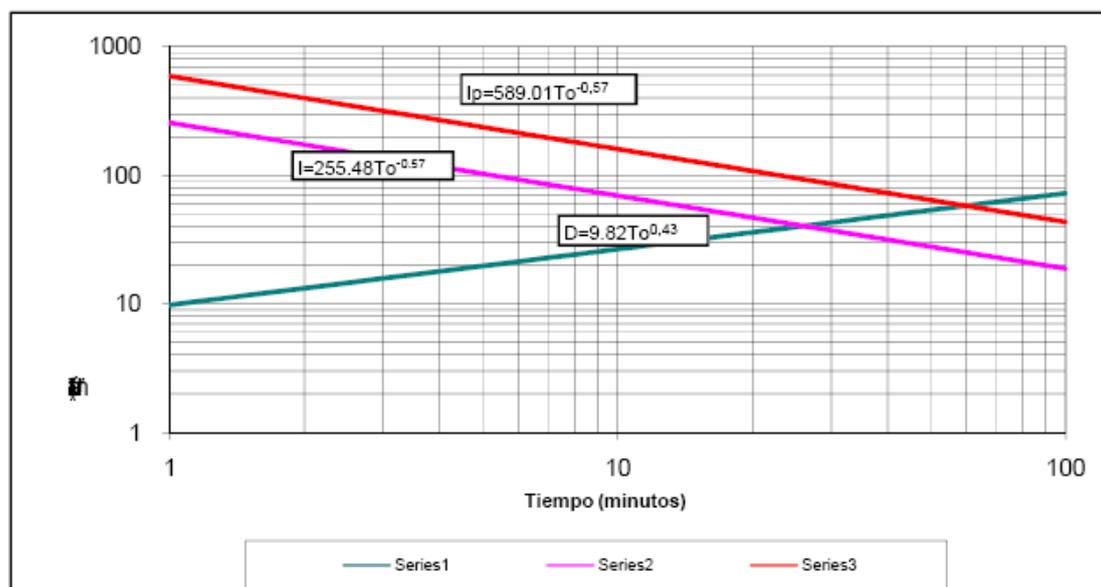


PRUEBA DE INFILTRACION

SERIE: Sangobatea GPS : 06 X = 721395 MÉTODO: Cilindros Infiltrómetros
 SECTOR: Kasungatiari Y = 8605853 PARCELA: Francisco Figueroa Sueldo
 CALICATA: N° 04 TEXTURA: Franco Arcilloso

Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instantanea	Media
0	0				
1	1	3.30	3.30	198.0	198.0
1	2	2.50	5.80	150.0	174.0
1	3	2.60	8.40	156.0	168.0
1	4	2.70	11.10	162.0	166.5
2	6	3.60	14.70	108.0	147.0
2	8	2.00	16.70	60.0	125.3
2	10	2.50	19.20	75.0	115.2
2	12	2.60	21.80	78.0	109.0
5	17	5.40	27.20	64.8	96.0
5	22	2.50	29.70	30.0	81.0
5	27	3.20	32.90	38.4	73.1
10	37	5.50	38.40	33.0	62.3
10	47	5.10	43.50	30.6	55.5
20	67	8.10	51.60	24.3	46.2
20	87	5.90	57.50	17.7	39.7

ib
0.94 cm/hr



PRUEBA DE INFILTRACION

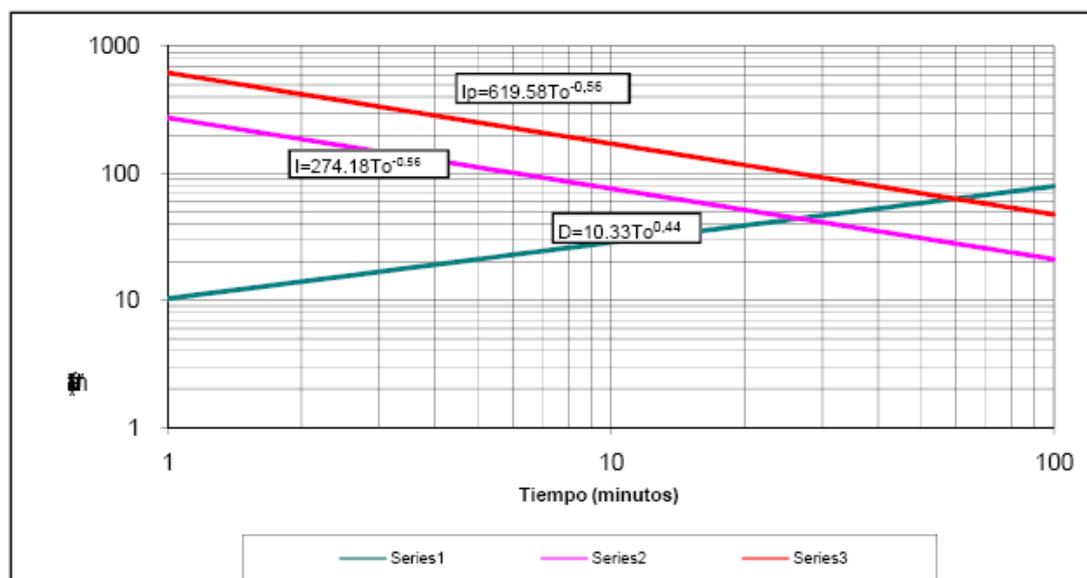
SERIE: Sangobatea
 SECTOR: Kasungatiari
 CALICATA: N° 05

GPS : 04 X = 721602 Y = 8605989
 TEXTURA: Franco Arcilloso

MÉTODO: Cilindros Infiltrómetros
 PARCELA: Antonio Figueroa Sueldo

Tiempo (minutos)		Lámina Infiltrada (cm)		Veloci. Infiltración (cm/hora)	
Parcial	Acumulado (To)	Parcial	Acumulado (Icum)	Instantanea	Media
0	0				
1	1	4.50	4.50	270.0	270.0
1	2	2.60	7.10	156.0	213.0
1	3	2.90	10.00	174.0	200.0
1	4	2.00	12.00	120.0	180.0
2	6	3.60	15.60	108.0	156.0
2	8	2.70	18.30	81.0	137.3
2	10	2.90	21.20	87.0	127.2
2	12	2.70	23.90	81.0	119.5
2	14	2.00	25.90	60.0	111.0
5	19	4.90	30.80	58.8	97.3
5	24	3.60	34.40	43.2	86.0
5	29	2.90	37.30	34.8	77.2
10	39	6.30	43.60	37.8	67.1
10	49	4.40	48.00	26.4	58.8
20	69	8.70	56.70	26.1	49.3
20	89	8.20	64.90	24.6	43.8

ib
1.07 cm/hr



CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA EN LOS ELEVADORES Y ASPERSORES

Proyecto tesis	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITINI - DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO
Sector	SANGOBATEA
Modulo	KASUNGATIARI, PINCHQUIATO, TARANGANL
Sub - Modulo	

NOMBRE	SIMBOLO	FORMULA	Asp.1/2", Q=0.24 l/s, Øm=1"	Asp.3/4", Q=0.50 l/s, Øm=1"	Asp.3/4", Q=1.00 l/s, Øm=1"	UNIDAD	NOTA
1.00 DATOS:							
1.10 ASPERSOR							
Aspersor			VYR26	VYR 35	VYR 70		
Conexión			Macho	Macho	Macho		
			1/2	3/4	3/4	pulg	
Caudal del aspersor	Qasp		0.24	0.50	1.00	l/s	
Coefficiente de rugosidad de Hazen-Williams	C	para PVC y PE	150.00	150.00	150.00		
Coefficiente de rugosidad de Hazen-Williams	C	para F ² G ²	100.00	100.00	100.00		
1.20 MANGUERA							
Tipo de manguera		Polieltieno	PE 100	PE 100	PE 100		
Presión nominal de trabajo	PN	PN 10	100	100	100	m	
Diámetro referencial de la manguera	Øm		1	1	1	pulg.	
Diámetro nominal de la manguera	Ønm		32.00	32.00	32.00	mm	
Diámetro Interior de la manguera	Øim		28.00	28.00	28.00	mm	
2.00 CALCULOS:							
2.10 PERDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO EN ELEVADOR	$H_{fricción}$	hr	0.06	0.07	0.27	m	
Diámetro referencial del elevador	Øre		1	1	1	pulg.	
Diámetro nominal del elevador	Øne		32.00	32.00	32.00	mm	
Diámetro Interior del elevador	Øie		28.80	28.80	28.80	mm	
Longitud del elevador	Le		4.00	1.20	1.20	m	Tubería de Aluminio
Pérdida de carga unitaria	J	$(Q / 0,2788 C D^{2,63})^{10,66}$	0.01	0.05	0.19	m/m	
Pérdida de carga por rozamiento	hr	1.2 J L	0.06	0.07	0.27	m	
Velocidad en el tubo elevador	V	$Qasp / \pi (\Øie / 2)^2$	0.37	0.77	1.54	m/s	
2.20 PERDIDAS SINGULARES	$H_{singulares}$						
Por salida del tubo (velocidad de descarga)	Lvd	De tablas	0.50	0.50	0.50	m	Pérdida por salida del elevador
Bushing de Ø 1" x 3/4"	Ls1	De tablas	0.30	0.30	0.30	m	
Niples y otros	Ls2	De tablas	0.20	0.20	0.20	m	
Enlace de Ø 32 mm x 1"	Ls3	De tablas	0.20	0.20	0.20	m	
Tee de paso directo de Ø 32 mm	Ls4	De tablas	0.50	0.50	0.50	m	
Tee de salida bilateral de Ø 32 mm	Ls5	De tablas	1.70	1.70	1.70	m	
Codo de radio corto a 90° de Ø 32 mm	Ls6	De tablas	0.80	0.80	0.80	m	
Por salida del tubo (velocidad de descarga)	hvd	$Ls1 \cdot V^2 / (2 \cdot 9.8)$	0.00	0.03	0.11	m	Pérdida por salida del elevador
Bushing de Ø 1" x 3/4"	hs1	$Ls1 \cdot V^2 / (2 \cdot 9.8)$	0.00	0.02	0.07	m	
Niples y otros	hs2	$Ls2 \cdot V^2 / (2 \cdot 9.8)$	0.00	0.01	0.04	m	
Enlace de Ø 32 mm x 1"	hs3	$Ls3 \cdot V^2 / (2 \cdot 9.8)$	0.00	0.01	0.04	m	
Tee de paso directo de Ø 32 mm	hs4	$Ls4 \cdot V^2 / (2 \cdot 9.8)$	0.00	0.03	0.11	m	
Tee de salida bilateral de Ø 32 mm	hs5	$Ls5 \cdot V^2 / (2 \cdot 9.8)$	0.01	0.11	0.36	m	
Codo de radio corto a 90° de Ø 32 mm	hs6	$Ls6 \cdot V^2 / (2 \cdot 9.8)$	0.01	0.05	0.16	m	
2.30 PERDIDA DE CARGA EN ASPERSORES							
2.31 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 01	$H_{aspersor.01}$		0.08	0.20	0.72	m	
Pérdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs6	0.08	0.20	0.72	m	
2.32 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 02	$H_{aspersor.02}$		0.08	0.24	0.87	m	
Pérdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs5	0.08	0.25	0.92	m	
Pérdida de carga en el 2° aspersor	Asp.02	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+1°hs4+hs5	0.08	0.23	0.83	m	
2.33 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 03	$H_{aspersor.03}$		0.09	0.27	0.96	m	
Pérdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs5	0.08	0.25	0.92	m	
Pérdida de carga en el 2° aspersor	Asp.02	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+1°hs4+hs5	0.09	0.29	1.03	m	
Pérdida de carga en el 3° aspersor	Asp.03	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+2°hs4+hs5	0.08	0.26	0.94	m	
2.34 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 04	$H_{aspersor.04}$		0.09	0.29	1.04	m	
Pérdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs5	0.08	0.25	0.92	m	
Pérdida de carga en el 2° aspersor	Asp.02	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+1°hs4+hs5	0.09	0.29	1.03	m	
Pérdida de carga en el 3° aspersor	Asp.03	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+2°hs4+hs5	0.09	0.32	1.14	m	
Pérdida de carga en el 4° aspersor	Asp.04	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+3°hs4+hs5	0.09	0.29	1.05	m	

CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA EN LOS ELEVADORES Y ASPERSORES

Proyecto tesis	DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERA DEL SECTOR SANGOBATEA, KITENI – DISTRITO DE ECHARATE - CUSCO
Sector	SANGOBATEA
Módulo	KASUNGATIARI, PINCHIKUATI, TARANGANI.
Sub - Módulo	

NOMBRE	SIMBOLO	FORMULA	Asp.1/2", Q=0.24 l/s, Øm=1"	Asp.3/4", Q=0.50 l/s, Øm=1"	Asp.3/4", Q=1.00 l/s, Øm=1"	UNIDAD	NOTA
2.35 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 05	H_{aspersor.05}		0.09	0.31	1.10	m	
Perdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs5	0.08	0.25	0.92	m	
Perdida de carga en el 2° aspersor	Asp.02	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+1°hs4+hs5	0.09	0.29	1.03	m	
Perdida de carga en el 3° aspersor	Asp.03	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+2°hs4+hs5	0.09	0.32	1.14	m	
Perdida de carga en el 4° aspersor	Asp.04	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+3°hs4+hs5	0.09	0.35	1.26	m	
Perdida de carga en el 5° aspersor	Asp.05	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+4°hs4+hs5	0.09	0.32	1.17	m	
2.36 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 06	H_{aspersor.06}		0.09	0.33	1.19	m	
Perdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs5	0.08	0.25	0.92	m	
Perdida de carga en el 2° aspersor	Asp.02	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+1°hs4+hs5	0.09	0.29	1.03	m	
Perdida de carga en el 3° aspersor	Asp.03	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+2°hs4+hs5	0.09	0.32	1.14	m	
Perdida de carga en el 4° aspersor	Asp.04	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+3°hs4+hs5	0.09	0.35	1.26	m	
Perdida de carga en el 5° aspersor	Asp.05	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+4°hs4+hs5	0.10	0.38	1.37	m	
Perdida de carga en el 6° aspersor	Asp.06	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+5°hs4+hs5	0.09	0.35	1.28	m	
2.37 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 07	H_{aspersor.07}		0.09	0.33	1.20	m	
Perdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs5	0.08	0.25	0.92	m	
Perdida de carga en el 2° aspersor	Asp.02	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+1°hs4+hs5	0.09	0.29	1.03	m	
Perdida de carga en el 3° aspersor	Asp.03	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+2°hs4+hs5	0.09	0.32	1.14	m	
Perdida de carga en el 4° aspersor	Asp.04	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+3°hs4+hs5	0.09	0.35	1.26	m	
Perdida de carga en el 5° aspersor	Asp.05	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+4°hs4+hs5	0.10	0.38	1.37	m	
Perdida de carga en el 6° aspersor	Asp.06	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+5°hs4+hs5	0.10	0.35	1.28	m	
Perdida de carga en el 7° aspersor	Asp.07	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+6°hs4+hs5	0.10	0.38	1.37	m	
2.37 N° ASPERSOR POR LINEA MOVIL: 08	H_{aspersor.08}		0.10	0.33	1.20	m	
Perdida de carga en el 1° aspersor	Asp.01	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+hs5	0.08	0.25	0.92	m	
Perdida de carga en el 2° aspersor	Asp.02	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+1°hs4+hs5	0.09	0.29	1.03	m	
Perdida de carga en el 3° aspersor	Asp.03	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+2°hs4+hs5	0.09	0.32	1.14	m	
Perdida de carga en el 4° aspersor	Asp.04	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+3°hs4+hs5	0.09	0.35	1.26	m	
Perdida de carga en el 5° aspersor	Asp.05	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+4°hs4+hs5	0.10	0.38	1.37	m	
Perdida de carga en el 6° aspersor	Asp.06	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+5°hs4+hs5	0.10	0.35	1.28	m	
Perdida de carga en el 7° aspersor	Asp.07	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+6°hs4+hs5	0.10	0.38	1.37	m	
Perdida de carga en el 8° aspersor	Asp.08	hr+hvd+hs1+hs2+hs3+7°hs4+hs5	0.10	0.35	1.28	m	

SIMBOLO	UND	DESCRIPCION
Qd	l/s	Caudal disponible en la fuente
T	hr	Disponibilidad de agua diaria
Pt	día	Periodo entre Turnos
Aa	há	Area de riego actual
Af	há	Area de riego a incrementar a futuro
A	há	Area a regar
Ea		Eficiencia de aplicación
	%	Cultivo
zr		Profundidad radicular
f	cm	% del rango de humedad aprovechable
Kc	%	Coeficiente del cultivo
		Mes considerado
# día	día	Numero de días del mes considerado
ETP	mm/mes	Evapotranspiración potencial
PE75%	mm/mes	Precipitación efectiva al 75% de persistencia
ETR	mm/mes	Evapotranspiración potencial real
Dun	mm/mes	Demanda unitaria neta
Dub	mm/mes	Demanda unitaria bruta
Cd	mm/día	Consumo diario de agua
Ap		Horizonte / Clase - Textura / Profundidad 01
h1	cm	Profundidad utilizable del estrato
CC1	%	Capacidad de Campo
PMP1	%	Punto de marchitez permanente
da1	gr/cm ³	Densidad aparente
Vlb1	mm/hr	Velocidad de infiltración básica
D'n	mm/mes	Dosis neta de riego
D'b	mm/mes	Dosis bruta de riego
Dn	mm/mes	Dosis neta de riego
Db	mm/mes	Dosis bruta de riego
Fr	día	Frecuencia de riego
Mr	l/s/há	Módulo de riego
A	há	Area a regar
Oferta	m ³	Oferta mensual
Demanda	m ³	Demanda mensual
	m ³	Oferta - Demanda
Ø	m	Diametro Mojado
Aasp	m ²	Area regada por cada aspersor
a	m	Distancia entre aspersores
b	m	Distancia entre líneas
S	m ²	Area o superficie regada por el marco de aspersión

SIMBOLO	UND	DESCRIPCION
Pasp	mm/hr	Intensidad de precipitación del aspersor
Tr	hr	Tiempo de aplicación del riego
N	Posiciones	Número de posiciones o sectores
Am	m ²	Area regada por módulo o sector
# asp-op	aspersores	Número de aspersores en operación
# asp-hid	aspersores	Número de aspersores por hidrante
# hidrantes	hidrantes	Número de hidrantes en operación
Qr	l/s	Caudal requerido por el sistema
# riegos	Veces	# de riegos a aplicar en un mes
Tc	hr	Tiempo por cambio de posición de los aspersores
Tt	hr	Tiempo total transcurrido entre posiciones
# Turnos	Veces	# de Turnos por dia/aspersor
Am	há	Area regada por módulo o sector
Qr	l/s	Caudal requerido por el sistema
Ap	m ²	Area regada por posición
Afr	há	Area regada por la frecuencia de riego
Lr	m	Longitud real
Le	m	Longitud equivalente
Q	l/s	Caudal de diseño
Aa	há	Area de riego actual
□ H	m	Diferencia de cotas
J	m/m	Perdida de carga unitaria
C		Ceficiente de Hazen Williams
Dcal	mm	Diametro calculado de la tubería
Dn	Pulg-mm	Diametro nominal de la tubería
Di	mm	Diametro interior de la tubería
Jcal	m/m	Perdida de carga por unitaria calculado
hf		Perdida de carga por tramos
V	m/s	Velocidad del flujo

DIAMETRO REFERENCIAL, EXTERIOR E INTERIOR DE TUBERIAS DE PVC PARA CONDUCCION DE FLUIDOS A PRESION

NORMA	Diámetro		Diámetro Interior			
	Referencial Pulg.	Exterior mm	S-20.0	S-13.3	S-10.0	S-6.6
			C-5.0	C-7.5	C-10.0	C-15.0
NTP-399.002	1/2	21			17.4	17.4
NTP-399.002	3/4	26.5			22.9	22.9
NTP-399.002	1	33			29.4	28.4
NTP-399.002	1 1/4	42		38.4	38.0	36.2
NTP-399.002	1 1/2	48		44.4	43.4	41.4
NTP-399.002	2	60	56.4	55.6	54.2	51.6
NTP-399.002	2 1/2	73	69.4	67.8	66.0	62.8
NTP-399.002	3	88.5	84.1	82.1	80.1	76.1
NTP-399.002	4	114	108.4	105.8	103.2	98.0
NTP-399.002	5					
NTP-399.002	5 1/2					
NTP-399.002	6	168	159.8	155.8	152.0	144.6
NTP-399.002	8	219	208.4	203.2	198.2	188.4
NTP-399.002	10	273	259.6	253.2	247.0	235.0
NTP-399.002	12	323	307.2	299.6	292.2	278.0
ISO-4422	2	63	59.8	58.4	57.0	54.2
ISO-4422	2 1/2	75	71.2	69.4	67.8	64.4
ISO-4422	3	90	85.6	83.4	81.4	77.4
ISO-4422	4	110	104.6	102.0	99.4	94.6
ISO-4422	5	125				
ISO-4422	5 1/2	140				
ISO-4422	6	160	152.0	148.4	144.6	137.6
ISO-4422	8	200	190.2	185.4	180.8	172.0
ISO-4422	10	250	237.6	231.8	226.2	215.0
ISO-4422	12	315	299.6	292.2	285.0	271.0
ISO-4422	14	355	337.6	329.2	321.2	305.4
ISO-4422	16	400	380.4	371.0	361.8	344.0
ISO-4422	18	450	428.0	417.4	407.0	387.2
ISO-4422	20	500	475.4	463.8	452.2	430.2
ISO-4422	24	630	599.2	584.4	570.0	

ANEXO 06: PANEL FOTOGRAFICO



Foto N° 04 Realizando las pruebas de infiltración.

Foto N° 05 Riachuelo Kasungatiari Punto de la bocatoma 1196 msnm. y derivación de sus aguas por la margen derecha, se puede distinguir la fuerte pendiente de caída.



*Foto N° 06 Vista Catarata Bocatoma(Kincurishiato)
Se aprecia la caída vertical, en cuyo pie ha sido designada el área para la construcción de la bocatoma por la margen derecha, el lugar es un estrecho cañón de rocas de grano fino en la cota 1268 msnm*





Foto N° 07 Realizando el aforo con el instrumento de correntómetro de la fuente hídrica superficial Kasungatiari

Foto N° 08 Realizando el aforo con el instrumento de correntómetro de la fuente hídrica superficial Pinchiquiato



Foto N° 09 Realizando el aforo de la fuente hídrica superficial Manuntuari, por el método volumétrico.



Foto N° 10 Realizando el levantamiento topográfico

ANEXO 07: PLANOS

