



PERÚ

**Ministerio
de Agricultura**

**Autoridad
Nacional del Agua**

**Administración Local de Agua
Locumba Sama**

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Área de Aguas Superficiales

ESTUDIO

EVALUACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS CUENCAS DE LOS RIOS LOCUMBA Y SAMA



VOL I

Lima, Diciembre 2010



Ministerio de Agricultura
Autoridad Nacional del Agua
Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Administración Local de Agua Locumba Sama

PERSONAL DIRECTIVO

Ing. Carlos Pagador Moya	<i>Jefe de la Autoridad Nacional del Agua</i>
Ing. Oscar Avalos Sanguinetti	<i>Director de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos</i>
Ing. Emilse Benavides Casanova	<i>Jefe del Área de Recursos Hídricos Superficiales</i>
Ing. Juan Gil Vizcarra Mamani	<i>Administrador Local de Agua Locumba Sama</i>
Ing. Jaime A. Iglesias Salas	<i>Asistente Técnico ALA Locumba Sama</i>

PERSONAL EJECUTOR

Ing. Eduardo A. Chávarri Velarde	<i>Estudio Hidrológico</i>
Ing. Edwin Pino Vargas	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG)</i>
Ing. Gabriel Ángel Espíritu Jiménez	<i>Técnico de Campo</i>
Javier Fernando Gonzales Briones	<i>Técnico de Campo</i>
Edison Villanueva Medina	<i>Técnico de Campo</i>

EQUIPO ASESOR Y SUPERVISOR

Ing. Gastón Pantoja Tapia	<i>Hidrología</i>
Ing. Máximo E. Vásquez Calderón	<i>Hidrología</i>
Ing. Eduardo Choquepuma Llave	<i>Modelamiento y Simulación Hidrológica</i>

ALA Locumba Sama
Tacna – Perú
Diciembre 2010



**ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS
SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS LOCUMBA Y SAMA**

Contenido

PRESENTACIÓN.....	11
RESUMEN	12
1. ASPECTOS GENERALES.....	14
1.1. INTRODUCCIÓN	15
1.2. JUSTIFICACIÓN	15
1.3. OBJETIVOS	16
<i>1.3.1. Generales.....</i>	<i>16</i>
<i>1.3.2. Específicos.....</i>	<i>16</i>
1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	16
<i>1.4.1. Trabajos de campo.....</i>	<i>17</i>
<i>1.4.2. Trabajos de gabinete</i>	<i>18</i>
<i>1.4.3. Recopilación de información básica.....</i>	<i>20</i>
<i>1.4.4. Información pluviométrica e hidrométrica.....</i>	<i>21</i>
<i>1.4.5. Información cartográfica.....</i>	<i>24</i>
2. DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA.....	24
2.1. DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO	27
2.2. UBICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE LA CUENCA	29

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

2.2.1. <i>Ubicación geográfica</i>	29
2.2.2. <i>Demarcación hidrográfica</i>	29
2.2.3. <i>Demarcación político - administrativa</i>	34
2.3. ACCESIBILIDAD – VÍAS DE COMUNICACIÓN	34
2.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	35
2.4.1. <i>Población – Demografía</i>	35
2.5. CLIMA Y ECOLOGÍA	36
2.5.1. <i>Clima</i>	36
2.5.2. <i>Ecología</i>	38
2.6. COBERTURA VEGETAL.....	43
2.7. SUELOS	44
2.7.1. <i>Uso mayor de suelos</i>	44
2.7.2. <i>Grandes grupos de suelos</i>	45
2.8. GEOLOGÍA.....	51
2.8.1. <i>Cuenca Locumba</i>	51
2.8.2. <i>Cuenca del Sama</i>	57
2.9. RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES	63
2.9.1. <i>Fuentes de agua principales</i>	63
2.9.2. <i>Infraestructura hidráulica principal</i>	63

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

2.10. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS	70
2.10.1. Generalidades	70
3. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRÍA	75
3.1. RED DE ESTACIONES	75
3.1.1. Registros Pluviométricos	75
3.2. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA	75
3.2.1. Análisis de Consistencia	75
3.3. COMPLETACIÓN Y EXTENSIÓN DE LA INFORMACIÓN	81
4. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	82
4.1. ANÁLISIS DE DESCARGAS MEDIAS MENSUALES	82
4.2. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA	82
4.2.1. Análisis de Doble Masa	83
4.2.2. Análisis de Estadístico	91
4.2.3. Análisis de de Tendencias	91
5. GENERACIÓN DE DESCARGAS EN PUNTOS DE INTERÉS	91
5.1. DISPONIBILIDAD HÍDRICA NATURAL DE LOS RÍOS DE LAS CUENCAS LOCUMBA Y SAMA	91
5.2. GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN LAS CUENCAS DE TRASVASE HACIA LOCUMBA Y SAMA	93
6. USO Y DEMANDA DE AGUA	96

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

6.1. DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA DEL LOCUMBA	96
6.1.1. DEMANDA AGRICOLA	96
a. Áreas bajo riego valle Locumba	97
b. Áreas nuevas	97
c. Cálculo de la evapotranspiración potencial	98
d. Cédula de cultivos	100
e. Eficiencia de riego	101
f. Módulos de riego – Situación Actual	101
g. Demanda de agua bruta total – Situación Actual	102
6.1.2. DEMANDA POBLACIONAL	103
6.1.3. DEMANDA MINERA	104
6.2. DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA DEL SAMA	104
6.2.1. DEMANDA AGRICOLA	104
a. Áreas bajo riego valle Sama	104
b. Áreas nuevas	105
c. Cálculo de la evapotranspiración potencial	105
d. Cédula de cultivos	107
e. Eficiencia de riego	107
f. Módulos de riego – Situación Actual	107

g. <i>Demanda de agua bruta total – Situación Actual</i>	108
6.2.2. <i>DEMANDA POBLACIONAL</i>	109
7. EVENTOS HIDROLOGICOS EXTREMOS	110
8. MODELACION HIDROLOGICA	112
8.1. GENERALIDADES	112
8.2. DESCRIPCION DEL MODELO	112
8.3. FORMULACIÓN DEL MODELO	121
8.4. CALIBRACION DEL MODELO	123
8.5. RESULTADOS DEL BALANCE HIDROLOGICO DE LOS ESCENARIOS .	125
8.6. EVALUACION DE ESCENARIOS	130
8.7. PROPUESTA DE ESCENARIOS	133
8.7.1. <i>ESCENARIO A MEDIANO PLAZO</i>	135
8.7.2. <i>ESCENARIO A LARGO PLAZO</i>	137
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
9.1. CONCLUSIONES	139
9.2. RECOMENDACIONES	140
10. BIBLIOGRAFIA	141
11. ANEXOS	142

INDICE DE CUADROS

1. Estaciones con registro de precipitación total mensual en el ámbito del estudio.
2. Estaciones con registro de caudales medios mensuales cuencas Locumba y Sama.
3. Características hidrográficas cuenca Locumba
4. Características hidrográficas cuenca Sama
5. Demarcación político administrativa de Tacna
6. Información demográfica de la zona en estudio
7. Parámetros geomorfológicos – Cuenca Locumba
8. Parámetros geomorfológicos – Cuenca Sama
9. Caudales naturalizados en puntos de interés
10. Descriptores estadísticos Río Ancoaque
11. Descriptores estadísticos Río Tacalaya
12. Áreas bajo riego Valle Alto Locumba
13. Áreas bajo riego Valle Bajo Locumba
14. Evapotranspiración potencial Penman Monteith Valle Candarave
15. Evapotranspiración potencial Penman Monteith Valle Mirave
16. Evapotranspiración potencial Penman Monteith Valle Locumba
17. Evapotranspiración potencial Penman Monteith Valle Ite
18. Cédula de cultivos en porcentaje para cada uno de los valles involucrados en el estudio.
19. Módulo de Riego Bruto Situación Actual
20. Demanda bruta total Situación Actual
21. Demanda poblacional – Locumba
22. Demanda minera – Locumba
23. Áreas bajo riego Sama
24. Evapotranspiración potencial Penman Monteith valle Sama
25. Evapotranspiración potencial Penman Monteith Lomas Sama
26. Cédula de cultivos valle Sama
27. Módulo de Riego Bruto Valle Sama

- 28.** Demanda bruta total Valle Sama
- 29.** Demanda poblacional Sama
- 30.** Ríos con información para realizar el análisis de eventos extremos
- 31.** Caudales máximos instantáneos río Sama
- 32.** Factores de proporcionalidad
- 33.** Escenarios de simulación
- 34.** Leyenda Base de Datos
- 35.** Percentiles de la oferta hídrica Sistema Locumba Sama
- 36.** Percentiles del caudal de demanda hídrica valles de Locumba y Sama
- 37.** Resultados niveles de confiabilidad
- 38.** Resultados escenarios propuestos

INDICE DE FIGURAS

1. Ubicación de las estaciones meteorológicas
2. Ámbito de las cuencas Locumba, Sama y Caplina.
3. Caudales medios multianuales – Cuenca Locumba
4. Caudales medios multianuales – Cuenca Sama
5. Ubicación cuencas Locumba Sama según el sistema Pfafstetter
6. Curva Altura – Área del espejo de agua Laguna Aricota
7. Curva Altura – Volumen Almacenado Laguna Aricota
8. Análisis doble masa : Locumba,Sama, Magollo.
9. Análisis doble masa :J. Basadre y La Yarada
10. Análisis doble masa : Curibaya, Ilabaya y Corrientes
11. Análisis doble masa :Sama, Calana y Puquio
12. Análisis doble masa : Palca y Calientes
13. Análisis doble masa : Talabaya, Susapaya, Sitajara y Tarata
14. Análisis doble masa : Toquepala, Palca, Paucarani
15. Análisis doble masa : Suches, Tacalaya, Qda. Honda y Vilacota
16. Análisis doble masa : Cairani y Candarave
17. Análisis doble masa : Challapalca y Chuapalca
18. Análisis doble masa : La Tranca y Aguas Calientes
19. Análisis doble masa : La Tranca, Aguas Calientes y Piedras Blancas
20. Análisis doble masa : La Tranca, Puente Viejo y Aguas Calientes.
21. Análisis doble masa : Ticapampa y El Cairo
22. Análisis doble masa : Candarave, Laguna Aricota y Yabroco
23. Análisis doble masa : Coranchay y Vilacota – Kovire
24. Análisis doble masa : Coranchay y Vilacota
25. Análisis doble masa : Tacalaya, Qda. Honda y Jacopunco
26. Análisis doble masa : Challapalca, Chuapalca, La Frontera y Bocatoma
27. Análisis doble masa : Copapujo, Mamuta I, Mamuta II
28. Análisis doble masa: Vilacota (Caudal y Precipitación), Challapalca, Chuapalca.
29. Análisis doble masa : Vilacota (Caudal y Precipitación)

30. Análisis doble masa : Vilacota y Kovire Bofedal
31. Análisis doble masa : Entrada Túnel Kovire y Chuapalca
32. Caudales medios mensuales series generadas 1993 – 2066 (m³/s)
33. Caudales de máximas avenidas por periodos de retorno desde 1.25 a 1000 años (m³/s)
34. Menú principal del programa
35. Esquema hidráulico Locumba Sama
36. Escenarios de Simulación
37. Módulos brutos de riego Valles Tacalaya, Callazas, Salado
38. Módulos brutos de riego Valles Curibaya e Ilabaya
39. Módulos brutos de riego Valle Locumba
40. Módulos brutos de riego Valle Ite
41. Módulos brutos de riego Lomas de Locumba e Ite Norte
42. Módulos brutos de riego Valle Sama
43. Demanda Poblacional
44. Regla de Operación Laguna Aricota
45. Regla de Operación Embalse Yarascay
46. Regla predeterminada Embalse Yarascay
47. Cálculo de porcentajes de confiabilidad
48. Volúmenes históricos de Laguna Aricota
49. Volúmenes almacenados simulación Laguna Aricota (Periodo 1993 – 2009)
50. Ubicación de los puntos de control del modelo de simulación
51. Percentiles de oferta hídrica Sistema Locumba Sama
52. Percentiles de demanda hídrica Sistema Locumba Sama
53. Confiabilidad en Volumen y Tiempo Escenarios Mediano Plazo
54. Confiabilidad en Volumen y Tiempo Escenarios Largo Plazo
55. Simulación de los volúmenes almacenados Laguna Aricota Mediano y Largo plazo (Hm³).
56. Percentiles Sistema Aricota Mediano Plazo
57. Percentiles Embalse Yarascay Mediano Plazo

- 58. Percentiles de demanda de las áreas nuevas Sistema Locumba – Sama Mediano Plazo.
- 59. Percentiles caudales excedentes al mar – Mediano Plazo
- 60. Percentiles Sistema Aricota Largo Plazo
- 61. Percentiles Embalse Yarascay Largo Plazo
- 62. Percentiles de demanda de las áreas nuevas Sistema Locumba – Sama Largo Plazo
- 63. Percentiles caudales excedentes al mar – Largo Plazo

Presentación

Según la legislación, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) tiene como funciones, entre otras, formular y dirigir la política y estrategia nacional de recursos hídricos, que viene implementando a nivel de cuencas hidrográficas, previamente priorizadas, la elaboración de Estudios de Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales.

El presente estudio corresponde a la “Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales de las Cuencas de los ríos Locumba y Sama”.

Durante la elaboración del presente estudio se desarrollaron trabajos de campo y consultas en otras instituciones, de forma permanente con el personal técnico del ALA Locumba Sama. Asimismo, fue discutida y aprobada una Acta, relacionada con el alcance de los escenarios de simulación a realizar.

El estudio comprendió la determinación de las características físicas y ecológicas de la cuenca, el análisis y tratamiento de la pluviometría, el análisis y tratamiento de la escorrentía superficial, generación de descargas en puntos de interés, uso y demanda de agua, eventos hidrológicos extremos y la modelación hidrológica del planeamiento hidráulico presente y proyectado en dichas cuencas según escenarios: actual, a mediano y largo plazo. Finalmente, se debe indicar que gran parte de información generada fue sintetizada en un Sistema de Información Geográfico.

Resumen

La primera parte del estudio comprende una descripción general del ámbito del mismo y el diagnóstico de los aspectos socioeconómicos, ambientales, suelos, geología y sobre los recursos hídricos superficiales y la infraestructura hidráulica existente en ambas cuencas.

Luego se trata de manera exhaustiva la oferta hídrica de las cuencas con el análisis y tratamiento de la información de la precipitación total mensual y de las descargas medias mensuales de todas las estaciones meteorológicas e hidrométricas de las cuencas Locumba y Sama. Asimismo, se realizó la generación de series de descargas medias mensuales naturales en las cuencas de los ríos Locumba y Sama y en para las cuencas de trasvase hacia las mismas.

Seguidamente se describe el uso del agua y calcula la demanda hídrica de las cuencas del tipo agrícola, poblacional y minera para ambas cuencas.

Luego, se trata y calcula los eventos de máximas avenidas de los ríos Curibaya, Ilabaya, Confluencia Callazas –Salado y Sama.

Para realizar los balances hídricos de interés para el ANA y ALA Locumba Sama, se desarrolló un modelo de simulación hidrológica que fue previamente calibrado para el escenario actual y luego utilizado para evaluar escenarios futuros y, a mediano y largo plazo. Cabe indicar que el modelo matemático generado fue explicado y entregado a los profesionales y técnicos del ALA Locumba Sama.

Las conclusiones del estudio están relacionadas a los escenarios a mediano plazo, sin y con incorporación de áreas nuevas a la agricultura; y a los escenarios a largo plazo, sin y con incorporación de áreas nuevas a la agricultura.

Se concluye también, que existe la necesidad de ejecutar la construcción del Embalse de Yarascay, para la regulación de los caudales de la cuenca del río Sama, con el cual se podría incorporar un máximo de 1300 ha en la irrigación Ite Norte y un máximo de 1000 ha en Lomas de Sama.

Finalmente, se recomienda rehabilitar el canal de conducción de las aguas provenientes del río Ancoaque a través del trasvase por el túnel Kovire hacia el dique Cano. Actualmente existe una gran pérdida de agua por evaporación e infiltración; y de otro lado, realizar de manera inmediata los trabajos de protección de cuencas, y plantear un programa de manejo de cuencas en las zonas del río Callazas (valle de Candarave), ingreso a la laguna Aricota, valles del Curibaya e Ilabaya, comprendidas dentro de zona de riesgo geológico según el Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET).

1. Aspectos Generales

La creciente escasez de agua en la zona Sur del Perú y especialmente en la región Tacna, es un factor que limita el desarrollo socioeconómico regional por lo que es necesario tomar medidas urgentes para afrontar esta problemática.

Por otra parte, la planificación de los recursos hídricos a diferentes niveles y etapas de desarrollo debe plantearse partiendo de un inventario y evaluación, a partir de los cuales se realizan los estudios hidrológicos, aplicando metodologías como modelos hidrológicos, que aumentan muy sustancialmente el nivel de conocimiento y garantía de los estudios; después es necesario el planeamiento de un plan hidrológico general, para llegar finalmente a los Proyectos de Evaluación y Explotación de este recurso.

Ante tales consideraciones, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) viene implementando a nivel de cuencas hidrográficas previamente priorizadas, la elaboración de Estudios de Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales con el objeto de evaluar los recursos hídricos en cuencas, y así definir las condiciones para su óptima explotación.

El estudio consideró la oferta hídrica disponible según la infraestructura hidráulica existente y la que viene siendo planificada en las cuencas de los ríos Locumba y Sama. Por otra parte la demanda hídrica total actual y futura considerando la incorporación de nuevas áreas bajo riego para la agricultura. Finalmente se realizarán los balances hídricos respectivos según escenarios, los cuales fueron evaluados mediante criterios de confiabilidad del recurso.

1.1. Introducción

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) viene implementando a nivel de cuencas hidrográficas previamente priorizadas, la elaboración de Estudios de Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales con el objeto de evaluar los recursos hídricos en cuencas, y así definir las condiciones para su óptimo Evaluación.

En tal sentido, para el cumplimiento de éstos objetivos, se previó la contratación de un Especialista en Recursos Hídricos Superficiales para desarrollar el Estudio “Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en las Cuencas de los ríos Locumba y Sama”.

El Estudio “Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del río Locumba Sama”, comprendió la determinación de las características físicas y ecológicas de la cuenca, evaluación de las variables meteorológicas, diagnóstico de la red meteorológica e hidrométrica de la cuenca, comportamiento de la precipitación en la cuenca, disponibilidad hídrica de la cuenca y de las sub-cuencas más importantes, demanda multisectorial (consuntivo y no consuntivo), modelación hidrológica y balance hidrológico de la cuenca y cuencas de transvase y eventos hidrológicos extremos. Asimismo, se sistematizó la información generada en una base de datos georeferenciada.

1.2. Justificación

La justificación del Estudio “Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en las Cuencas de los ríos Locumba y Sama”, está relacionada con la escasez de agua más frecuente en la zona Sur del Perú y por el hecho de ser una zona de interés geopolítico muy importante para el país.

1.3. Objetivos

1.3.1. Generales

Describir, evaluar, cuantificar y simular el comportamiento de las cuencas Locumba y Sama. Asimismo realizar la simulación hidrológica del sistema hidráulico incluido en dichas cuencas.

1.3.2. Específicos

- Determinar las características físicas y ecológicas de las cuencas.
- Evaluación de las variables meteorológicas.
- Diagnóstico de la red meteorológica e hidrométrica de las cuencas.
- Evaluación del comportamiento de la precipitación en la cuenca y sub-cuencas.
- Determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca y de las sub-cuencas más importantes.
- Estimación de la demanda multisectorial (consuntiva y no consuntiva).
- Plantear escenarios de simulación del sistema hidráulico en situación actual y en situación futura a mediano y largo plazo.
- Realizar los balances hidrológicos del sistema hidráulico según los escenarios anteriormente planteados.
- Realizar el análisis de máximas avenidas
- Implementar un modelo de simulación hidrológica que permita su actualización posterior con fines de Gestión.
- Sistematizar la información cartográfica (coberturas temáticas generadas) en un sistema de información geográfica (SIG)

1.4. Metodología de trabajo

La metodología general de trabajo se sustenta en la evaluación, cuantificación y simulación del las cuencas Locumba y Sama y asimismo del sistema hidráulico mayor de trasvase y regulación incluido en ellas. Comprende:

1.4.1. Trabajos de campo

- Reconocimiento de las características geomorfológicas de la cuenca, cobertura vegetal y otros.
- Evaluación del sistema hidrográfico de las cuencas, en cuanto a: red de drenaje, características principales de las fuentes hídricas superficiales, disponibilidad hídrica superficial (ríos quebradas, manantiales y otros.), asimismo se identificara los efluentes principales, así como aportes de trasvase de existir.
- Evaluación de la infraestructura hidráulica mayor existente en la cuenca, como obras de trasvase, regulaciones, irrigaciones, centrales hidroeléctricas, derivaciones para uso minero, poblacional, otros.
- Inventario y evaluación de las estaciones meteorológicas e hidrométricas de la cuenca y cuencas vecinas: tipo de estación; variables de medición; determinación de su ubicación (con GPS y en el mapa); descripción de su instrumentación (tipo y estado de conservación), operación de la estación, frecuencia de mediciones, periodo de registro; otros. En el Anexo N°10 se presenta el Mapa de Ubicación de Estaciones Hidrometeorológicas.
- Aforos en los principales puntos de interés (sub-cuencas seleccionadas). Los resultados se presentan en el Anexo N°09.
- Reconocimiento de lagunas, ubicación de los puntos de regulación y captación.
- Evaluación de la demanda multisectorial y consumo de agua para los diferentes usos (consuntivo y no consuntivo)
- Otras actividades vinculadas con el proyecto.

En el Anexo No.05, se muestra la galería de fotos respectiva.

1.4.2. Trabajos de gabinete

- Revisión de estudios anteriores, se procederá a la identificación y recopilación en orden cronológico y de mayor relevancia de los estudios hidrológicos realizados.
- Se efectuará un breve diagnóstico de la situación actual de la cuenca Delimitación en gabinete de las sub-cuencas más importantes y la ubicación de los puntos de aforo (Anexo N°9).
- Se evaluará el aspecto climatológico de las cuencas, describiendo las diferentes variables climáticas como son la precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad – dirección del viento, y otras de importancia, en base a la información meteorológica disponible. Así mismo, se hará la correspondiente clasificación climática de la cuenca.
- Se hará una caracterización y zonificación de la cuenca desde el punto de vista ecológico principalmente, de existir información de otros mapas temáticos será incluido. Esta información en formato SIG, será plasmada en planos a escala adecuada y formará parte de los anexos.
- Se describirá en forma detallada el sistema hidrográfico de la cuenca y subcuencas, superponiendo en ella los esquemas hidráulicos en uso, información que servirá durante el desarrollo del balance hídrico y/o simulación hidrológica. Esta información en formato SIG será plasmado en planos A4 que irán en el cuerpo del informe y en los anexos respectivos.
- Las características geomorfológicas de la cuenca y sub-cuencas se determinarán en base a los planos digitales a escala 1:100 000 ó 1: 50 000. Los parámetros principales que se describirán son: longitud del cauce principal, rectángulo equivalente, altitud media de la cuenca, curva hipsométrica y de distribución de frecuencias, pendiente media de la cuenca, pendiente media del río, coeficiente de compacidad o índice de Gravelius, factor de forma y otros de importancia. El responsable del estudio debe incluir en forma breve el concepto y objeto de determinar

cada uno de los parámetros que servirán como base para la interpretación física de los modelos hidrológicos que puedan emplearse.

- Se detallará y describirá los registros históricos hidrometeorológicos disponibles para el estudio, en cuadros y gráficos, incluirlos en los anexos.
- El análisis de la información hidrometeorológica incluirá: el análisis de consistencia (análisis gráfico de hidrogramas y de doble masa), análisis estadístico de saltos y tendencias, completación y extensión de las series, utilizando para ello métodos adecuados.
- Se evaluará la necesidad de la instalación de nuevas estaciones hidrometeorológicas en la cuenca, identificar la ubicación con coordenadas y mostrarlas en el respectivo plano en función a las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Se determinará la disponibilidad u oferta mensual de agua a nivel de cada unidad hidrográfica seleccionada, sean estas a partir de caudales previa regionalización o en su defecto, mediante modelos lluvia-escorrentía, se efectuará su calibración correspondiente.
- Se definirá la disponibilidad del recurso hídrico a distintos niveles de persistencia o probabilidad de ocurrencia al 50%, 75% y 95%.
- Se determinarán las necesidades de agua para los diferentes usos presentes en la cuenca (agrícolas, minero, industrial, hidroenergético, poblacional, etc.), información que servirá de base para realizar el balance hídrico y/o simulación de operaciones de los sistemas hidráulicos existentes.
- Se efectuará una revisión de los derechos de agua otorgados para los diferentes usos, que servirá de base para realizar el balance hídrico y/o simulación hidrológica del sistema hidráulico.
- Se efectuará el balance hídrico mediante simulación hidrológica de acuerdo al planteamiento hidráulico actual y futuro, teniendo en consideración: las ofertas y demandas de agua en situación actual y

futura, considerando criterios de garantía en la satisfacción de la demanda en tiempo y volumen.

- Se evaluará eventos hidrológicos extremos, se determinará los caudales máximos con fines de diseño para las sub-cuencas más importantes y que servirían con fines de prevención y planificación hidrológica, de Información básica.

1.4.3. Recopilación de información básica

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía (SENAMHI). Información meteorológica e hidrométrica. Agosto 2010.
- Proyecto Especial Afianzamiento y Ampliación de los Recursos Hídricos de Tacna. Información Sistema Hidráulico Proyecto Especial Tacna. Agosto 2010.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Información estadística de población y vivienda. Agosto 2010.
- Ministerio de Agricultura. Sistema de codificación de Pfafstetter. 2008.
- Gobierno Regional de Tacna. Proyecto Especial Afianzamiento y Ampliación de los Recursos Hídricos de Tacna. “Simulación del Planeamiento Hidráulico para el aprovechamiento de aguas del río Locumba y Laguna Aricota”. Eduardo Chávarri V., Diciembre – 2006.
- Ministerio de Agricultura. Administración Técnica del Distrito de Riego Locumba – Sama. Estudio Hidrogeológico del Valle de Sama. Octubre 2006.
- Ministerio de Agricultura. Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua (PROFODUA) – Valle de Locumba. Diciembre 2004.
- Ministerio de Agricultura. Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua (PROFODUA) – Valle de Sama. Diciembre 2004.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – Instituto Nacional de Desarrollo. “Plan de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas de los Proyectos Hidráulicos de Costa del INADE”, ATA – Agosto del 2002.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CONSERVACION Y PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

1.4.4. Información pluviométrica e hidrométrica

Los Cuadros N° 01 y N° 02 muestran la información pluviométrica e hidrométrica de la zona en estudio.

Cuadro No.01 Estaciones con registros de precipitación total mensual en el
ámbito del estudio.

ESTACIONES	TIPO	CUENCA	UBICACIÓN POLÍTICA			UBICACIÓN GEOGRÁFICA			PERIODO	
			DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	INICIO	FIN
LOCUMBA	CO	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE	LOCUMBA	-70.750	-17.600	591	1964	2009
ITE	PLU	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	ITE	-70.967	-17.850	150	1965	2009
MIRAVE	CO	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE	ILABAYA	-70.550	-17.483	1,200	1964	1982
ILABAYA	PLU	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	ILABAYA	-70.517	-17.417	1,425	1965	2009
CURIBAYA	PLU	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CURIBAYA	-70.333	-17.383	2,350	1964	2005
CAIRANI	PLU	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAIRANI	-70.367	-17.283	3,205	1970	2009
CAMILACA	PLU	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAMILACA	-70.433	-17.267	3,300	1964	1986
CANDARAVE	CO	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.250	-17.267	3,415	1964	2009
TOQUEPALA	PLU	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE GROHMANN	ILABAYA	-69.933	-17.633	3,650	1952	2009
QDA.HONDA	CO	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAMILACA	-70.500	-17.150	4,200	1966	2002
TACALAYA	CO	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAIRANI	-70.417	-17.050	4,400	1952	2002
SUCHES	CO	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.383	-16.917	4,452	1956	2002
SAMA	CO	SAMA	TACNA	TACNA	INCLAN	-70.517	-17.783	532	1965	2009
HACIENDA PUQUIO	PLU	SAMA	TACNA	TACNA	INCLAN	-70.383	-17.767	850	1964	1997
TARATA	CO	SAMA	TACNA	TARATA	TARATA	-70.033	-17.467	3,068	1963	2009
SITAJARA	PLU	SAMA	TACNA	TARATA	SITAJARA	-70.133	-17.367	3,100	1964	2009
SUSAPAYA	PLU	SAMA	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	-70.133	-17.350	3,399	1965	2009
TALABAYA	PLU	SAMA	TACNA	TARATA	ESTIQUE	-69.983	-17.550	3,400	1966	2009
JORGE BASADRE	MAP	CAPLINA	TACNA	TACNA	TACNA	-70.250	-18.017	560	1993	2008
PAUCARANI	CO	LIMITE CAPLINA	TACNA	TACNA	PALCA	-69.783	-17.517	4,597	1964	2009
CHUAPALCA	PLU	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	-69.650	-17.350	4,250	1964	2009
CHALLAPALCA	PLU	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	-69.783	-17.217	4,250	1964	2009
VILACOTA	PLU	MAURE	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	-70.050	-17.117	4,390	1964	2003

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No.01 Ubicación de estaciones meteorológicas



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 DIRECCION DE CONSERVACION Y PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

**Cuadro No.02 Estaciones con registros de caudales medios mensuales –
 Cuencas Locumba y Sama.**

ESTACIONES HIDROMETRICAS

N°	ESTACION	TIPO	CUENCA	UBICACIÓN POLÍTICA			UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
				DPTO.	PROV.	DIST.	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
1	JAPOPUNCO	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.267	-16.850	4515
2	IZCAVIZCACHAS 1	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.167	-17.850	4500
3	IZCAVIZCACHAS 2	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.167	-17.850	4500
4	TACALAYA	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAMILACA	-70.417	-17.050	4400
5	QDA.HONDA	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CAMILACA	-70.517	-17.167	4200
6	ICHICOLLO	LIM	LOCUMBA	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	-70.083	-17.250	4163
7	CORANCHAY	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.283	-17.117	4100
8	JARUMAS	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.233	-17.333	2950
9	MULLINI	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.233	-17.333	2950
10	CANDARAVE(Pallata)	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	QUILAHUANI	-70.233	-17.333	2850
11	ARICOTA LA YESERA	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	QUILAHUANI	-70.250	-17.300	2839
12	BOMBEO ARICOTA	LIM	LOCUMBA	TACNA	CANDARAVE	QUILAHUANI	-70.250	-17.333	2755
13	EL CAIRO	LIM	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE	ILABAYA	-70.533	-17.467	1130
14	TICAPAMPA	LIM	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE	ILABAYA	-70.533	-17.467	1120
15	PUENTE VIEJO	LIM	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE	LOCUMBA	-70.767	-17.617	550
16	SALIDA TUNEL KOVIRE	LIM	LOCUMBA	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	-70.083	-17.250	4381
17	LOCUMBA	LIM	LOCUMBA	TACNA	JORGE BASADRE	LOCUMBA	-70.750	-17.617	550
18	CORUCA	LIM	SAMA	PUNO	TACNA	INCLAN	-70.383	-17.500	856
19	LA TRANCA	LIM	SAMA	TACNA	TACNA	INCLAN	-70.467	-17.717	620
20	YABROCO	LIM	SAMA	TACNA	CANDARAVE	CANDARAVE	-70.117	-17.333	3200
21	CHILICULCO	LIM	MAURE	TACNA	EL COLLAO	CAPAZO	-69.750	-17.183	4400
22	VILACOTA	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	SUSAPAYA	-70.067	-17.033	4400
23	KOVIRE BOFEDAL	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TICACO	-69.917	-17.200	4350
24	ENTRADA KOVIRE	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TICACO	-69.917	-17.200	4400
25	MAMUTA N°01	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	-69.633	-17.567	4250
26	MAMUTA N°02	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	-69.633	-17.567	4250
27	COPAPUJO	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	-69.767	-17.267	4235
28	CHALLAPALCA	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TICACO	-69.783	-17.217	4230
29	CHUAPALCA	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	-69.650	-17.300	4158
30	LA FRONTERA	LIM	MAURE	TACNA	TARATA	TARATA	-69.450	-17.467	4000
31	AGUAS CALIENTES	LIM	CAPLINA	TACNA	TACNA	PACHIA	-70.117	-17.850	1300
32	PIEDRAS BLANCAS	LIM	HOSPICIO	TACNA	TACNA	CALANA	-70.133	-17.983	1400
33	BOCATOMA	LIM	UCHUSUMA	TACNA	TACNA	PACHIA	-69.617	-17.567	3205

1.4.5. Información cartográfica

- Cartas Nacionales

34-V HUAITIRE, 34-X MAZO CRUZ, 34-Y PIZACOMA, 35-V TARATA, 35-X RIO MAURE, 35-Y ANTAJAVE, 36-T ILO, 36-U LOCUMBA, 36-V PACHIA, 36-X PALCA, 37-U LA YARADA, 37-V TACNA, 37-X HUAILILLAS.

2. Descripción general y diagnóstico de la cuenca

Cuenca del Locumba

La cuenca del río Locumba se encuentra ubicada en la Región Tacna y tiene una extensión de 5 742.34 Km², de las cuales 505 Km² corresponde a la cuenca húmeda, es decir aquella porción localizada por encima de los 3900 msnm y que aporta sensiblemente los recursos al escurrimiento superficial que tiene sus nacientes en la parte alta de la Región, extendiéndose hasta el Océano Pacífico.

La cuenca del río Locumba cuenta con regulación gracias a la laguna Aricota con una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 804 Hm³, sin embargo por más de 30 años fue explotada con fines de generación hidroeléctrica, estando a punto de colapsar en enero de 1997 registrando un volumen de 20.63 Hm³. En la actualidad cuenta con un volumen almacenado de 146.0 Hm³ (Agosto 2010), que permite planificar su explotación en equilibrio con las actuales demandas de agua del sistema.

La cuenca del río Locumba recibe aguas del río Maure gracias al trasvase del Proyecto de Derivación Túnel Kovire.

Con respecto al canal Tacalaya – Callazas, se puede señalar que se encuentra PET, durante la época de avenidas del año pasado (2009), aportó al río Callazas un total de 02 Hm³.

Finalmente se debe mencionar que las aguas de explotación del acuífero de la Laguna Vizcachas no contribuyen al afianzamiento de la Laguna Aricota.

Cuenca del Sama

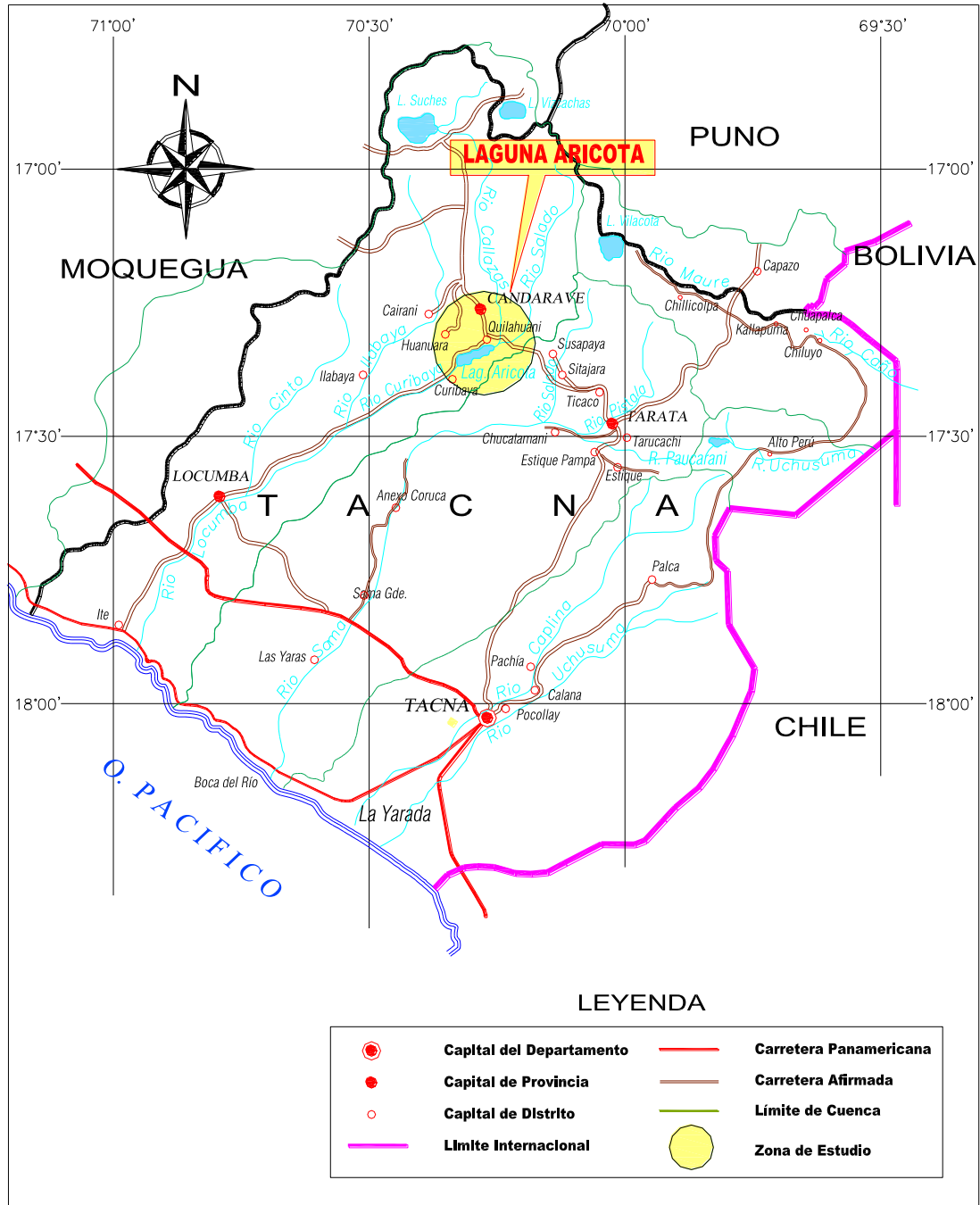
La cuenca del Río Sama, pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico y tiene sus orígenes en las Lagunas Calere (Río Cano, 4 600 m.s.n.m.), Cotanvilque (Río Jaruma Chico, 4 680 m.s.n.m.), Laycacocha (Qda. Afluente Río Jaruma, 4 700 m.s.n.m.) y Caparaja (Qda. Caparaja, 4 900 m.s.n.m.). Los nevados más importantes son: Achacollo (5 690 m.s.n.m.), Barroso (5 695 m.s.n.m.), Auquitaípe (5 453 m.s.n.m.). Sus cursos de agua son principalmente alimentados por las precipitaciones que caen en las partes altas del flanco occidental de la Cordillera de los Andes y, en menor incidencia, con el aporte de los deshielos de los nevados.

La cuenca del Río Sama tiene un área de drenaje de 4 615,65 km², desde sus nacientes hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. La longitud máxima de su recorrido es 128,98 km aproximadamente, con una pendiente promedio de 2,7% en el tramo de la zona costera hasta la parte media, ésta pendiente llega a 13,7% en la zona alta.

El ámbito del estudio se muestra en la Figura N°02.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Figura N°02 Ámbito de las cuencas Locumba, Sama y Caplina



2.1. Diagnóstico del recurso hídrico

El diagnóstico del recurso hídrico en las cuencas de los ríos Locumba y Sama se presenta en la descripción de las principales fuentes de agua y de la infraestructura hidráulica en las presentes cuencas.

Posteriormente se realizó las pruebas de consistencia de las series registradas y la generación de series hasta el año 2066.

Las siguientes figuras muestran los caudales medios mensuales registrados y completados hasta el año 2009.

Figura No.03

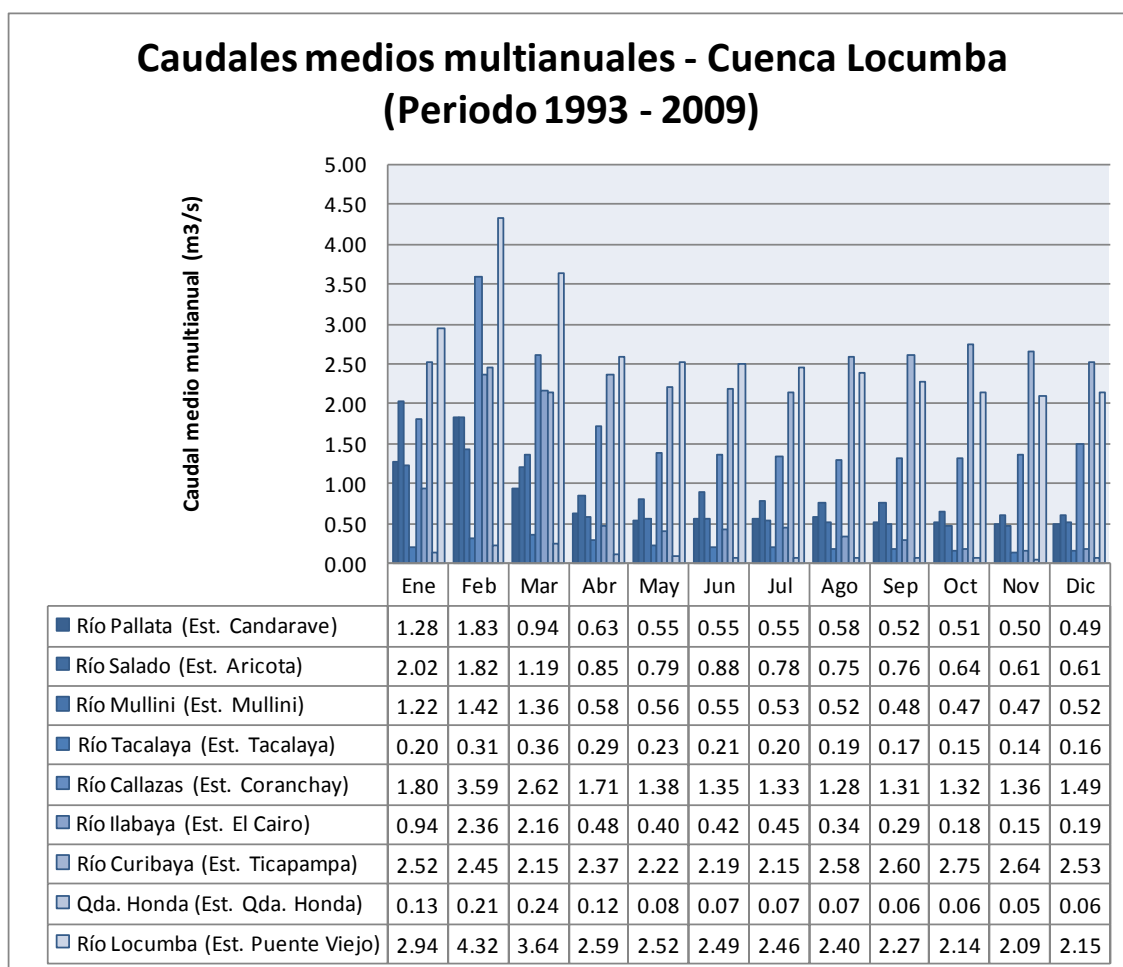
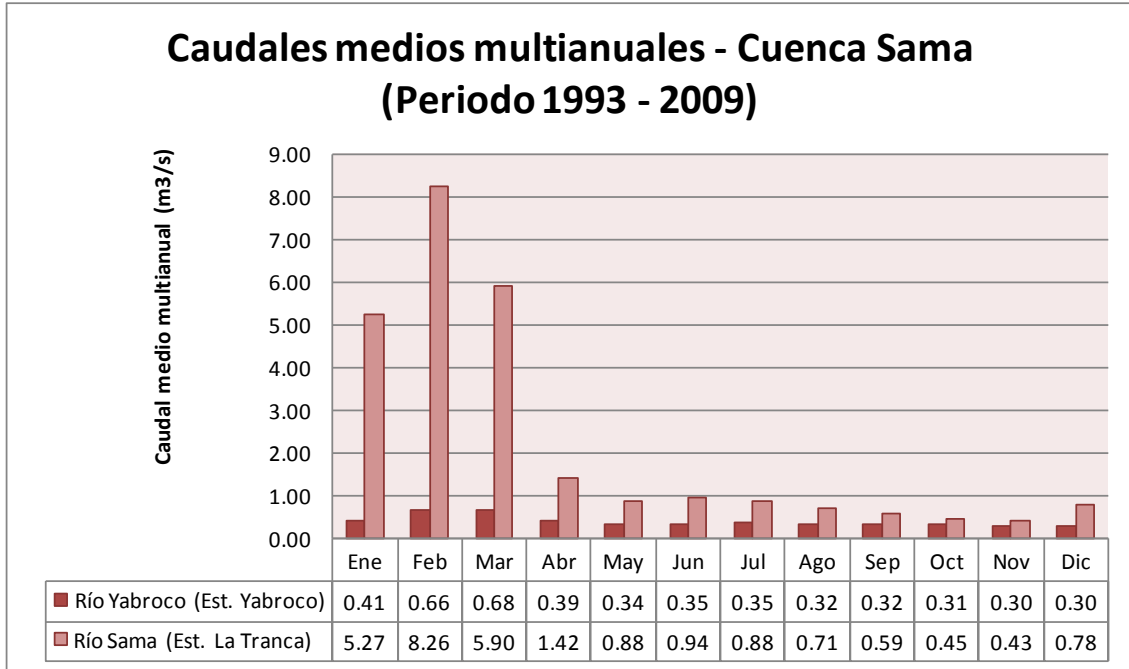


Figura No.04



2.2. Ubicación y demarcación de la cuenca

2.2.1. Ubicación geográfica

Cuenca del Locumba

Está ubicada entre las coordenadas geográficas 70°06' y 71°05' de Longitud Oeste y 16°47' y 17°54' de Latitud Sur. Políticamente, se halla ubicada en los departamentos de Tacna y Moquegua, ocupa parte de las provincias de Tacna, Tarata, Jorge Basadre, Candarave, Mariscal Nieto y General Sánchez Cerro.

Los límites de la cuenca son: por el Norte la divisoria de las cuencas de los ríos Chilota y Vizcachas, por el Sur Océano Pacífico, por el Este cuenca del río Sama y por el Oeste cuenca del río Moquegua.

Cuenca del Sama

Se encuentra entre las coordenadas geográficas 17°12' y 18°10' de Latitud Sur y 69°50' y 70°51' de Longitud Oeste. Políticamente, está ubicada en el departamento de Tacna, ocupando parte de las provincias de Tacna y Tarata.

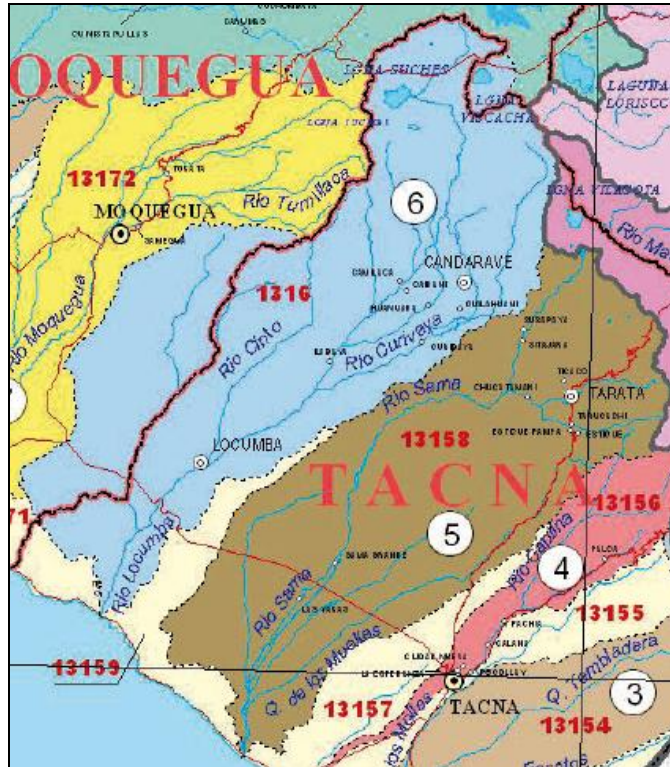
Los límites de la cuenca Sama son: Por el Norte la cuenca del río Maure, por el Sur el Océano Pacífico, por el Este las cuencas de los ríos Kallapuma, Uchusuma y Caplina; y por el Oeste la cuenca del río Locumba.

2.2.2. Demarcación hidrográfica

La demarcación hidrográfica de las cuencas Locumba y Sama según el sistema de codificación de Pfafstetter, oficializado mediante Resolución Ministerial No.033-2008-AG del 05/enero/2008, es la siguiente:

- Cuenca del Sama: 13158
- Intercuenca Locumba – Sama: 13159

Figura No.05 Ubicación cuencas Locumba y Sama según el sistema de codificación de Pfafstetter



Hidrografía cuenca Locumba

La red hidrográfica del río Locumba es controlada en los ríos Curibaya e Ilabaya mediante las estaciones de aforo de Ticapampa y El Cairo, respectivamente. Dichas estaciones miden las descargas de las cuencas colectoras, cuyas extensiones aproximadas son, 225 km² en el río Curibaya y 955 km² en el río Ilabaya.

El relieve general de la cuenca es el que caracteriza prácticamente a todos los ríos de la Costa, es decir, el de una hoya hidrográfica escarpada, alargada, de fondo profundo y quebrado y de fuertes pendientes. Asimismo, la cuenca se encuentra limitada por cadenas de cerros que en dirección al Océano Pacífico muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres. La parte superior de la cuenca presenta cierto número de Lagos y Lagunas de origen pluvial; en su parte inferior y como resultado de la brusca disminución de

pendiente, se ha formado una pequeña llanura producto de la deposición del material transportado por el río.

El origen del escurrimiento superficial se debe a la precipitación estacional que cae sobre las laderas occidentales de la Cordillera de los Andes, las filtraciones de la Laguna Aricota y el aporte de los deshielos de los nevados. La información pluviométrica existente ha permitido establecer que las precipitaciones se concentran durante los meses de Enero a Abril, y el período de sequías extremas ocurre en los meses de Junio a Agosto.

Sus afluentes principales son: por la margen derecha, el río Cinto (445 km²) y la quebrada Honda (1 580 km²) y, por la margen izquierda, el río Curibaya (230 km²). Cabe mencionar, que los aportes que alimentan principalmente a los orígenes del río Curibaya provienen de filtraciones de la Laguna Aricota (1 440 km²), la cual a su vez es alimentada por el río Salado (375 km²), y el río Callazas (1 015 km²); éste último nace en la Laguna Suches, la que a su vez es alimentada por los ríos Huaitire y Humapalca, las precipitaciones de la zona y los deshielos de los nevados existentes.

El siguiente cuadro muestra las características hidrográficas de la cuenca:

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Cuadro No.03 Características hidrográficas – Cuenca Locumba

Nombre del Río	Área de la Cuenca (km ²)			Longitud máxima (km.)	Pendiente Promedio (%)
	Húmeda	Seca	Total		
1. Locumba					
a. Locumba (hasta su desembocadura)	505	3 825	4 330	139	3,6
b. locumba (hasta locumba)	500	1 075	1 575	96	4,6
2. Ilabaya	435	520	955	66	6,0
a. Tocalaya (hasta Tocalaya)	45	----	45	7	8,3
b. Ilabaya (hasta El Cairo)	435	520	955	65	6,0
a. Curibaya (hasta Ticapampa)	----	225	225	28	6,3
4. Cinto	70	375	445	73	5,7
a. Qda. Honda (hasta Qda. Honda)	35	----	35	14	5,8
5. Quebrada Honda	5	1 575	1 580	85	4,1
6. Laguna Aricota	1 130	310	1 440	----	----
7. Río Callazas					
a. Río Callazas (hasta desembocadura)	870	145	1 015	59	2,8
b. Río Callazas (hasta Candarave)	870	125	995	55	2,9
c. Río Callazas (hasta Coranchay)	770	----	770	30	1,2
8. Río Salado					
a. Río Salado (hasta desembocadura)	260	115	375	47	4,5
b. Río Salado (hasta Aricota)	260	105	365	44	4,8

Hidrografía cuenca Sama

Este río nace en las alturas de la laguna Cotanvilque con el nombre de río Jaruma Grande; posteriormente, se conoce con los nombres de río Jaruma, Huallatire, Ticalaco, Pistala y Tala hasta la confluencia con el río Salado, donde forma el río Sama, nombre con el cual desemboca en el Océano Pacífico.

Sus afluentes principales son: por la margen derecha, los ríos Ticaco (40 km²), Salado (425 km²) y la quebrada Honda (705 km²) y, por la margen izquierda, los ríos Tarata y Aruma.

El área de drenaje de la cuenca del río Sama, hasta la desembocadura en el Océano Pacífico, es de 4 448 km² y la longitud máxima de recorrido, desde su origen hasta la desembocadura en el Océano Pacífico, es de 163 km. La pendiente promedio del recorrido del río es 2,8%; ésta pendiente se presenta aún más fuerte en los afluentes, que en el caso del río Ticaco de 13,7%

El régimen del río es torrentoso, y es el más irregular de la zona Sur por su gran variabilidad y marcada diferencia entre sus descargas extremas. La cuenca es alimentada en el verano Austral por precipitaciones pluviales; en este período se concentra el 75% de las descargas, y el resto del año es alimentado por deshielos de glaciales y/o la descarga de los acuíferos de agua subterránea.

La máxima descarga registrada fue de 115,4 m³/s y la descarga mínima fue de 0,01 m³/s. La media anual fue 2,27 m³/s, que equivale a un volumen medio anual de 71,89 Hm³. Entre los meses de Enero a Marzo se concentran mayores descargas, que disminuyen a partir de Setiembre a Diciembre.

En forma general, la cuenca tiene forma alargada, de ancho constante, a excepción de la zona de su desembocadura, en donde se estrecha fuertemente. Las dimensiones promedio son de 120 km de largo y 40 km de ancho.

La cuenca del río Sama, excluyendo el área de sus nacientes cuyos recursos son derivados al río Caplina, tiene una extensión total de 4 448 km², de la cual el 13,7% del área total, es decir 635 km², corresponden a la cuenca húmeda.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

El agua que discurre dentro del cauce del río Sama es controlada en la estación de aforos La Tranca. En dicha estación se aforan las descargas de la cuenca colectora, cuya área total aproximada es 1875 km².

El cuadro siguiente muestra las características hidrográficas de la Cuenca:

Cuadro No.04 Características hidrográficas – Cuenca Sama

Nombre del Río	Área de la Cuenca (km ²)			Longitud máxima (km)	Pendiente Promedio (%)
	Húmeda	Seca	Total		
1. Sama					
a. Sama (hasta su desembocadura)	635	4 010	4 645	163	2,8
b. Sama (hasta La Tranca)	625	1 250	1 875	105	3,8
2. Salado	185	240	425	35	6,6
3. Tala	440	315	755	51	4,8
a. Jaruma (hasta Jaruma)	130	----	130	13	0,8
b. Ticaco	20	20	40	14	13,7
4. Quebrada Honda	----	705	705	63	2,4

2.2.3. Demarcación político - administrativa

El Departamento de Tacna tiene 04 provincias y 26 distritos.

La capital y el número de distritos por provincia se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro No.05 Demarcación político administrativa de Tacna

Capital del Departamento: Tacna 04 provincias y 26 distritos.		
PROVINCIA	CAPITAL	DISTRITOS
CANDARAVE	CANDARAVE	6
JORGE BASADRE	LOCUMBA	3
TACNA	TACNA	9
TARATA	TARATA	8

2.3. Accesibilidad – Vías de comunicación

- Panamericana Sur (18 horas en auto aprox.).

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

- Vía Aérea: Vuelos regulares desde Lima a la ciudad de Tacna (1 hora 35 minutos aprox.).
- Distancias desde la ciudad de Tacna a:
 - Candarave (Prov. Candarave) 170 km / 6 horas y 30 minutos.
 - Locumba (Prov. Jorge Basadre) 93 km / 1 hora.
 - Tarata (Prov. Tarata) 88 km / 2 horas y 30 minutos.

2.4. Aspectos Socioeconómicos

2.4.1. Población – Demografía

En base a la compatibilización de las divisorias topográficas de las cuencas Locumba y Sama y de la delimitación política de la región Tacna, se puede determinar que la población y población económicamente activa de las cuencas es como se consigna en el siguiente cuadro:

Cuadro No.06 Información demografía de la zona en estudio

Cuencas	Provincia o Distrito	Población (hab.)	Densidad poblacional (hab/km ²)	Población Económicamente Activa (hab.)	Tasa de PEA (%)
Locumba	Provincia Candarave	8373	3,7	4239	65,8
	Provincia Jorge Basadre	9872	3,4	5698	72,3
Sama	Provincia Tarata	7805	2,8	4194	69,3
	Distrito Inclán	4064	2,9	1940	66,0
	Distrito Sama	2387	2,1	1234	66,3

2.5. Clima y Ecología

2.5.1. Clima

Cuenca del Locumba

- Temperatura

La temperatura media en la zona de 0 m.s.n.m. a 1 000 m.s.n.m., alcanza un valor máximo de 21°C aproximadamente (Enero - Marzo) y un valor mínimo de 15°C aproximadamente (Junio – Agosto).

Los valores de la temperatura máxima fueron, 26°C en la zona costera y 14°C en la zona alta.

Los valores de la temperatura mínima fueron, 13°C en la zona costera y –10°C en la zona alta.

- Precipitación

La precipitación total anual, varía desde 10 mm en la zona costera hasta 440 mm en la zona alta.

- Humedad Relativa

La humedad relativa media mensual varía desde 75,7% (Junio) a 68,7% en la zona baja; desde 79,5% (Febrero) a 62,0% en la zona media y desde 76,8% (Enero) a 57,3% en la zona alta.

- Velocidad del Viento

Se tiene registrados en estaciones meteorológicas solamente de la parte alta: Suches (4 452 m.s.n.m.) y Candarave (3 415 m.s.n.m.), en donde la velocidad del viento tiene una variación pequeña desde 3,2 m/s (Diciembre) a 2,4 m/s (Abril) y desde 1,8 m/s (Setiembre) a 1,2 m/s (Febrero y Marzo).

- Evaporación

La evaporación mensual total promedio varía de 109,5 mm (Enero) a 55,1 mm (Junio) en la zona baja; desde 210,2 mm (Octubre) a 102,3 mm (Febrero) en la zona media alta y desde 184,8 mm (Noviembre) a 110,2 mm (Julio) en la zona alta.

- Horas de Sol

Solamente en la estación Candarave (3 415 m.s.n.m.), se tiene registros desde 1964 hasta 1985. Los valores registrados varían desde 13,2 hr/día (Noviembre) a 10,5 hr/día (Febrero).

Cuenca del Sama

- Temperatura

La temperatura media mensual varía desde 15,3 °C (Julio) a 22,5 °C (Febrero).
La temperatura máxima varía de 25 °C en la costa a 15 °C en la zona alta.
La temperatura mínima varía de 14 °C en la costa a -4 °C en la zona alta.

- Precipitación

La precipitación total mensual promedio varía desde 0,4 mm (Abril) a 8,4 mm (Setiembre) en la Estación Sama (altitud 552 m.s.n.m.); y desde 0,25 mm (Mayo) a 61,69 mm (Enero) en la Estación Talabaya (altitud 3 400 m.s.n.m.).

La precipitación total anual promedio varía desde 10 mm en la zona costera, a 340 mm en la zona alta.

- Humedad Relativa

La humedad relativa mensual varía desde 71,4% (Octubre) a 76,8% (Junio) en (Febrero) en la Estación Tarata (altitud de 3 068 m.s.n.m.).

- Velocidad del Viento

Los datos de velocidad del viento varía desde 0,8 m/s (Junio) a 1,5 m/s (Febrero) en la Estación Sama; y desde 21 m/s (Marzo) a 34 m/s (Agosto) en la Estación Tarata.

- Evaporación

La evaporación total promedio mensual varía desde 53,1 mm (Junio) a 106,2 mm (Enero) en la Estación Sama (altitud 552 m.s.n.m.); y desde 58,9 mm (Febrero) a 180,1 mm (Octubre) en la Estación Tarata.

En el Anexo N°10, se presenta el mapa climatológico y los mapas de temperatura media, máxima y mínima, de evaporación y evapotranspiración.

2.5.2. Ecología

La configuración geomorfológica, climática y cobertura vegetal del ámbito de incidencia de las Cuencas Locumba y Sama ha determinado la definición de las siguientes Unidades Bioclimáticas:

- Desierto Desecado Templado Cálido (dd-Tc)

Esta Unidad Bioclimática se encuentra en la parte costanera baja, extendiéndose desde el litoral marítimo hasta 400 m s.n.m. Se caracteriza por un clima desecado con temperaturas semi-cálidas, precipitaciones pluviales menores a 25 mm y temperaturas entre 17 y 22 °C.

Los usos más importantes son la agricultura de olivares, maíz chala, ají páprika, etc., así como, la ganadería de vacunos.

En esta zona se destaca la presencia importante de la avifauna marítima y las actividades de la pesquería artesanal, basada en la extracción de la macha y los peces costeros.

- Desierto (dp-Ms)

Esta Unidad Bioclimática se encuentra en la zona entre los 400 y 800 mm. Con precipitaciones entre 0 y 25 mm/año y temperaturas de 12 a 24 °C. Se caracteriza por una morfología plana, colinosa y las montañas bajas de la Cordillera Costanera. Esta configuración permite la presencia de neblinas de Junio a Octubre, que posibilita el desarrollo de una vegetación típica de Lomas, con pajonales que sustentan actividades pecuarias temporales; siendo de mayor potencial cuando ocurren años muy húmedos y el Fenómeno El Niño.

Los usos socioeconómicos más importantes son las irrigaciones en los valles y pampas, representativos de los valles costeros del Sur del Perú; muy apropiados para los frutales (vid, damasco, etc.), olivares, ají páprika, etc.

- Desierto Súper Árido Templado Cálido (ds-Tc)

Esta Unidad Bioclimática se encuentra por encima de la anterior, entre 800 y 2 600 m.s.n.m. Presenta un clima súper árido y templado cálido, con temperaturas moderadas entre 13 y 17 °C, con temperaturas mínimas extremas de 5,4 °C y precipitaciones muy bajas, alrededor de 50 a 70 mm anuales.

Morfológicamente presenta medios planos, colinas y montañas bajas súper áridas, de relieve moderado a accidentado. Casi sin cobertura vegetal.

Los principales usos en esta Unidad Bioclimática son la agricultura con riego, de frutales y pan llevar.

- Desierto Per Árido Montano Templado Cálido (dp-Mtc)

La zona del desierto per-árido, se encuentra entre los 2 600 y 3 400 m.s.n.m.; en el que ocurren precipitaciones pluviales entre 50 y 70 mm/año; temperaturas medias entre 9 y 13 °C donde predomina la insolación y la humedad relativa muy baja.

El relieve es montañoso bajo, con laderas abruptas, quebradas y valles secos, con escorrentía excepcional en forma de huaycos. La cobertura vegetal varía de muy dispersas en las partes bajas hasta densas con Matorrales (Ma) y pajonales en las partes altas.

Esta unidad es casi sin uso, debido a las limitaciones morfológicas y climáticas áridas.

- Desierto Árido Montano Templado Cálido (da-Mtc)

El desierto árido se encuentra entre los 3 400 y 3 600 m.s.n.m; con temperaturas entre 6,5 y 12 °C; así como, precipitaciones entre 70 y 100 mm/año. Predominando la aridez del territorio.

Morfológicamente está formada por montañas con laderas abruptas áridas, con cobertura de cactáceas, matorrales (Ma) ralos y pajonales secos.

En esta Unidad se practica la ganadería de caprinos en forma temporal.

- Matorral Desértico Montano Templado Cálido (md-Mtc)

Se encuentra por encima del desierto árido, entre 3 600 y 3 800 m.s.n.m. Con un clima semi-árido y templado frío; temperaturas promedio de 6,5 a 12 °C, llegando en los meses de Junio y Julio a temperaturas bajo 0°C. Las precipitaciones verían entre 100 y 120 mm/año.

Morfológicamente está formada por montañas semi-áridas accidentadas, quebradas y valles secos, con escorrentía excepcional y huaycos.

La cobertura vegetal está representada por las cactáceas, Chilgua y malezas leñosas arbustivas y en los fondos de los valles el molle.

Los usos más importantes son los cultivos de orégano, maíz, habas, papas, alfalfa, que sustentan la ganadería de vacunos y cuyes; así como el pastoreo de pajonales con cabras y ovinos.

- Matorral Desértico Sub Alpino Templado Cálido (md-Satc)

Se encuentra a continuación del matorral desértico Montano, entre los 3 800 y 4 600 m.s.n.m.; con precipitaciones entre 120 y 200 mm/año; temperaturas medias anuales entre 3 y 5 °C.

Se ubica en las partes altas de las montañas de la cordillera Huaylillas, con laderas de modelado moderado; con una cobertura vegetal de malezas leñosas arbustivas, Chilgua y pajonales densos secos e hidromórficos.

Los usos de esta Unidad son: el pastoreo de la ganadería de vacunos, ovinos y caprinos; así como, la reserva de guanaco, que se encuentra en vías de extinción.

- Páramo Húmedo Sub-Alpino Sub-Tropical (ph-Sas)

Se encuentra por encima del matorral, extendiéndose desde 4 200 hasta los 4 600 m.s.n.m.; con un clima húmedo y frígido, caracterizado por precipitaciones pluviales entre 300 y 550 mm/año; temperaturas promedio entre 3 y 6,5 °C; siendo estables las temperaturas de congelación.

Morfológicamente corresponde a la meseta altoandina, formada por planicies y montañas volcánicas con características periglaciales.

La cobertura vegetal está representada por los pajonales altoandinos, los bofedales, totorales y los queñuales; constituyendo el recurso socioeconómico más importante de la zona altoandina para el desarrollo de las comunidades campesinas locales. El uso más importante es la ganadería de camélidos en los pajonales naturales alto andinos.

- Páramo Húmedo Sub-Alpino Templado Cálido (ph-Satc)

Esta Unidad Bioclimática es de las mismas características que la anterior, siendo un tanto más cálida, por la influencia de las Unidades Bioclimáticas de la vertiente occidental en proceso de desertificación.

- Tundra Húmeda Alpino Templado Cálida (th-Atc)

Esta Unidad Bioclimática, se encuentra entre los 4 500 y 4 900 m.s.n.m.; precipitaciones entre 200 y 300 mm/año; temperaturas entre 1,5 y 3 °C. En esta Unidad son estables las temperaturas de congelamiento.

La morfología corresponde a montañas altas con laderas rocosas abruptas con incidencia de los procesos glaciales.

- Tundra Muy Húmeda Alpino Sub-Tropical (tmh-As)

Esta Unidad Bioclimática se encuentra por encima del páramo, formando zonas circulares a los nevados y picos montañosos, desde los 4 450 m.s.n.m. hasta los 4 950 m.s.n.m. Con un clima per-húmedo muy frío, definido por temperaturas medias entre 1,5 y 3 °C, manteniendo bajo el grado de congelación durante las noches y precipitaciones medias superiores a 220 mm, siendo con frecuencia de tipo sólido o granizadas y nevadas.

La cobertura vegetal es representada por los yaretales, los musgos y líquenes.

El uso primordial es la fuente de recursos energéticos y medicinales, como la yareta y otras especies.

- Tundra muy Húmeda Alpino Templado Cálido (tmh-Atc)

Esta Unidad tiene las mismas características que la anterior, variando a templado cálida; por la influencia de la desertificación del Sur.

- Nival Templado Cálido y Nival Sub-Tropical (N-S y N-Tc)

Corresponde a la zona glaciaria y periglaciaria, entre los 4 850 y 5 700 m.s.n.m., influenciada por la desertificación que avanza desde el Sur del Continente Sudamericano.

En el Anexo N°10, se presenta el Mapa Ecológico por Zonas de Vida.

2.6. Cobertura Vegetal

Cuenca del Locumba

La cobertura vegetal corresponde a:

- Planicies Costeras y Estribaciones Andinas sin Vegetación :60%
- Matorrales : 12%
- Pajonal/Césped de Puna : 14%
- Tierras Altoandinas con Vegetación Escasa y sin Vegetación : 6%
- Tierras Altoandinas sin Vegetación: 5%
- Nevados : 2%
- Lagos y Lagunas: 1%.

Cuenca del Sama

La cobertura vegetal corresponde a:

- Planicies Costeras y Estribaciones Andinas sin vegetación : 70%
- Matorrales : 15%
- Cultivos Agropecuarios :4%
- Pajonal/césped de puna :8%
- Tierras altoandinas sin vegetación: 3%.

2.7. Suelos

2.7.1. Uso mayor de suelos

Cuenca del Locumba

- Suelos de Terrazas Inundables

En este grupo, se considera a los suelos ubicados en el fondo del valle, marginales al mismo, sujetas a inundaciones periódicas. En los suelos comprendidos dentro de este grupo, se ha detectado problemas de drenaje y salinidad en diferentes zonas del valle de Locumba, como en la zona de Camiara, Camiarita, Aurora y Remonta.

- Terrazas no Inundables

Aquí, se consignan aquellos suelos ubicados en terrazas dispuestas en niveles generalmente más altos que los del grupo anterior y que son de textura y profundidad variables, todos con mayor o menor problema de salinidad. Se encuentran en todo el valle estudiado, incluyendo la Irrigación Ite.

- Abanicos Aluviales

Dentro de este paisaje, se incluye a todos aquellos suelos originados por conos de deyección o abanicos, que confluyen tanto al valle mismo de Locumba como a la Irrigación Ite. Son suelos de textura moderadamente gruesa a esquelética, superficiales y con pendiente.

Cuenca del Sama

El paisaje edáfico dominante en el Valle de Sama, se presenta a continuación, expuesto esquemáticamente. Asimismo, se han diferenciado los siguientes grupos de formaciones fisiográficas dominantes:

- Llano de Inundación

Se consigna aquellos suelos ubicados en la llanura inundable (fondo del valle) del río Sama. Están comprendidos dentro de este grupo el lecho mismo del río, las tierras marginales al mismo que sujetas a inundaciones periódicas y aquellas zonas de antiguos cauces.

Además de tener problemas de salinidad, algunos tienen mal drenaje. Estos suelos se encuentran distribuidos a lo largo de la mayor extensión del valle, incluyendo zonas como Tomasiri, parte baja de Miraflores, Cuilona y Para.

- Terrazas Aluviales no Inundables

En este grupo, se considera a los suelos dispuestos en terrazas, cuya elevación es mayor que la del grupo anterior. Presentan acumulaciones de sales, pero no hay problemas de mal drenaje. Localidades como Sama Grande, Amopaya y El Golpe se encuentran dominadas por estos suelos.

- Planicie Aluvial Elevada

En este grupo se incluyen los suelos de la Irrigación de Las Yaras, ubicados en una llanura aluvial en una posición más alta que el resto de suelos del valle de Sama. Son suelos de textura moderadamente gruesa con presencia de material gravoso. Tienen sales, sobre todo en la capa superficial. Asimismo, existen suelos misceláneos que se encuentran ubicados principalmente en las zonas del Huayco y Amopaya.

2.7.2. Grandes grupos de suelos

Cuenca del Locumba

- Serie Conostoco (Símbolo: CO)

Comprende aproximadamente 12 ha, distribuidos en terrazas aluviales no inundables, bajo un relieve topográfico casi a nivel (0-2%). Son suelos de

reacción moderadamente alcalina a fuertemente alcalina, de color pardo a pardo oscuro, de textura media a moderadamente gruesa, muy profundos. Sus requerimientos hídricos son medios, su salinidad es incipiente y no presenta problemas de drenaje. Su productividad es buena; usándose mayormente con cultivos de algodón y frutales.

La serie presenta una fase de pendiente: Conostoco ligeramente inclinado (Símbolo CO-li). Abarca una superficie de 19 ha. Su morfología es similar a la de la serie original, pero en pendiente de 2 a 7%.

- Serie Locumba (Símbolo: LO)

Reúne a aproximadamente 643 ha, ubicadas en terrazas aluviales no inundables, bajo un relieve topográfico casi a nivel (0-2%). Son suelos profundos, que se caracterizan por tener una sección de control de textura media a moderadamente gruesa. Son suelos moderadamente alcalinos, de requerimientos hídricos medios, con acumulación de sales y sin problemas de drenaje, de productividad media a buena; usándose mayormente con cultivos de maíz, cebolla y frutales.

Esta serie presenta una fase de mal drenaje: Locumba húmedo (Símbolo LO-h). Abarca una superficie de 94 ha, con una morfología similar a la de la serie original; sin embargo, presenta mal drenaje y consecuentemente problemas de salinidad.

- Serie Sitana (Símbolo: SI)

Comprende alrededor de 336 ha, distribuidos principalmente en terrazas aluviales no inundables, bajo un relieve topográfico plano o casi a nivel (0-2%). Suelos de textura moderadamente gruesa, de reacción moderada o fuertemente alcalina, no presenta problemas de drenaje pero sí de salinidad, de productividad media, usándose mayormente en cultivos de maíz, cebolla y alfalfa.

Esta serie presenta dos fases; una fase es de pendiente: Sitana ligeramente inclinado (Símbolo: SI-li); abarca 20 ha, con mayor pendiente que la serie original.

La otra fase es de mal drenaje: Sitana húmedo (Símbolo: SI-h); cubre aproximadamente 119 ha, con problemas de drenaje; ambas fases tienen problemas de salinidad.

- Serie Margarata (Símbolo: MG)

Reúne aproximadamente 103 ha, ubicadas en terrazas no inundables, con un relieve topográfico plano o ligeramente inclinado (0-7%). Son suelos moderadamente alcalinos a fuertemente alcalinos, de textura moderadamente gruesa con grava ocasional. Son suelos de buen drenaje, requerimientos hídricos moderados y mediana productividad, usándose mayormente en cultivos de alfalfa.

- Serie Oconchay (Símbolo: OC)

Comprende una superficie aproximada de 30 ha, son suelos aluviales ubicados a veces en abanicos aluviales, bajo un relieve topográfico inclinado (7-12%). Presentan una reacción moderada a fuertemente alcalina, con acumulación de sales y drenaje excesivo. Su sección de control tiende a ser esquelética y son superficiales; sus requerimientos hídricos son excesivos y su productividad es baja a media; usándose mayormente en cultivos de alfalfa y algodón.

- Serie Ite Alto (Símbolo: IA)

Abarca una superficie aproximada de 738 ha, dispuestas en terrazas altas, bajo un relieve topográfico casi a nivel (0-2%). Son suelos de reacción moderada a fuertemente alcalina, cuya sección de control es de textura gruesa gravosa a esquelética. Tiene concentraciones de sales y no presenta problemas de drenaje. Su productividad es media a baja; usándose mayormente en cultivos de alfalfa.

Esta serie presenta una fase de pendiente: Ite Alto – ligeramente inclinado (Símbolo IA-li); se caracteriza por tener una inclinación de 2 a 7%.

- Serie Ite Bajo (Símbolo: IB)

Comprende alrededor de 317 ha, de suelos distribuidos en terrazas no inundables, de topografía casi a nivel; son superficiales, con una sección de control esquelética. En la superficie se encuentra grava. El drenaje es bueno; sin embargo, la presencia de sales solubles es alta, debido a la escasez de agua que sufre el valle. Los requerimientos hídricos de estos suelos son altos. La producción es baja, usándose mayormente en cultivos de alfalfa.

La serie presenta dos fases: una de pendiente, llamada Ite Bajo ligeramente inclinado (Símbolo IB-li), morfológicamente similar a la serie original pero con pendiente. La otra fase es de pedregosidad: Ite Bajo pedregoso (Símbolo IB-p); al igual que la anterior, es similar a la serie original, pero presenta mayor contenido de grava y además piedras en la superficie, que dificultan las labores agrícolas.

- Serie Aurora (Símbolo: AU)

Integrada aproximadamente por 136 ha, ubicadas en terrazas bajas del valle, bajo un relieve topográfico plano o casi a nivel (0-2%). Son suelos de reacción fuerte a muy fuertemente alcalina, su textura es de medio a moderadamente fina, con severos problemas de drenaje; el agua aflora a la superficie la mayor parte de veces y la salinidad es excesiva, todo lo cual ha limitado su cultivo. Presente vegetación natural como grama salada, totora, cola de caballo, etc.

- Serie Cauce de Río (Símbolo: RW)

Comprende alrededor de 579 ha, constituidas por tierras esqueléticas o fragmentales, con más de 90% de elementos gruesos, entre arena gruesa, cascajo y piedras. Se incluye los playones y áreas enmontadas (con

montículos) areno-pedregosas que matizan la morfología externa de esta formación. Son tierras sin valor para propósitos agrícolas.

- Tierras Misceláneas (Símbolo: TM)

Bajo esta denominación, se ha agrupado a todas aquellas tierras de extremada pendiente, así como aquellas tierras sin uso, abandonadas, que se encuentran dentro del área agrícola del valle de Locumba e Irrigación Ite. Comprende alrededor de 600 ha.

Cuenca del Sama

Se describen las series de suelos identificados en el Valle de Sama, y las características más importantes de los suelos de este valle.

- Serie Sama (Símbolo: SA)

Comprende aproximadamente 760 ha, distribuidos en el llano de inundaciones y en terrazas aluviales no inundables, bajo un relieve topográfico casi a nivel (0-2%). Son suelos de reacción moderadamente alcalina, de textura media, y muy profundos. Sus requerimientos hídricos son medios, no presenta problemas de drenaje, pero sí tienen acumulación de sales. Su productividad es buena; usándose mayormente con cultivos de maíz.

- Serie Buena Vista (Símbolo: BV)

Reúne a aproximadamente 391 ha, ubicadas en terrazas aluviales no inundables, bajo un relieve topográfico casi a nivel (0-2%). Son suelos muy profundos, que se caracterizan por tener una sección de control de textura media a moderadamente gruesa, de una reacción neutra a moderadamente alcalina, sin problemas de drenaje, pero sí con acumulación de sales, y de buena productividad; usándose mayormente con cultivos de alfalfa.

- Serie Las Yaras (Símbolo: LY)

Comprende alrededor de 170 ha, distribuidos en planicie elevada, bajo un relieve topográfico plano o casi a nivel (0-2%). Suelos de textura moderadamente gruesa a gruesa, con grava en todo el perfil. Bajo condiciones normales, tienen una reacción moderada alcalina, y son moderadamente profundos. Su drenaje es algo excesivo, con acumulaciones de sales. Son de mediana productividad; usándose mayormente en cultivos de alfalfa.

- Serie Amopaya (Símbolo: AM)

Reúne aproximadamente 519 ha, ubicadas en terrazas no inundables, con un relieve topográfico plano casi a nivel (0-2%). Son suelos moderadamente profundos y moderadamente alcalinos. Su textura es moderadamente gruesa y tienen buen drenaje, con acumulación de sales; usándose mayormente en cultivos de alfalfa, soca, algodón.

- Serie Cuilona (Símbolo: CU)

Comprende una superficie aproximada de 119 ha, ubicadas en llanuras de inundación, bajo un relieve topográfico a nivel (0-2%). Presentan una reacción moderadamente alcalina, con drenaje imperfecto a pobre y con problemas de sales. Su productividad es muy baja, usándose mayormente en cultivos de alfalfa en mal estado.

- Serie Para (Símbolo: PR)

Abarca una superficie aproximada de 228 ha, dispuestas en llanuras de inundación, bajo un relieve topográfico casi a nivel (0-2%). Son suelos de reacción moderada fuertemente alcalina, muy superficiales y de drenaje muy pobre con excesiva salinidad. Su productividad actualmente es nula. Se encuentran cubiertos de grama salada.

- Serie Cauce de Río (Símbolo: RW)

Comprende todas las tierras esqueléticas o fragmentales, con más de 90% de elementos gruesos, entre arena gruesa, cascajo y piedras. Son tierras sin valor para propósitos agrícolas. Conforman el cauce del río actual o cauces abandonados.

- Tierras Misceláneas (Símbolo: TM)

Bajo esta denominación, se ha agrupado a todas aquellas tierras de extremada pendiente, así como aquellas tierras sin uso, abandonadas, que se encuentran dentro del área agrícola del valle de Sama. Comprende alrededor de 385 ha.

2.8. Geología

2.8.1. Cuenca Locumba

La zona con estudios geológicos y geomorfológicos comprende el valle de Locumba y el valle de la parte baja del río Ilabaya. Ambos están ubicados en la formación Moquegua, la cual se caracteriza por depósitos de conglomerados consolidados que han sido cortados por el río, formando farallones en ambos lados donde se aprecia el perfil litológico de dicha formación.

Los conglomerados están constituidos por cantos rodados, gravas y arenas en una matriz limosa arenosa, logrando con ello la estabilidad que presentan sus paredes casi verticales.

Los valles están formados por terrazas bajas de origen aluvial que constituyen la franja de suelo bajo cultivo.

Características geomorfológicas

Los suelos que constituyen las terrazas del valle son depósitos aluviales poco profundos formados por limos arenosos gravosos que a menudo descansan sobre material gravoso casi limpio que constituye el lecho del río.

El valle del río llabaya presenta pendientes fuertes haciendo que el régimen del río sea torrencioso, en cambio la topografía del valle del río Locumba es moderada y el relieve de los suelos es casi plano.

Con respecto a la zona de lte, se puede mencionar que comprende tres terrazas constituidas por arenas limosas y gravosas.

La primera terraza es la costanera. La segunda terraza se encuentra ubicada en la parte baja de la irrigación con un desnivel de 50 m. con respecto a la terraza alta y aproximadamente a 25.0 m.s.n.m.

Sobre las características morfológicas fundamentales se puede indicar que los suelos están constituidos por depósitos aluvionales marinos, con estructura regular. Presentan pendientes muy suaves y el relieve es casi plano, los taludes son muy estables formando ángulos de cerca de 45° con el horizonte; superficialmente están expuestos a la erosión eólica.

Unidades Estratigráficas

- Formación Hualhuani

La Formación Hualhuani corresponde a la unidad más antigua que aflora en la región. Su distribución se restringe a los alrededores del pueblo de Cairani, en la parte inferior de ambos flancos del valle, en el eje de un suave pliegue anticlinal.

Los afloramientos corresponden a la parte superior de la unidad, estando compuesta por una intercalación de cuarcitas, areniscas, limonitas y limo arcillitas gris a gris oscuras. El contacto superior de la unidad es en discordancia angular con los volcánicos del miembro Samanape del Grupo Toquepala.

Por relaciones estratigráficas a esta unidad se le asigna una edad de Cretácico inferior. Salinas (1985) indica que se han reportado en esta unidad fauna fósil (trigonias) de edad Barremiano - Aptiano en el sector de Lagunillas.

- Formación Matalaque

Los afloramientos de la Formación Matalaque se distribuyen en la zona central de la región, en la parte inferior de los flancos de los valles, entre las localidades de Chejaya y Chintari.

La unidad está compuesta por gruesos paquetes de tobas litocristalinas y cristalolíticas, intercaladas con coladas andesíticas de textura afanítica.

No se tiene dataciones de la Formación Matalaque. La edad de la unidad ha sido asignada al Cretácico inferior, ya que en otras localidades se la observa suprayaciendo a la Formación Hualhuani. Salinas (1985) sugiere por relaciones estratigráficas el rango Aptiano a Coniaciano para dicha unidad

- Grupo Toquepala

El Grupo Toquepala fue definido por Bellido (1962) como un conjunto de rocas volcánicas con intercalaciones de sedimentos gruesos, que suprayace a la serie Jurásica. Acorde a Martínez & Zuluaga (2000), dicho grupo en el área de estudio está conformado por las siguientes unidades:

- Formación Paralake.- Compuesto por gruesos paquetes de tobas soldadas líticas de composición latita, con textura porfirítica, y color rojizas.
- Formación Quellaveco.- En la región aflora el tope de la unidad, denominado miembro Samanape, que está compuesto por coladas de composición andesítica, con textura porfirítica, color gris claro, intercalada con flujos piroclásticos soldados.

Los afloramientos del Grupo Toquepala cubren la zona central de la región, entre las localidades de Ilabaya, Huanuara, Cairani y Curibaya.

El grupo Toquepala se presenta suprayaciendo a las formaciones Hualhuani y Matalaque, e infrayaciendo en contacto erosional a los estratos de las formaciones Tarata, Moquegua y Huaylillas.

La edad tope del grupo, es decir del miembro Samanape, ha sido datada en $52,3\pm 1,6$ y $52,43\pm 1,7$ Ma en las inmediaciones de la mina Cuajone, y en $53,6\pm 3,0$, $55\pm 1,10$ y $56,2\pm 2,10$ Ma en el yacimiento Quellaveco (Martinez & Zuluaga, 2002).

Por relaciones estratigráficas se asume que la base del grupo corresponde al Cretácico superior, ya que infrayace a la Formación Matalaque del Cretácico inferior. Por lo tanto al Grupo Toquepala se le asigna el intervalo Cretácico superior a Eoceno inferior.

- Formación Tarata

La Formación Tarata tiene sus afloramientos en el sector sureste de la región, en los alrededores de las localidades de Chintari y Curibaya, presentando un mayor desarrollo hacia el pueblo de Tarata.

La unidad está conformada por piroclásticos, flujos de bloque e interacciones de areniscas y limolitas. De acuerdo con De la Cruz & De la Cruz (2000), las intercalaciones sedimentarias se restringen a la parte inferior de la unidad.

En la región, la unidad se presenta en contacto erosional sobre los volcánicos del miembro Samanape del Grupo Toquepala, e infrayace en igual relación tanto a los detríticos de la Formación Moquegua inferior como a los volcánicos de la Formación Huaylillas.

La edad de la Formación Tarata aún es controversial. En los alrededores de Tarata se han datado niveles volcánicos asignados a dicha unidad en ~28 y

~19 Ma, mientras la edad de la suprayacente Formación Moquegua inferior es Oligoceno inferior. Considerando sus relaciones estratigráficas se prudente asignarle por el momento una edad de Eoceno.

- Grupo Moquegua

El Grupo Moquegua ha sido definido por Marocco et al. (1985) como aquella serie clásica continental desarrollada al suroeste de la falla Incapuquio, que suprayace al Grupo Toquepala.

El grupo está conformado por dos secuencias, que disminuyen en tamaño de grano hacia el suroeste:

- Formación Moquegua inferior.- Esta conformado por intercalaciones de conglomerados clasto y matriz soportada en las zonas proximales, y una sucesión de areniscas con limolitas marrones en la zonas distales.
- Formación Moquegua superior.- Típicamente está conformado por una sucesión de conglomerados clasto soportado, areniscas y niveles de tobas hacia el tope.

Los afloramientos de la Formación Moquegua inferior se distribuyen extensamente al sur de las localidades de Chejaya y Chintari. Esta secuencia suprayace en contacto erosional al Grupo Toquepala y Formación Tarata. La Formación Moquegua superior se la observa en contacto progresivo con la Formación Moquegua inferior en el cerro Alto Gallinazos.

El contacto entre el Moquegua superior e inferior ha sido datado en el sur del Perú en **~30 Ma** (Marocco et al., 1985; Sempere et al., 2004). Los niveles volcánicos del tope de la Formación Moquegua superior presentan edades entre **~25 y ~23 Ma** (Tosdal et al., 1981; France et al., 1985). En base a estos datos se asigna una edad de Oligoceno para el Grupo Moquegua.

- Formación Huaylillas

La Formación Huaylillas aflora en las partes altas de los interfluvios de la región, formando una superficie plana ondulada. Se la observa suprayaciendo a la Formación Moquegua superior y en la región noreste en discordancia con estratos Cretácicos.

Esta unidad comprende una sucesión de tobas riolíticas y riolíticas, con locales intercalaciones de areniscas y conglomerados. Las tobas contienen fragmentos juveniles, líticos y cristales libres de biotita y cuarzo.

La Formación Huaylillas cuenta con varias dataciones en las zonas cercanas al área de estudio, siendo la más antigua de ~23 Ma y la más joven de ~18 Ma (Tosdal et al., 1981; France et al., 1985), estas edades corresponden al Mioceno inferior.

- Grupo Barroso

El Grupo Barroso asocia todos los productos erupcionados por los aparatos volcánicos ubicados en la Cordillera Occidental.

La unidad está conformada por coladas andesíticas, traquiandesíticas, dacíticas, flujos de bloque, tobas riolíticas, y otros piroclásticos.

Esta unidad suprayace a las tobas de la Formación Huaylillas y volcánicos del Grupo Toquepala, en muchos casos se la observa rellenando antiguos valles.

En la región se ha obtenido edades radiométricas de 3.23 ± 0.5 y 0.7 ± 0.02 Ma para diferentes niveles volcánicos del Grupo Barroso.

- Depósitos recientes

En la región cordillerana son característicos los depósitos de morrenas producidas por la intensa glaciación, como también el desarrollo de depósitos aluviales.

Depósitos de escombros rocosos producidos por el deslizamientos de los flancos de valles son observados en la localidades de Curibaya y Camilaca.

Al suroeste, restringidos a los pisos de los valles de los ríos Ilabaya, Salado y Locumba, se desarrollan depósitos fluviales acumulados en forma de terrazas a distinta altitud. Los agricultores de la zona aprovechan las terrazas no inundables para desarrollar campos agrícolas.

Las quebradas secas que aportan a estos ríos principales han generado numerosos depósitos aluviales en forma de abanico o conos de deyección. La mayoría de pueblos a lo largo de estos valles están asentados sobre estos abanicos aluviales.

2.8.2. Cuenca del Sama

Características geomorfológicas

El área de estudio se encuentra enmarcada en la llanura costanera, la cual ocupa una extensa depresión entre la cordillera de la costa y el frente occidental de los Andes, resultado de la acumulación de sedimentos clásticos del Grupo Moquegua y depósitos cuaternarios recientes. Se presenta como un territorio suavemente ondulado inclinado del Nor-Este al Sur-Oeste, el cual ha sido modificado por la erosión fluvial, que han labrado valles y quebradas poco profundas en forma de "U". Cada quebrada mayor tiene muchos tributarios que surcan las diversas pampas formando un drenaje dendrítico.

Hacia la parte superior occidental de la microcuenca, se nota un rasgo fisiográfico caracterizado por la presencia de una superficie suavemente ondulada que se levanta desde 300 m. a 4000 m. sobre el nivel del mar.

La inclinación general de esta superficie es hacia el oeste con pendientes que varían desde 2,4% en el pie próxima al área de estudio, hasta 7,5% en la cabecera de la microcuenca. La planicie se encuentra cortada por diversos

cursos de agua de la microcuenca hidrográfica de la Quebrada las Cajas y la Quebrada del Canal, dando lugar a la pampa de los Cerrillos.

Unidades Estratigráficas

En el entorno al área de estudio se ha identificado rocas volcánicas, sedimentarias e intrusivas, con edades que fluctúan desde el Cretáceo Superior y el cuaternario Reciente. Los materiales predominantes son los depósitos aluviales.

- Formación Pelado

Describe una secuencia de conglomerados de guijarros volcánicos, limonitas calcáreas y calizas hacia la parte superior, con un espesor de 510 metros.

En la cabecera de la microcuenca se encuentra una reducida exposición de la formación en los cerros Huacano chico y la quebrada Huacano.

Litológicamente consiste de calizas grises recristalizadas en bancos delgados con intercalaciones de areniscas calcáreas gris amarillentas. (Fuente: INGEMMET)

Para los fines del presente estudio no tiene mayor importancia por su pequeña área de afloramiento.

- Formación Toquepala

Con esta denominación se reúne a un conjunto de rocas volcánicas de la parte superior del Grupo Toquepala que afloran en la cabecera de la microcuenca en los cerros Vilacoto y Huacano, Está básicamente compuesto de andesitas, y en los niveles más bajos de riolitas de color gris a rosado y marrón, generalmente de aspecto macizo, aunque en algunos niveles son de aspecto brechoide.

Estas se encuentran muy fracturadas en términos generales, debido a efectos combinados de un acelerado proceso de descompresión producto del intenso

corte fluvial producido por el continuo levantamiento de los Andes, y erosión de las sucesivas glaciaciones Cuaternarias, que la han fragmentado, haciéndoles permeables para efectos de la filtración de las aguas meteóricas en la cabecera de la cuenca hidrográfica.

- Formación Tarata

Se da esta denominación a una secuencia volcánica sedimentaria cuya sección litológicamente se compone en la parte interior de una sucesión de conglomerados, areniscas y calizas negras, intercalados con lutitas. El conglomerado es de color gris verdoso, compuesto de guijarros subredondeados de andesita, las areniscas son arcósicas. En la parte superior de la formación es mayormente volcánica, los sedimentos están representados por delgadas intercalaciones de areniscas arcósicas. Las rocas volcánicas consisten de conglomerados volcánicos, brechas, tufos Andesíticos y Dacíticos; por estas sus características físicas de permeabilidad y su extensión en la zona de precipitación son favorables en la cuenca hidrográfica.

Se extiende al norte de las micro cuencas hasta las cercanías del cerro Jacnone y cerro Cotañe.

- Formación Moquegua

El Moquegua Inferior es la principal formación geológica que aflora en ambos flancos de todo el valle de Sama, con una altura promedio de 60m. La cual está datada del Oligoceno al Mioceno Inferior (entre 30 y 40 millones de años).

Consiste en flujos de lodo, caracterizados por conglomerados de cantos y guijarros sub-redondeados de rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias, fuertemente cementados por una matriz areno arcillosa, de esa manera hidráulicamente son impermeables. Los conglomerados no presentan contacto claramente diferenciados entre ellos lo que sugiere un emplazamiento de tipo "Huayco".

- Formación Huaylillas

La edad de esta formación es del Mioceno. Su origen es volcánico y está compuesto de niveles de tobas e ignimbritas lo cual le da un color rosado salmón, que es característico en estos niveles. Dentro de su composición, contiene gran porcentaje de cristales bien desarrollados de cuarzo y, en menor porcentaje, biotita, plagioclasa, pómez y fragmentos líticos dentro de una matriz afanítica. Estas rocas se les puede considerar permeables al estar fragmentados. En la zona de estudio es posible encontrarlos a determinada profundidad.

- Formación Barroso

Conjunto de rocas volcánicas que forman la cordillera del Barroso donde es característica la presencia de conos volcánicos erosionados por acción glacial Preistocénica. Para la descripción litológica de la formación se le ha dividido en dos miembros, en su razón de sus características petrográficas y aspectos estructurales que determinan sus características de permeabilidad.

El miembro interior está constituido predominantemente por lavas andesíticas de textura porfirítica y colores gris oscuro, azulado o marrón rojizo.

El miembro superior se compone de demarres de naturaleza traquiandesítica y traquítica de colores gris oscuro y marrón rojizo; la roca es de textura porfiroide y contiene abundantes cristales de sanidina.

Las exposiciones de este miembro se anotan próximas al cerro Jacnone, que se ubican al noroeste de la micro cuenca en estudio.

- Depósitos cuaternarios

Bajo esta denominación se describen las acumulaciones recientes de gravas, arcillas y limos que se encuentran en el lecho de los ríos actuales y los

depósitos aluviales que ocupan una extensa depresión entre la cordillera de la costa y el frente occidental de los Andes.

- Depósitos fluviales

Dentro de estos depósitos cuaternarios consideramos aquellos formados por las corrientes de agua de los ríos. Están conformados por fragmentos rocosos (arenas, cantos, bloques, etc.) transportados por la corriente de los ríos a grandes distancias en los fondos de los valles y depositados en forma de terrazas o playas.

Los depósitos fluviales de canal están comprendidos por el lecho del río, conformado principalmente por barras de gravas de guijarros con poco relleno arenoso.

Los depósitos de llanura de inundación se forman en periodos de crecida del río, el cual desborda el canal, inundando sus márgenes y depositando sedimento fino que lleva en suspensión, formado por arenas finas, limos y arcillas. Utilizadas en su mayoría como campos de cultivos en el valle del río Sama.

Las gravas y arenas son los que principalmente rellenan el valle, alcanzando profundidades importantes, asignándole así buenas condiciones permeables a este tipo de depósito.

- Depósitos aluviales

Son producto de la meteorización y erosión de los afloramientos y/o depósitos antiguos que han sido trasladados constantemente por la corriente de quebradas activadas en periodos de lluvia intensa.

Forman grandes extensiones de depósitos en forma de terraza, constituidas por material limo-arenosa, inconsolidadas, con fragmentos de clastos

subredondeados. Estos depósitos tienen buenas características hidráulicas favorables para los objetivos del presente proyecto.

Exposiciones de estos depósitos se observan en la zona de la asociación agroindustrial Virgen de las Mercedes. Con una capa de material limoso de 50cm. de espesor sobre una capa de arena grano-soportada limpia de 30cm. de espesor.

- Depósitos de ceniza

Cenizas volcánicas de consistencia masiva depositadas en la parte este de la Pampa los Cerrillos. En las zonas más distales al principal cúmulo, se encuentran vestigios de acumulaciones de ceniza volcánica de hasta 40 cm. de espesor, transportada por acción eólica. Como las observadas dentro del perímetro de la asociación agroindustrial Virgen de las Mercedes.

- Rocas Intrusivas

Como puede observarse en el mapa geológico, estas rocas se emplazan en el borde superior de la microcuenca. En las zona de Mal Paso, Huacano Chico y Huacano Grande.

Probablemente pertenecientes al Batolito andino, en todos los casos intruyen a los volcánicos del grupo Toquepala.

Se han diferenciado los siguientes tipos de rocas intrusivas, Riolitos, Monsonitas y Granodoritas. Por su naturaleza física de baja permeabilidad, para los fines hidrogeológicos no son favorables

En cuanto a la edad de las rocas intrusivas se le considera como emplazadas en el intervalo Cretáceo terciario inferior, de acuerdo a sus relaciones con las rocas encajantes y a su posición subyacente a rocas más modernas.

2.9. Recursos hídricos superficiales

2.9.1. Fuentes de agua principales

Cuenca del Locumba

Las fuentes de agua principales de la cuenca alta del río Locumba que drena hacia la Laguna Aricota cuenta con una red de medición de caudales que permiten monitorear su oferta hídrica en toda su amplitud. Las principales estaciones de control hidrométrico son: Kovire-Túnel (Río Ancoaque), Kovire-Bofedal (Río Ancoaque), Talacaya (Río Tacalaya) y Aricota (Ingreso a laguna Aricota: Ríos Callazas y Salado).

Cuenca del Sama

La fuente de agua principal es el propio río Sama, y cuenta con registros en dos estaciones hidrométricas. Actualmente una de ellas sólo se encuentra en funcionamiento, y es la estación limnimétrica Bocatoma La Tranca. Dicha estación está localizada al ingreso del canal "El Medio".

En el Anexo No. 9 se presenta el registro de aforos en puntos de interés realizado entre los meses de Septiembre a Noviembre 2010.

2.9.2. Infraestructura hidráulica principal

A. Laguna Aricota

La Laguna Aricota constituye el componente de regulación más importante con el que cuenta la cuenca del Locumba.

Los aportes de agua a la Laguna Aricota están dados principalmente por los ríos Salado y Callazas. El río Salado en la Estación Yesera, tiene una descarga máxima de 14,85 m³/s, media de 0,902 m³/s y una mínima de 0,050 m³/s. El río Callazas en la Estación Pallata, tiene una descarga máxima de 18,35 m³/s, media de 0,919 m³/s y una mínima de 0,120 m³/s.

La capacidad de almacenamiento de la Laguna Aricota es de aproximadamente 804 Hm^3 , sin embargo por más de 30 años fue explotada con fines de generación hidroeléctrica, estando a punto de colapsar en enero de 1997 registrando un volumen de $20,63 \text{ Hm}^3$. En la actualidad cuenta con un volumen almacenado de 146 Hm^3 (Agosto 2010), que permite planificar su explotación en equilibrio con las actuales demandas de agua del sistema.

Actualmente la Laguna de Aricota tiene cinco túneles y la regulación promedio anual que se extrae de la laguna es del orden de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ lo que le permite operar con un factor de planta para Aricota I de 33% y el caudal promedio para Aricota II es de $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ con un factor de planta de 50%, es decir las centrales tienen limitaciones de agua para operar con factores de carga altos.

El túnel de conducción a la central de Aricota I tiene 4050 metros de longitud y es a pelo libre, luego a través de la tubería forzada de 1414 metros llega a la casa de máquinas y el agua turbinada pasa al reservorio Aricota I de 6100 m^3 . El túnel hacia Aricota II tiene de 4212 metros de longitud a pelo libre, la tubería forzada tiene 647 metros de longitud y el agua es descargada al reservorio de compensación de 45000 m^3 ; luego el agua es utilizada por el sistema de riego del Valle de Locumba.

La batimetría actual de la laguna Aricota proviene del estudio "Levantamiento batimétrico de la laguna Aricota"¹. Las curvas altura – área del espejo de agua y altura – volumen almacenado, se presentan en las Figuras N°04 y N°05.

Finalmente cabe mencionar que entre los Estudios Geológicos del Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET) durante el año 2000, destacó la

¹ , Empresa de Generación Eléctrica del Sur S.A., 'Levantamiento batimétrico de la laguna Aricota', Instituto de Consultoría S.A., Tacna – Julio 2006.

evaluación del Riesgo Geológico de la Franja Sur del Perú, mencionándose que en esta franja ha ocurrido una serie de fenómenos naturales tanto de geodinámica externa (deslizamientos, huaycos, derrumbes, inundaciones, etc.) como interna (sismos y actividad volcánica) provocando desastres con fuerte incidencia en el desarrollo socioeconómico de la región. Merecen destacar dentro de ellos: el deslizamiento de Aricota en la margen derecha del río Locumba que dio lugar al represamiento de la actual Laguna de Aricota, posiblemente después de una época interglaciar.²

Según el estudio de Zonificación de Riesgo Geológico en el Sur del Perú Latitud 16° a 18°30' (2000), se desarrolló el mapa de Peligros Múltiples (MPM) resaltando cinco zonas de muy alta amenaza y entre ellos se encuentra el valle del río Locumba (entre Locumba y Aricota: ríos Ilabaya, Curibaya y río Callazas en Candarave).

² Guzmán, A. et al., ZONIFICACION DE RIESGO GEOLOGICO EN EL SUR DEL PERU LATITUD 16° a 18°30'. XI Congreso Peruano de Geología. Trabajos Científicos Sociedad Geológica del Perú.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura N°06 Curva Altura – Área del espejo de agua de la Laguna Aricota

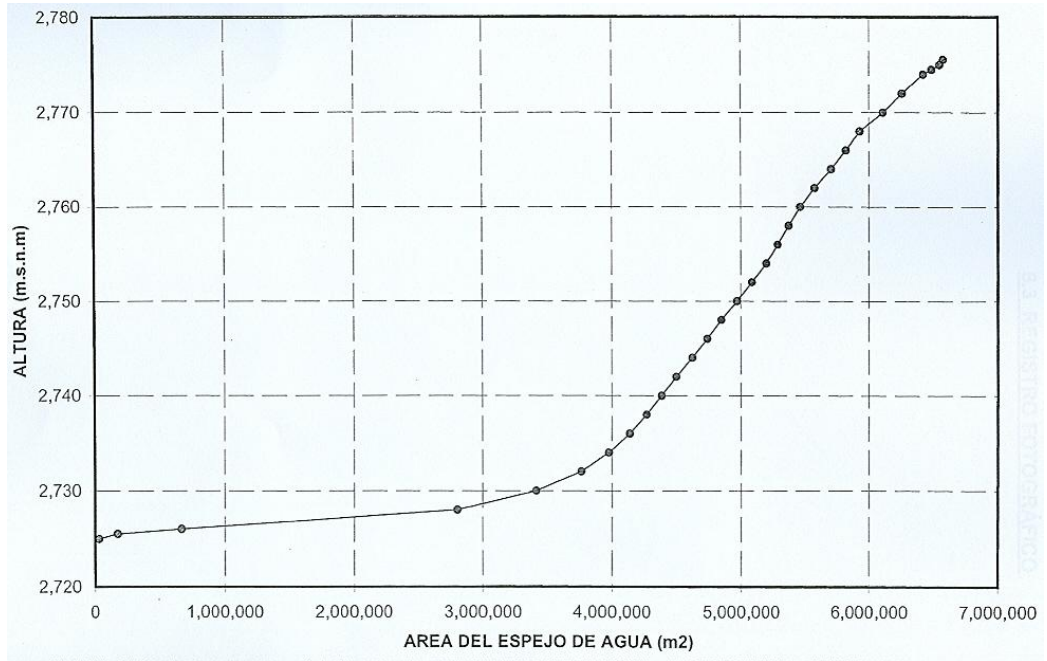
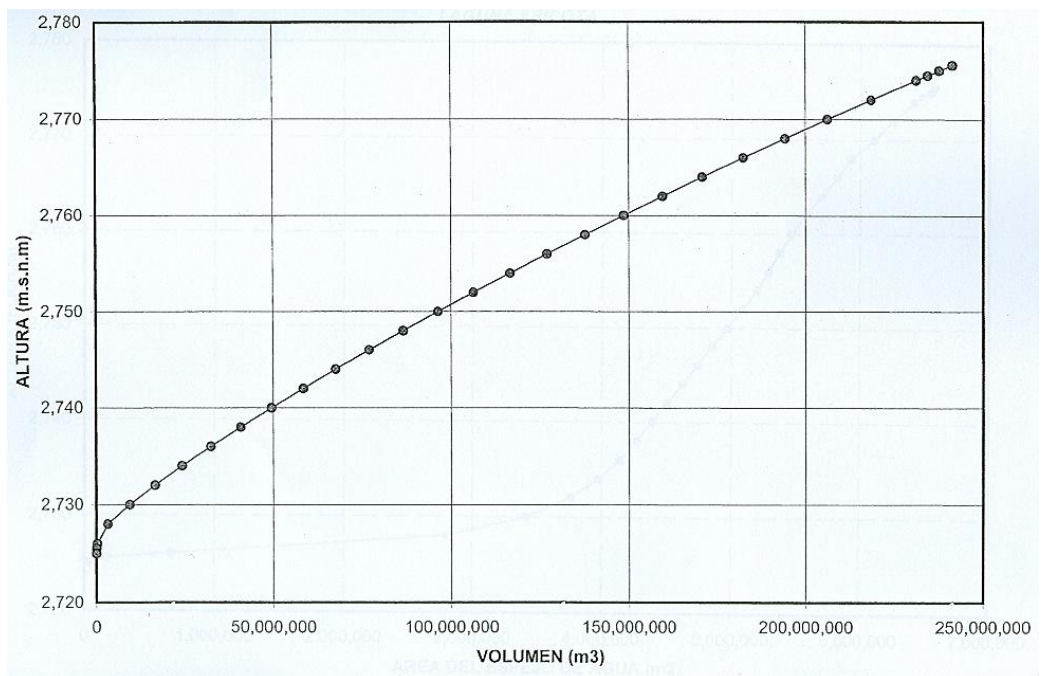


Figura N°07 Curva Altura – Volumen almacenado Laguna Aricota



B. Derivación río Ancoaque

La derivación del río Ancoaque se realiza mediante la bocatoma Ancoaque, la cual tiene una capacidad de derivación de $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ hacia el túnel Kovire.

En la actualidad, lo descargado por el río Ancoaque se deriva hacia las cuencas de Sama y Locumba, respetando la dotación de 210 l/s para el abastecimiento de los bofedales aguas abajo del portal de ingreso del túnel Kovire.

C. Túnel Kovire

Con el objeto de interconectar las vertientes del Titicaca con el Pacífico se construyó el túnel trasandino Kovire con capacidad de conducción de $13,2 \text{ m}^3/\text{s}$ y de $8,43 \text{ Km}$ de longitud. El trasvase de agua a través del túnel Kovire se inició el 11 de enero de 1996.

Las filtraciones provenientes de la intercepción del flujo subsuperficial y el túnel Kovire se han estabilizado en aproximadamente 220 l/s .

D. Derivación Cano – Salado

Permite derivar los recursos provenientes del túnel Kovire hacia la laguna de Aricota, lo constituye el canal Cano-Salado con capacidad de $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$ y de $5,66 \text{ Km}$ de longitud y el túnel Ichicollo con capacidad de $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ y de $0,67 \text{ Km}$. Se complementa con la bocatoma y el dique Cano construidos para captar hasta $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Actualmente según resolución de la ATDR Locumba - Sama, las aguas derivadas desde la cuenca del Maure (río Ancoaque) son exclusivas para el afianzamiento de la Laguna Aricota, permitiendo un máximo de 80 l/s hacia la cuenca del río Sama.

E. Canal Tacalaya

El canal Tacalaya fue ejecutado como una obra de emergencia en el periodo 1985 a 1990, tiene una longitud de 22,5 Km. con una capacidad de conducción de 2,5 m³/s. En la actualidad el canal no se encuentra operativo.

F. Derivación aguas subterráneas Vizcachas

Las obras de derivación de las aguas subterráneas de Vizcachas consisten en la perforación de 10 pozos con fines de exploración-explotación, 14 taladros diamantinos para el control piezométrico del acuífero profundo y 12 piezómetros para el control del acuífero libre y un canal temporal de 10,5 Km de longitud. La oferta total de agua subterránea de la cuenca endorreica de la Laguna Vizcachas es de 700 l/s, la cual se comparte con la empresa SPCC de la siguiente forma: 360 l/s para el afianzamiento de Aricota por parte del PET y 340 l/s para la SPCC. Actualmente el sistema Aricota no recibe aguas subterráneas desde Vizcachas.

G. Centrales hidroeléctricas Aricota N°01 y Aricota N°02

En el año 1967 se construyeron las Centrales Hidroeléctricas Aricota N°01 y N°02 para una capacidad instalada de 35 MW, a partir de la derivación de las aguas desde la Laguna de Aricota mediante una planta de bombeo y túneles de aducción construidos a diferentes niveles.

En la actualidad y debido a la recuperación del volumen almacenado en la Laguna Aricota, ya no es necesario bombear las aguas hacia los túneles de aducción sino que el sistema opera a gravedad.

H. Bocatoma Ite – Canal principal Ite

Construida sobre el río Locumba, la toma tiene una capacidad de captación 2,0 m³/s, el canal tiene una longitud de 15 Km y está construida en mampostería de piedra.

I. Conducción Ciudad de Ilo

En el año 1980 se instaló 54 Km. de tubería de 32 pulgadas de concreto pretensado desde el canal principal de la Irrigación Ite hasta la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ilo, tiene una capacidad de conducción de 500 l/s. Actualmente mediante resolución de la ATDR Locumba - Sama, la dotación máxima para Ilo es de 150 l/s.

J. Canal Locumba – Lomas de Locumba

En el periodo 1987-1990 la Corporación de Desarrollo de Tacna inició la construcción del canal Locumba – Lomas de Sama, con el objeto de aprovechar los excedentes hídricos del río Locumba. De un total de 65,5 Km de canal, se excavó 10,7 Km de plataforma, 7,5 Km de caja de canal y 3,2 Km de túneles; asimismo, se construyó la bocatoma sobre el río Locumba y se revistió 3,5 Km. de canal.

En el Anexo N°10, se presenta el mapa con la ubicación de las principales obras hidráulicas en las cuencas Locumba y Sama.

2.10. Características fisiográficas

2.10.1. Generalidades

La descripción de las características fisiográficas de las cuencas Locumba y Sama se realizó mediante el cálculo de los principales parámetros geomorfológicos de las mismas y de su red de drenaje.

La forma y relieve de la cuenca en conjunto con el clima, son factores que influyen en el proceso precipitación – escorrentía por lo cual es necesaria su determinación.

Los siguientes cuadros muestran el cálculo de los parámetros geomorfológicos de forma de la cuenca y de su red de drenaje respectivamente.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS LOCUMBA Y SAMA

Cuadro N°07

PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA LOCUMBA														
PARAMETROS GEOMORFOLOGICO	SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCA LOCUMBA	SUBCUENCAS										
				BAJO LOCUMBA	MEDIO BAJO LOCUMBA	MEDIO LOCUMBA	MEDIO ALTO LOCUMBA	QUEBRADA HONDA	RIO CINTO	ALTO LOCUMBA	RIO CALIENTES- JARUMA	RIO ILABAYA-CAMILACA	ALTO LOCUMBA (VIZCA CHAS)	
1. CODIGO PFAFSTETTER		-		13161	13163	13165	13167	13162	13164	13169	13168	13166	13160	
2. SUPERFICIE O AREA	A	Km ²	5742.3	306.0	532.1	374.0	274.8	1463.0	441.4	1030.4	382.4	934.6	92.3	
3. PERIMETRO	P	Km	452.7	96.6	198.4	116.5	95.4	222.7	164.5	217.9	117.6	160.5	39.6	
4. LONGITUD AXIAL	La	Km	146.1	24.7	65.8	40.4	34.7	69.4	66.2	63.2	40.3	55.9	-	
5. FORMA DE LA CUENCA	5.1 COEFICIENTE DE COMPACIDAD	Kc	-	1.7	1.6	2.4	1.7	1.6	1.6	2.2	1.9	1.7	1.5	1.2
	- Definición e Interpretación	-	-	Oval oblonga a rectangular oblonga	oval oblonga a rectangular oblonga	casi rectangular (alargada)	Oval oblonga a rectangular oblonga	Oval oblonga a rectangular oblonga	Oval oblonga a rectangular oblonga	casi rectangular (alargada)	casi rectangular (alargada)	Oval oblonga a rectangular oblonga	oval redonda a oval oblonga	redonda a oval redonda (compacta)
	5.2. RELACION DE ELONGACION	Re	-	0.59	0.80	0.40	0.54	0.54	0.62	0.36	0.57	0.55	0.62	-
	- Definición e Interpretación	-	-	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes
	5.3. FACTOR DE FORMA	Kf	-	0.27	0.50	0.12	0.23	0.23	0.30	0.10	0.26	0.24	0.30	-
- Definición e Interpretación	-	-	Rectangularo alargada	oval	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	Rectangularo alargada	
6.	6.1. RECTANGULO EQUIVALENTE	L	Km	120.22										

MINISTERIO DE AGRICULTURA
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
DIRECCION DE CONSERVACION Y PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS LOCUMBA Y SAMA

CARACTERISTICAS DE RELIEVE		l	Km	47.77										
	6.2. CURVA HIPSOMETRICA	-	-											
	6.3. ELEVACION MEDIA	E m	m.s.n.m	2592.56										
	6.4. PENDIENTE MEDIA	Sc	%	27.00										
	6.5. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL	S m	%	2.90										
7. CARACTERISTICAS DE LA RED DE DRENAJE	7.1. ORDEN DE CORRIENTES	Oc	-	6	6	6	6	5	5	4	4	4	5	
	7.2. RELACION DE BIFURCACION	Rb	-	3.3 a 4.5	3.5 a 4.1	3.4 a 3.8	4.2 a 4.3	2.0 a 4.9	3.5 a 4.0	3.0 a 4.3	4.9 a 6.3	2.0 a 6.3	2.0 a 5.6	
	7.3. DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	Km/Km ²	0.82	1.05	0.81	1.00	0.76	0.93	0.83	0.65	0.90	0.50	
	7.4. FRECUENCIA DE CORRIENTES	Fc	Km ⁻²	0.24	0.46	0.23	0.31	0.22	0.22	0.16	0.15	0.27	0.16	

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS LOCUMBA Y SAMA

Cuadro N°08

PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS DE LA CUENCA SAMA													
PARAMETROS GEOMORFOLOGICO	SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCA LOCUMBA	SUBCUENCAS									
				QUEBRADA LAS BRUJAS	NN (No Definido)	QUEBRADA DEL CANAL	MEDIO ALTO SAMA	ALTO SAMA	RIO SALADO	BAJO MEDIO SAMA	MEDIO SAMA		
1. CODIGO PFAFSTETTER		-		131584	131586	131583	131587	131589	131588	131582	131585		
2. SUPERFICIE O AREA	A	Km ²	4615.6	259.8	696.0	720.4	1407.4	792.4	417.5	345.9	2.4		
3. PERIMETRO	P	Km	389.9	141.9	165.8	219.9	220.2	141.5	121.8	167.0	1.0		
4. LONGITUD AXIAL	La	Km	129.0	64.9	61.4	90.3	85.4	35.6	35.8	70.5	2.1		
5. FORMA DE LA CUENCA	5.1 COEFICIENTE DE COMPACIDAD	Kc	-	1.62	2.48	1.77	2.31	1.66	1.42	1.68	2.53	0.18	
	- Definición e Interpretación	-	-	Oval oblonga a rectangular oblonga	Casi rectangular alargada	Casi rectangular alargada	Casi rectangular alargada	Oval oblonga a rectangular oblonga	Oval redonda a oval oblonga	Oval oblonga a rectangular oblonga	Casi rectangular alargada		
	5.2. RELACION DE ELONGACION	Re	-	0.594	0.280	0.485	0.335	0.496	0.893	0.644	0.298	0.820	
	- Definición e Interpretación	-	-	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves fuertes	Relieves suaves
	5.3. FACTOR DE FORMA	Kf	-	0.28	0.06	0.18	0.09	0.19	0.63	0.33	0.07	0.53	
- Definición e Interpretación	-	-	Rectangular o alargada	Rectangular o alargada	Rectangular o alargada	Rectangular o alargada	Rectangular o alargada	Rectangular o alargada	Cuadrado con salida lateral	Rectangular o alargada	Rectangular o alargada	Oval	
6. CARACTERISTICAS DE RELIEVE	L	Km	102.71										
	I	Km	44.94										

MINISTERIO DE AGRICULTURA
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 DIRECCION DE CONSERVACION Y PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS LOCUMBA Y SAMA

	6.2. CURVA HIPSOMETRICA	-	-	MADURO								
	6.3. ELEVACION MEDIA	Em	m.s.n.m.	2064.88								
	6.4. PENDIENTE MEDIA	Sc	%	29.00								
	6.5. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL	Sm	%	2,7 y 2,4								
7. CARACTERISTICAS DE LA RED DE DRENAJE	7.1. ORDEN DE CORRIENTES	Oc	-	5	4	4	4	5	5	4	5	1
	7.2. RELACION DE BIFURCACION	Rb	-	2.3 a 4.4	2.0 a 3.8	3.0 a 3.4	3.0 a 3.9	2.0 a 4.6	2.0 a 4.9	2.0 a 4.1	3.0 a 4.75	
	7.3. DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	Km/Km ²	0.67	0.80	0.69	0.64	0.61	0.68	0.77	0.08	2.10
	7.4. FRECUENCIA DE CORRIENTES	Fc	Km ⁻²	0.41	0.10	0.19	0.10	0.11	0.20	0.19	0.28	2.09

3. Análisis y Tratamiento de la pluviometría

3.1. Red de estaciones

3.1.1. Registros Pluviométricos

La información pluviométrica ha sido obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, el cual tiene implementada un conjunto de estaciones pluviométricas distribuidas en el ámbito de las cuencas Locumba, Sama y Caplina para el periodo 1952-2009.

La información pluviométrica fue tratada estadísticamente, completadas, y extendidas para tener información uniforme.

En el Cuadro N°01 se presenta la relación de estaciones que se encuentran de las cuencas Locumba, Sama y Caplina. La información contenida en el cuadro corresponde al nombre de la estación, tipo, cuenca, ubicación política y geográfica.

En el acápite No.01 del Anexo N°01, se presentan registros históricos de precipitación (VOL. II).

En el Anexo N°10 se presenta el mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas.

3.2. Análisis y tratamiento de la información pluviométrica

3.2.1. Análisis de Consistencia

Este análisis consistió en detectar y eliminar posibles inconsistencias de las series históricas para obtener registros más confiables y de menor riesgo; para ello se realizó el análisis gráfico, doble masa y estadístico.

A. Análisis Gráfico

Se elaboraron hietogramas a nivel mensual y anual con la finalidad de investigar posibles saltos o tendencias durante el periodo de registro de la información, así como para detectar valores extremadamente altos o bajos que no reflejen el comportamiento de la variable en el periodo de registro.

Los hietogramas se usaron también con la finalidad de establecer el período de registro más confiable en cada serie, es decir estos fueron comparados simultáneamente con la finalidad de visualizar si tenían un comportamiento similar.

En el acápite No.02 del Anexo N°01, se presentan los hietogramas históricos de precipitación total mensual de las estaciones que se ubican en el ámbito de las cuencas Locumba, Sama y Caplina, y circunscritas a ellas (VOL. II).

B. Análisis de Doble Masa

Se efectuó el análisis de doble masa para las estaciones que se ubican en las cuencas Locumba, Sama y Caplina con la finalidad de conocer la consistencia de la información de precipitación.

El análisis de doble masa se basa en el criterio de que los valores acumulados de la precipitación, de la estación que presente dudas, graficados contra los valores acumulados de otra estación o promedio de estaciones con datos más confiables, resulte una línea recta para todo el periodo considerado.

En el caso de que resulte una línea recta para todo el periodo, ello significa que los datos de precipitación son consistentes; caso contrario, cuando se presenta quiebres en la línea, es una indicación de que los datos de precipitación en la estación son dudosos. En este último caso se aplicaran métodos estadísticos para confirmar que las posibles anomalías son significativas

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Para efectuar el análisis de doble masa, se optó por agruparlas teniendo en consideración similitud en la altitud, pluviosidad y periodo de registro.

De este modo, se establecieron los siguientes grupos de estaciones:

- Locumba, Sama, Magollo e Ite, periodo 1965-2002
- Jorge Basadre y La Yarada, periodo 1993-2008
- Curibaya e Ilabaya, periodo 1965-2005
- Palca y Caliente, periodo 1965-2005
- Sama, Calana y Hda. Puquio, periodo 1965-1997
- Talabaya, Susupaya, Sitajata y Torata, periodo 1965-2008
- Toquepala, Palca y Paucarani, periodo 1965-2008
- Suches, Tacalaya, Qda. Honda y Vilacota, periodo 1966-2001
- Camilaca y Candarave, periodo 1964-1986
- Candarave y Cairani, periodo 1971-2008
- Challapalca y Chuapalca, periodo 1964-2008

En el acápite No.03 del Anexo No.01, se muestran los diferentes cálculos de doble masa para las estaciones agrupadas por períodos de análisis (VOL. II).

En las figuras N°08 a la No.17, se muestran los diagramas de doble masa. Para su análisis se tomó en cuenta la visualización de los hietogramas anuales y mensuales, mostrándose que las estaciones presentan una tendencia hacia una línea recta lo cual indica consistencia de la información pluviométrica.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No.08 Análisis de doble masa: Locumba, Sama, Magollo, Ite

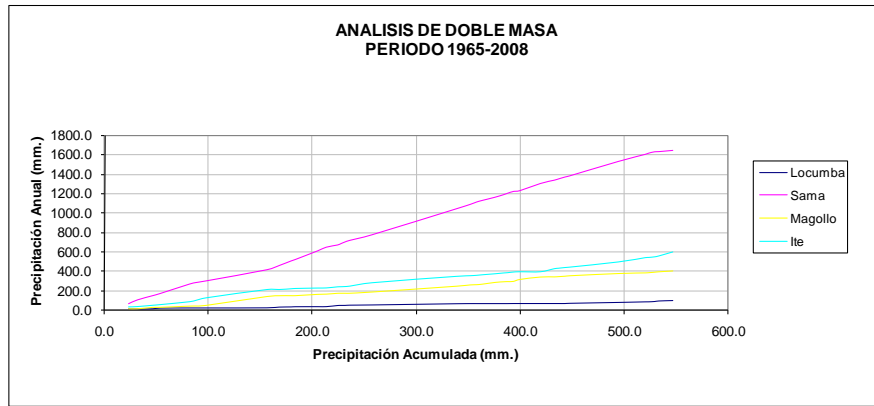


Figura No.09 Análisis de doble masa: J. Basadre y La Yarada

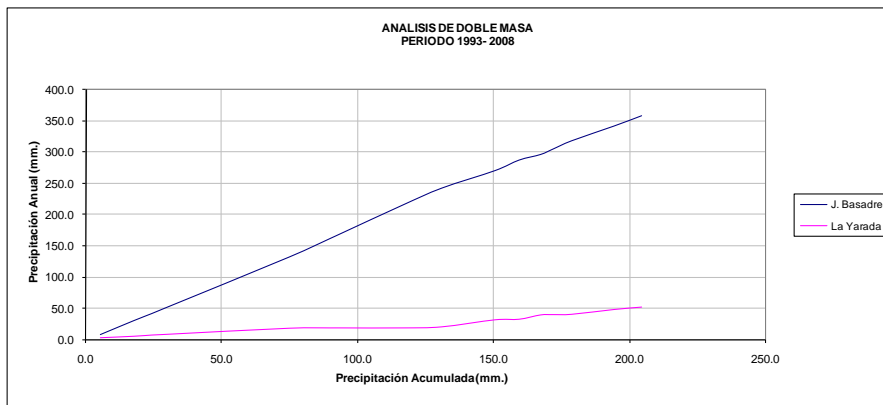
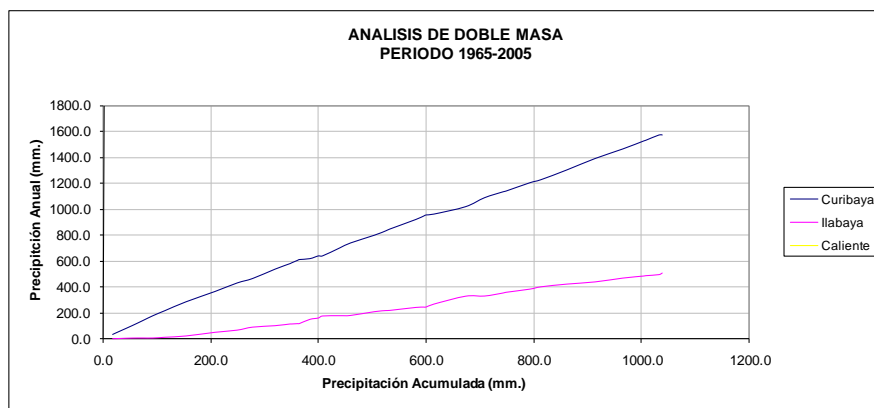


Figura No.10 Análisis de doble masa: Curibaya, Ilabaya y Caliente



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No.11 Análisis de doble masa: Sama, Calana y Puquio

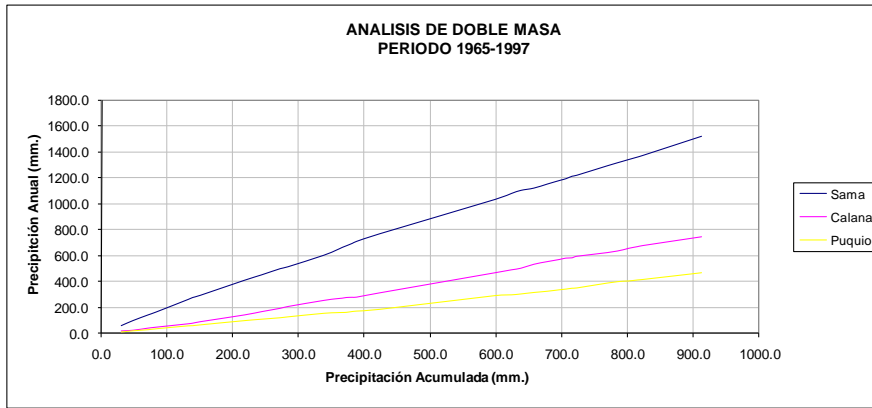


Figura No.12 Análisis de doble masa: Palca y Calientes

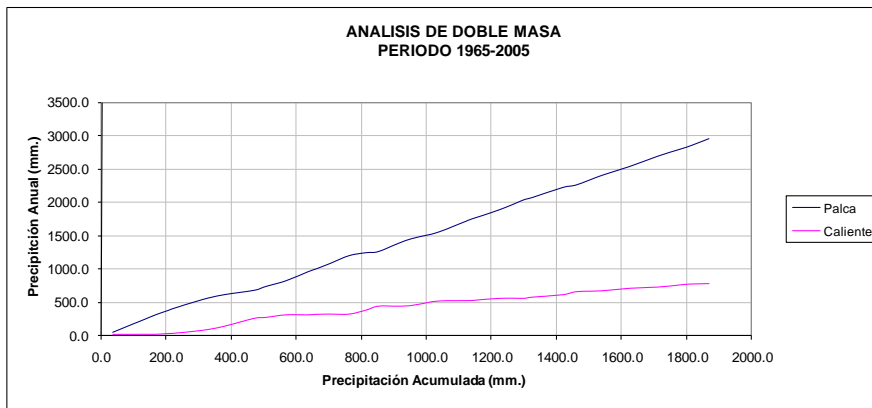
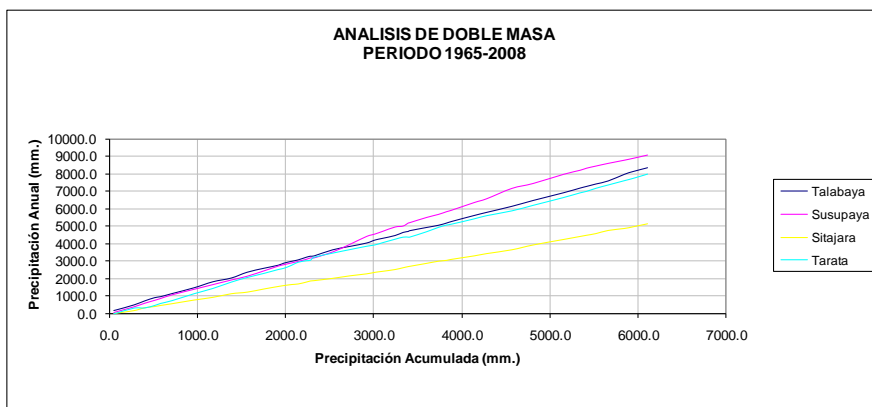


Figura No.13 Análisis de doble masa: Talabaya, Susapaya, Sitajara y Tarata



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Figura No.14 Análisis de doble masa: Toquepala, Palca y Paucarani

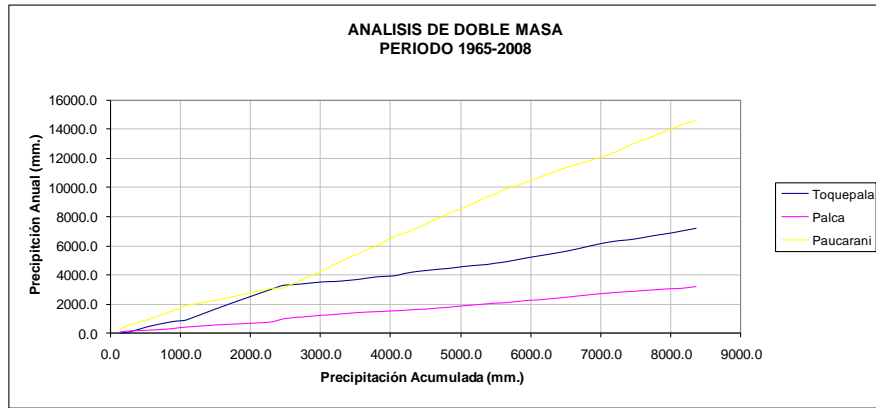


Figura No.15 Análisis de doble masa: Suches, Tacalaya, Qda. Honda y Vilacota

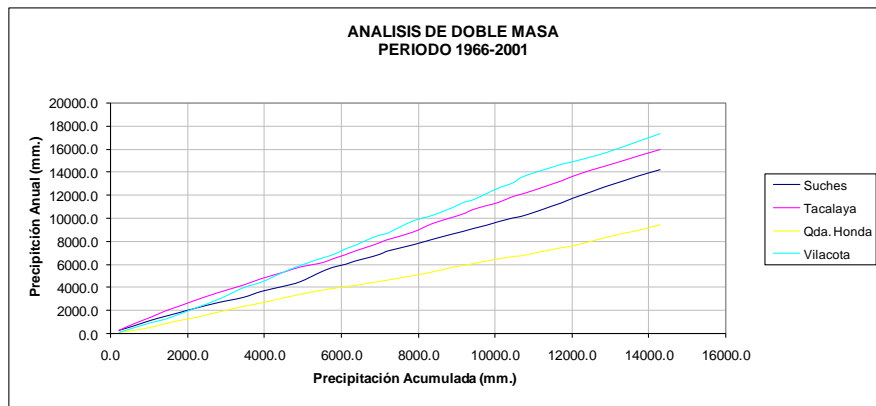


Figura No.16 Análisis de doble masa: Cairani y Candarave

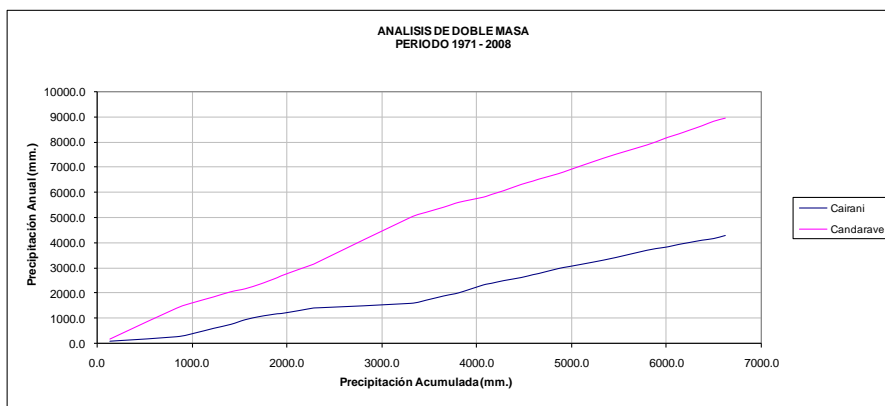
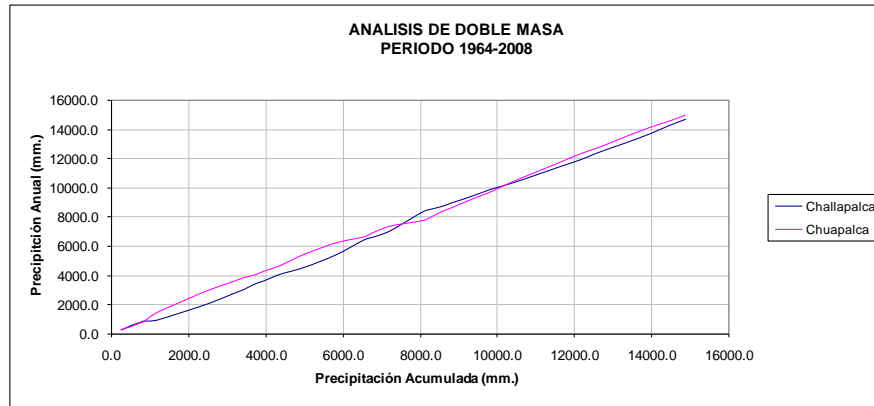


Figura No.17 Análisis de doble masa: Challapalca y Chuapalca



C. Análisis Estadístico

No fue necesario efectuar análisis estadístico, dada la consistencia de los datos verificados a nivel anual, mensual y mediante el diagrama de doble masa.

3.3. Completación y Extensión de la Información

Realizado el análisis de consistencia de la información histórica, se procedió a la completación de datos faltantes y extensión de los registros a un período común 1964-2008 (45 años).

La completación y extensión de los datos se realizó utilizando el Software HEC4 del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) que forma parte del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE), muy conocido por su validez en el campo de la Hidrología.

En el acápite No.04 del Anexo N°01, muestran los registros completados y/o extendidos de las estaciones pluviométricas para las estaciones que se ubican en el ámbito de las cuencas Locumba, Sama y Caplina (VOL. II).

En el Anexo No10, se presenta el mapa de isoyetas total anual.

4. Análisis y tratamiento de la escorrentía superficial

4.1. Análisis de descargas medias mensuales

El tratamiento de la información hidrométrica ha consistido evaluar el parámetro de descargas medias mensuales en el ámbito de estudio de las cuencas de los ríos Locumba, Sama, Maure, Caplina, Hospicio y Uchusuma, cuyas estaciones se encuentran distribuidas en las cuencas en el rango de 550 – 4515 msnm; la información recopilada de las descargas medias mensuales se presentan en el Cuadro N°02 que muestra el tipo de estación, cuenca a la que pertenece, ubicación política y geográfica (VOL. II).

Se evaluó la consistencia de la información descargas medias mensuales, para establecer si existen posibles casos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, que puede reflejarse como “saltos” en las series de tiempo históricas. El procedimiento a seguir en todo análisis de consistencia comprende: análisis de hidrogramas anuales y mensuales, análisis de doble masa y análisis estadístico. La información hidrométrica correspondió a los registros históricos de las estaciones que se ubican en las cuencas de los ríos Locumba, Sama, Maure, Caplina, Hospicio y Uchusuma, información que se presenta en los Cuadros incluidos en el Anexo 2.

En el Anexo N°10, se presenta un mapa con la ubicación de las estaciones hidrométricas.

4.2. Análisis de consistencia

Consistió en detectar posibles inconsistencias y no homogeneidades, previa evaluación de las series históricas para obtener registros más confiables y de menor riesgo, cuyo procedimiento consiste en el análisis gráfico, doble masa y estadístico.

4.2.1. Análisis de Doble Masa

Con la finalidad de evaluar la consistencia de la información de descargas medias mensuales registradas en las estaciones que se ubican en las cuencas de los ríos Locumba, Sama, Maure, Caplina, Hospicio y Uchusuma, se elaboro los diagramas de doble masa con la finalidad de identificar posibles errores sistemáticos que se pueden mostrar como cambios bruscos de pendiente.

Así para efectuar el análisis de doble masa, se opto por agruparlas teniendo en consideración similitud altitudinal, cuencas con régimen hidrológico similar y periodo de registro concurrente, así se tuvo:

- Estación La Tranca y Aguas Calientes, periodo 1963-1989
- Estación La Tranca, Aguas Calientes y Piedras Blancas, periodo 1963-1989
- Estación La Tranca, Puente Viejo y Aguas Calientes, periodo 1972-1989
- Estación El Cairo y Ticapampa, periodo 1963-1992
- Estación Candarave, Aricota Yesera y Yabroco, periodo 1963-1973
- Estación Vilacota y Coranchay, periodo 1964-1998
- Estación Ichicollo y Coranchay, periodo 1993-2001
- Estación Tacalaya, Qda. Honda y Jacopunco, periodo 1981-1999
- Estación Chuapalca, Challapalca, La Frontera y Bocatoma, periodo 1963-1981
- Estación Cocapujo, Mamuta I y Mamura II, periodo 1990-1996
- Estación Vilacota(Caudal), Challapalca, Chuapalca y Vilcacota (Precipitación), periodo 1966-1998
- Estación Vilacota(Caudal) y Vilcacota (Precipitación), periodo 1966-1998

En las Figuras N°18 a la N°31 se muestran los diagramas de doble masa respectivos.

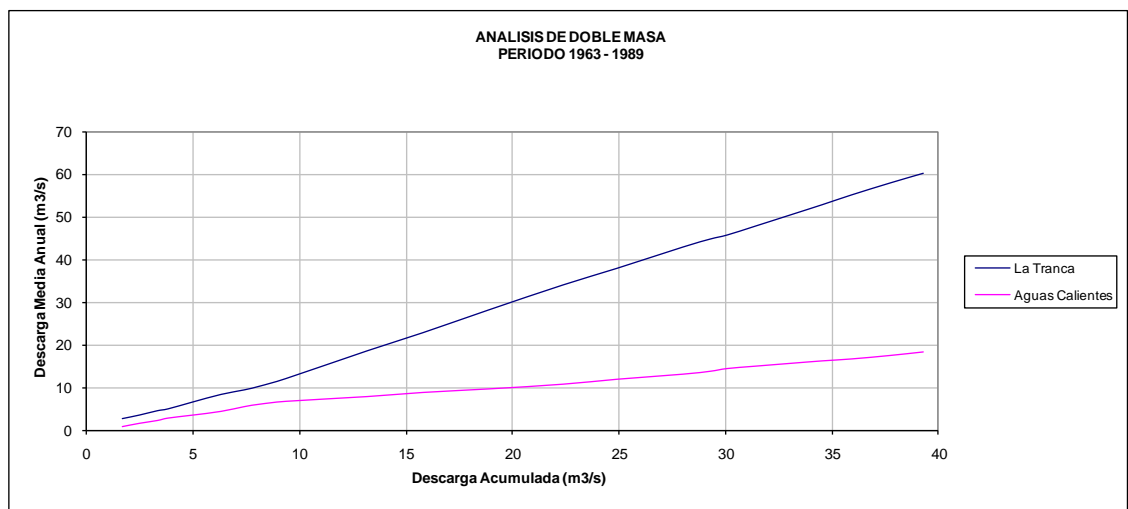
En el análisis doble masa se ha considerado evaluar el comportamiento entre estaciones de descargas medias mensuales, así como también el

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

comportamiento descargas (Vilacota) y precipitación (Challapalca, Chuapalca y Vilacota).

En las figuras antes indicadas se presentan los diagramas de doble masa de cada grupo de estaciones; para su análisis se ha tomado en cuenta la visualización de los hidrogramas anuales y mensuales y la tendencia de las rectas que conforman cada una de ellas; mostrándose que las estaciones presentan una tendencia hacia una línea recta lo cual nos indicaría la consistencia de la información hidrométrica, así como también la buena correlación entre las estación hidrométrica Vilacota y precipitación de las estaciones Challapalca, Chuapalca y Vilcacota.

Figura No. 18 Análisis de doble masa: La Tranca y Aguas Calientes



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No. 19 Análisis de doble masa: La Tranca, Aguas Calientes y Piedras Blancas

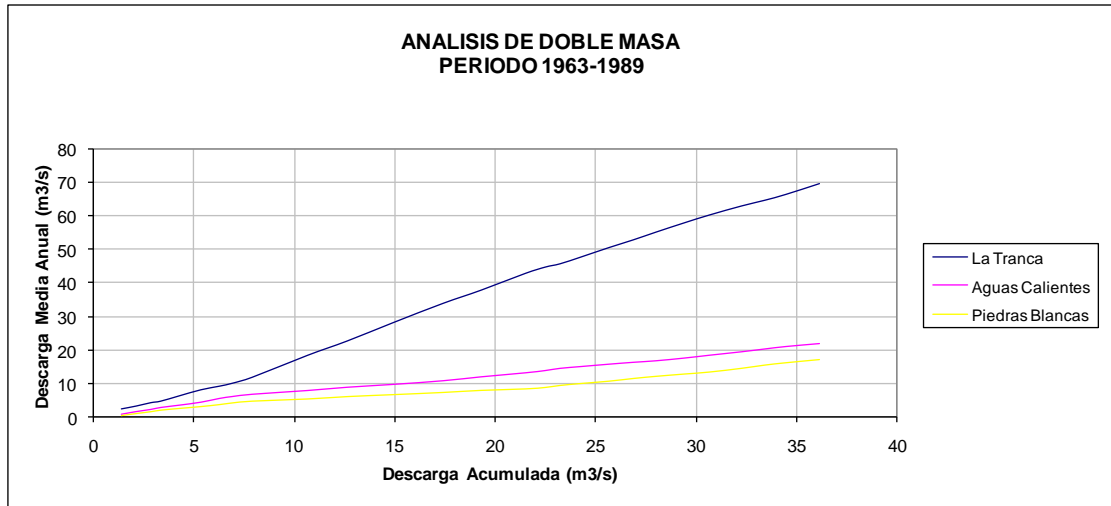
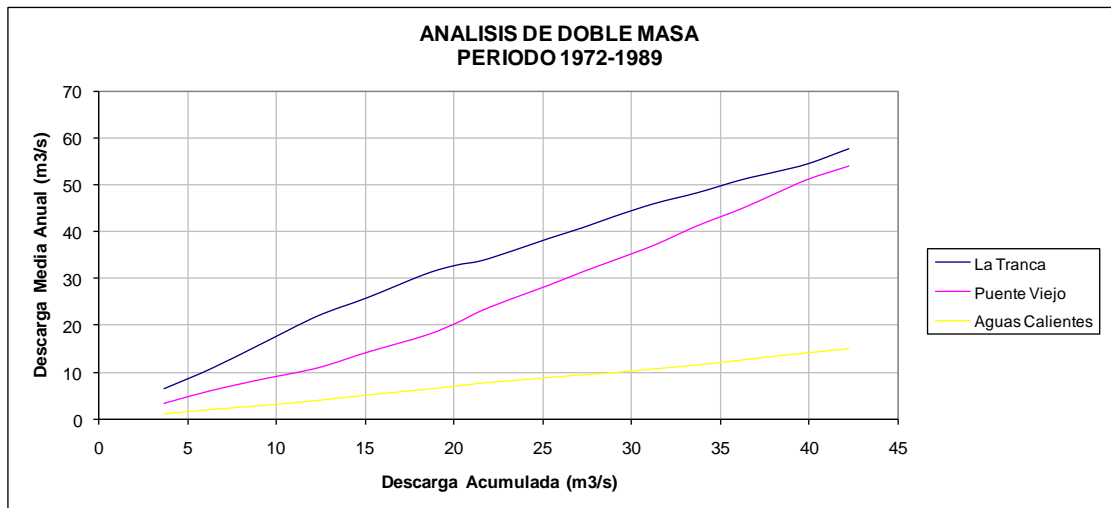


Figura No. 20 Análisis de doble masa: La Tranca, Puente Viejo y Aguas Calientes



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No. 21 Análisis de doble masa: Ticapampa y El Cairo

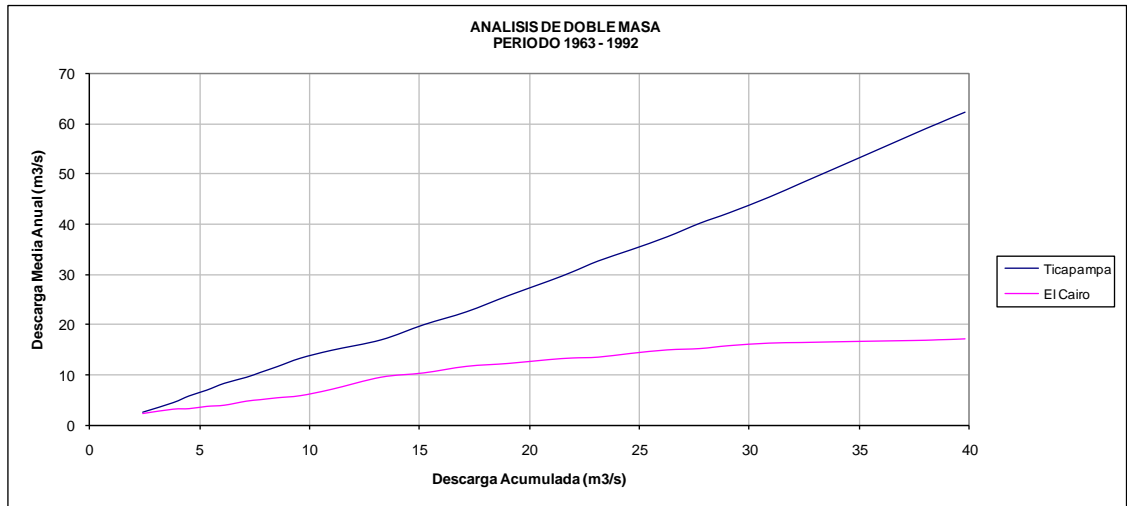
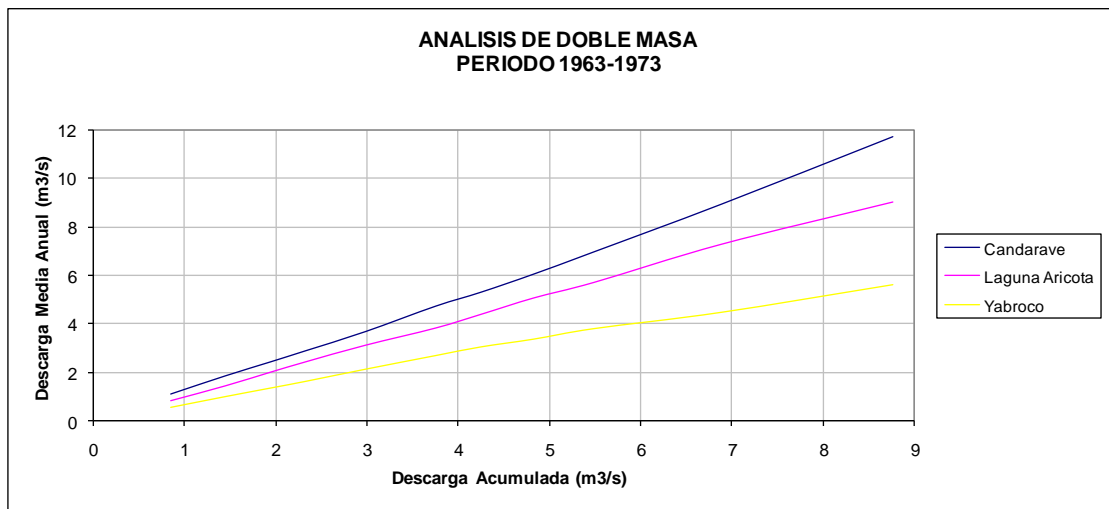


Figura No. 22 Análisis de doble masa: Candarave, Laguna Aricota, Yabroco



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No. 23 Análisis de doble masa: Coranchay y Vilacota

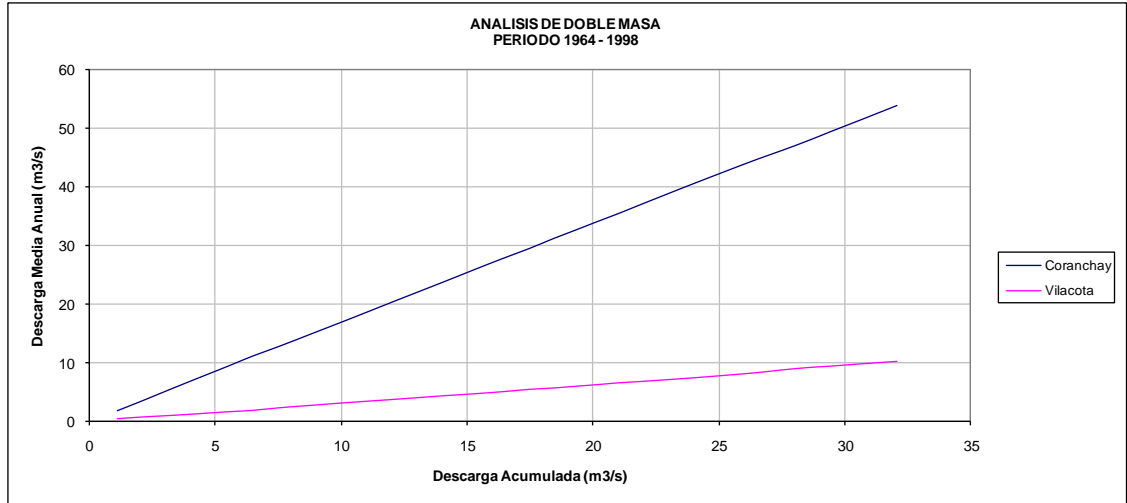
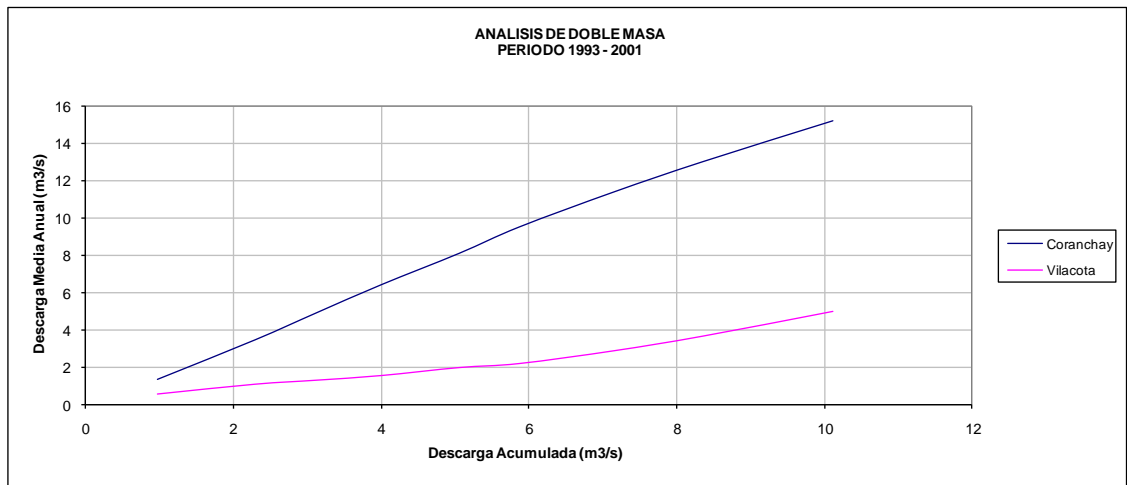


Figura No. 24 Análisis de doble masa: Coranchay y Vilacota



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Figura No. 25 Análisis de doble masa: Tacalaya, Qda. Honda y Jacopunco

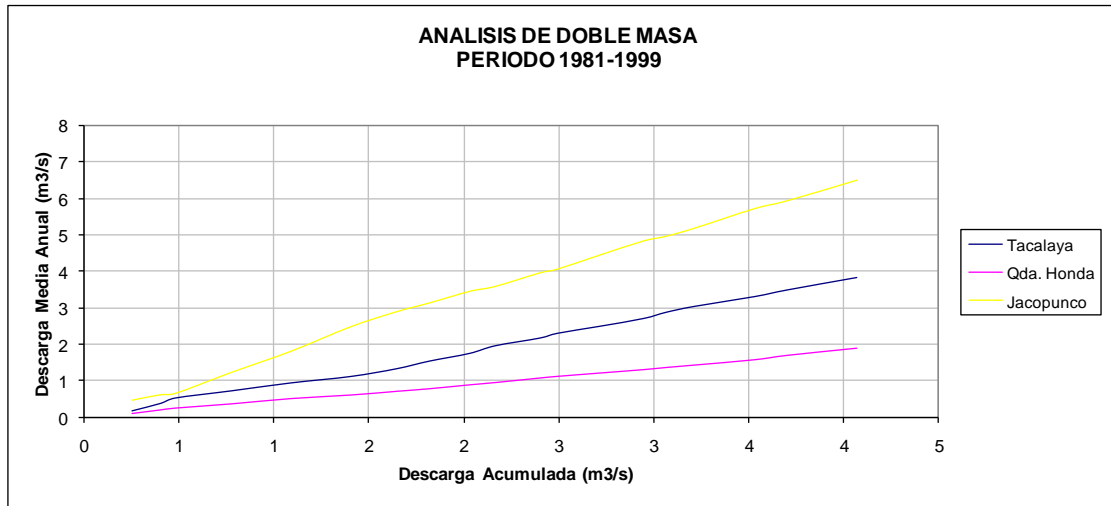
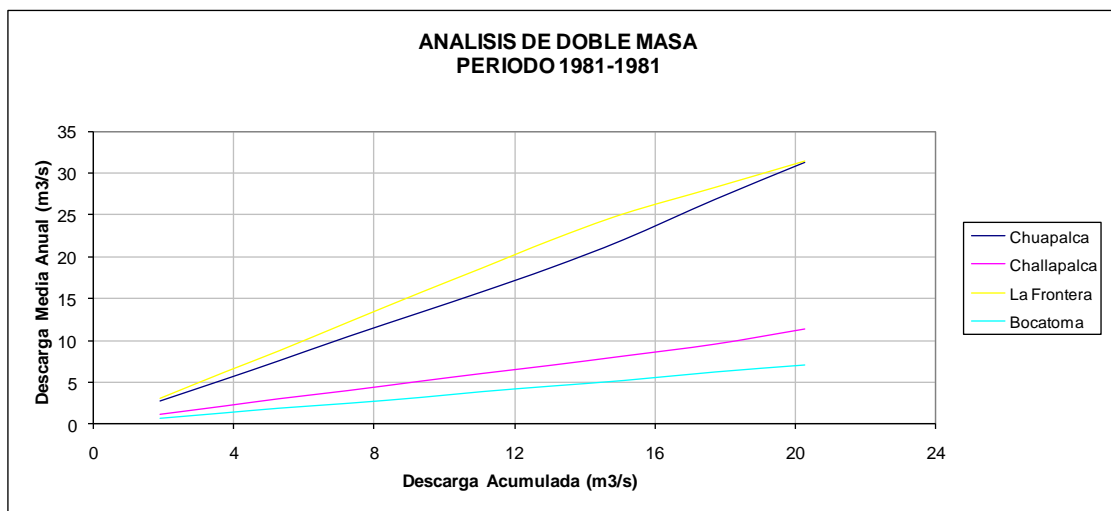


Figura No.26 Análisis de doble masa: Challapalca, Chuapalca, La Frontera, Bocatoma



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No.27 Análisis de doble masa: Copapujo, Mamata I, Mamuta II

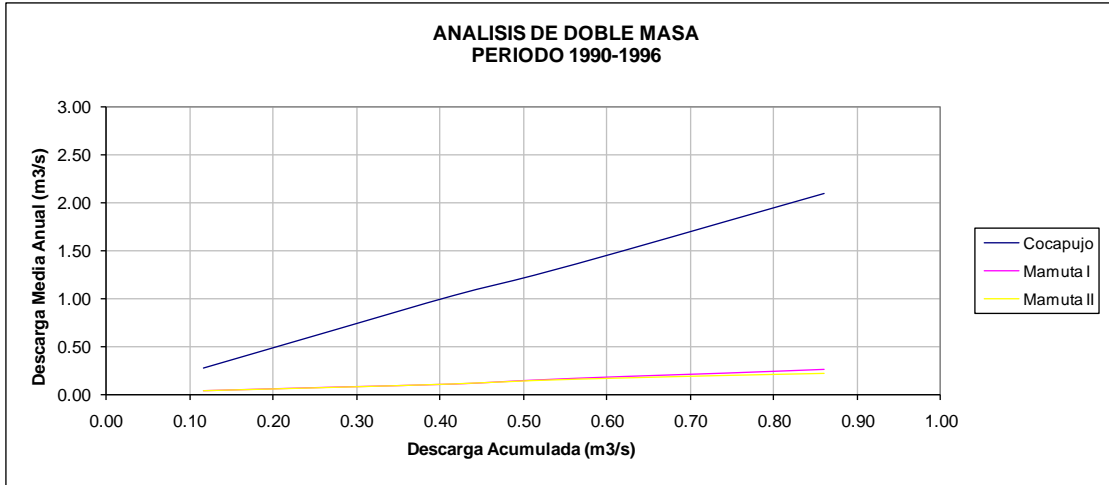
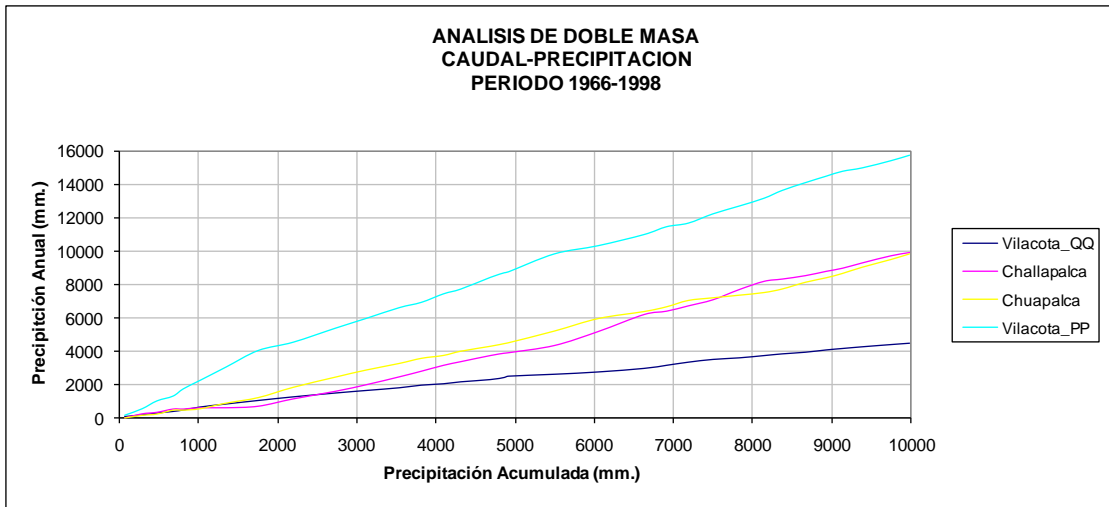


Figura No.28 Análisis de doble masa: Vilacota (Caudal y Precipitación),
Challapalca, Chuapalca



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
LOCUMBA Y SAMA

Figura No.29 Análisis de doble masa: Vilacota (Caudal y Precipitación)

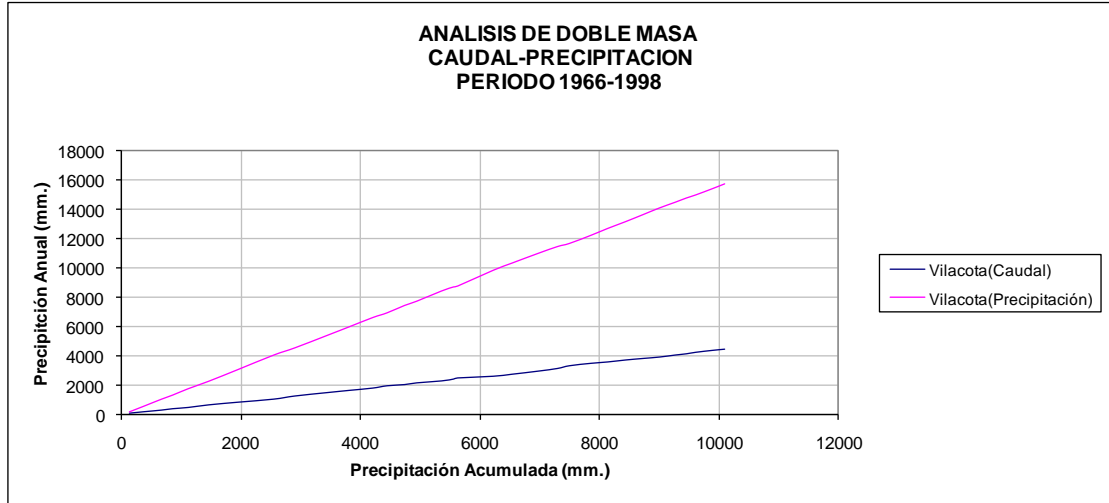


Figura No.30 Análisis de doble masa: Vilacota, Kovire Bofedal

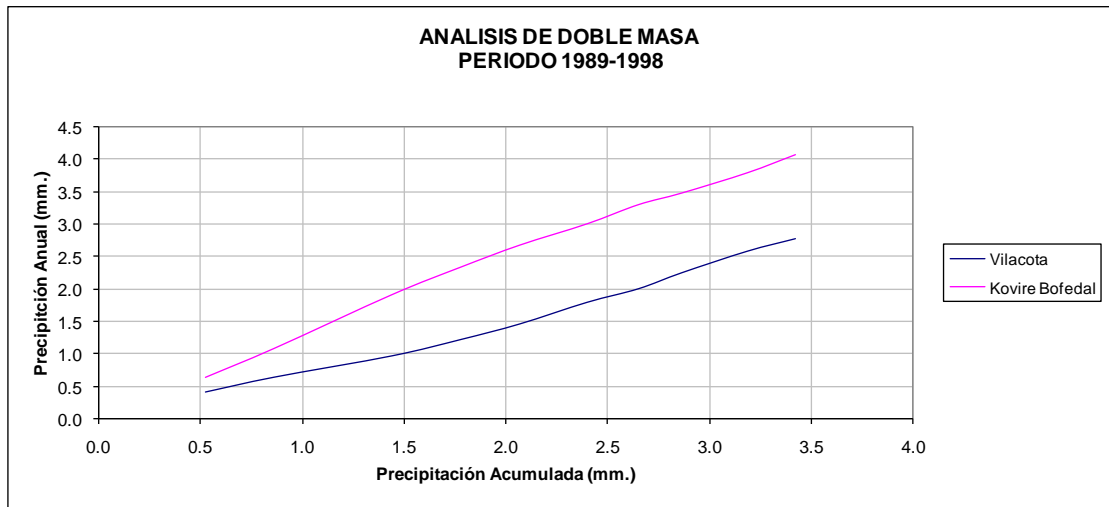
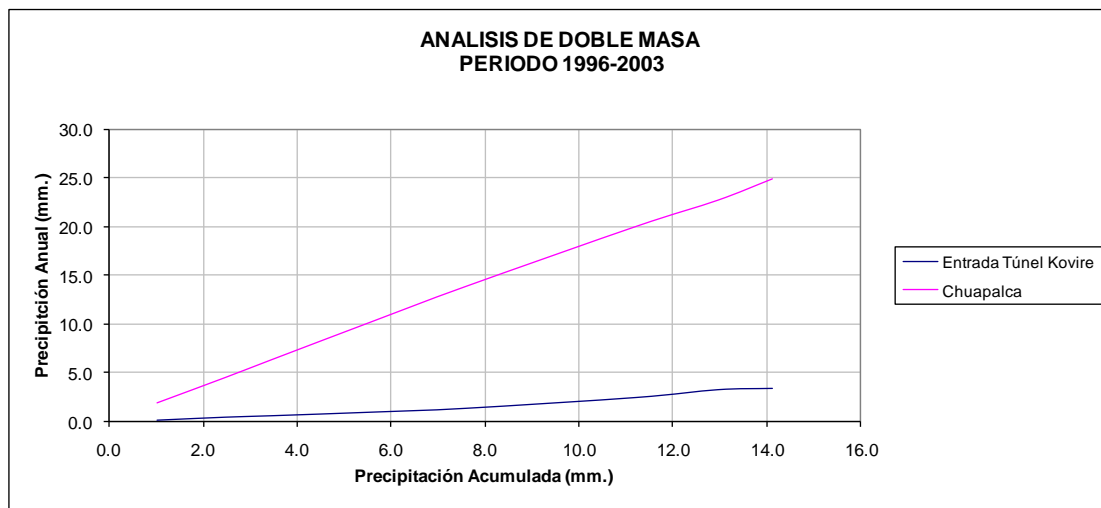


Figura No.31 Análisis de doble masa: Entrada Tunel Kovire, Chuapalca



4.2.2. Análisis de Estadístico

No fue necesario efectuar análisis estadístico, dada la consistencia de los datos verificados a nivel anual, mensual y mediante el diagrama de doble masa.

4.2.3. Análisis de de Tendencias

No se evidenciaron tendencias significativas en las series históricas de descargas medias mensuales, que hayan requerido ser corregidas.

5. Generación de descargas en puntos de interés

5.1. Disponibilidad hídrica natural de los ríos de las cuencas Locumba y Sama

La disponibilidad hídrica natural de los principales ríos dentro del ámbito de las cuencas Locumba – Sama, se realizó mediante correlación entre registros de precipitación total mensual y los caudales medios mensuales en puntos de interés. Cabe mencionar que los periodos utilizados en las correlaciones son antes de la puesta en operación del túnel Kovire (11/ENERO/1996).

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

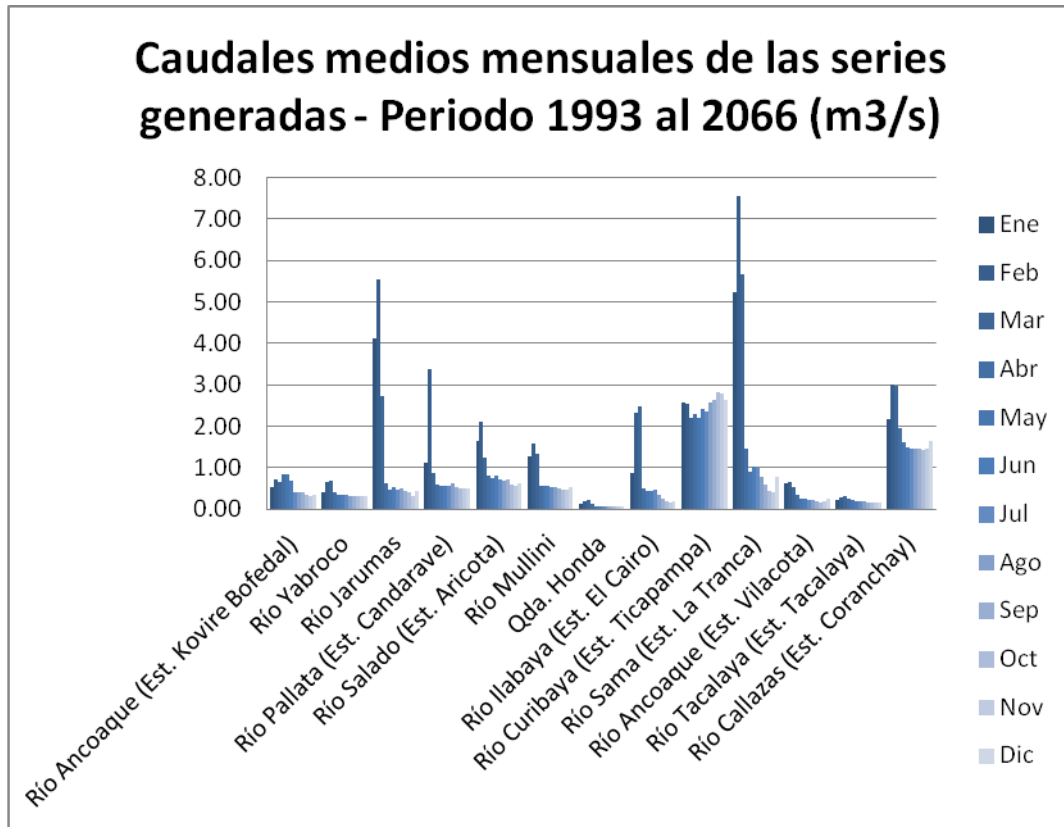
La completación y generación de los caudales medios mensuales se realizó mediante la aplicación del programa Hec4. Los puntos de interés fueron los siguientes:

Cuadro No.09 Caudales naturalizados en puntos de interés

Caudales en puntos de interés	Información utilizada para correlación
Río Ancoaque (Kovire Bofedal)	Precipitación : Challapalca, Susapaya, Candarave, Vilacota
Río Yabroco	Precipitación : Susapaya
Río Jarumas, Río Pallata (Est. Candarave), Río Salado (Est. Aricota Yesera)	Precipitación : Sitajara, Cairani, Candarave
Río Mullini	Precipitación : Sitajara, Curibaya, Cairani, Candarave
Qda. Honda	Precipitación: Qda. Honda
Río Ilabaya (Est. El Cairo), Río Curibaya (Est. Ticapampa)	Río Locumba (Est. Puente Viejo)
Río Sama (Est. La Tranca)	Precipitación: Had. Puquio y Sama
Río Callazas (Est. Coranchay)	Precipitación : Sitajara, Cairani, Candarave

Las series naturales generadas hasta el año 2066 se muestran en el Anexo 3 (VOL. II)

Figura No.32



5.2. Generación de caudales medios mensuales en las cuencas de trasvase hacia Locumba y Sama.

La generación de caudales medios mensuales se realizó para las fuentes hídricas que el esquema hidráulico del sistema Locumba – Sama, recibe como trasvase.

Dichas fuentes hídricas son:

- Río Ancoaque, derivado hacia el río Sama mediante el túnel Kovire.
- Río Tacalaya, derivado hacia el río Callazas mediante el canal Tacalaya.

El procedimiento utilizado para completar y generar información del río Ancoaque (Estación Vilacota) y río Tacalaya (Estación Tacalaya), se basó para cada caso en el ajuste de un modelo multivariado estacional (MPAR). La información registrada en las estaciones hidrométricas del río Ancoaque y río Tacalaya fue relacionada con información de precipitación total mensual de estaciones pluviométricas ubicadas en cada uno de los ámbitos respectivamente.

El programa utilizado para ajustar el modelo MPAR (p) fue el SAMS³.

La formulación del modelo MPAR (p), puede ser expresada de la siguiente manera:

$$Y_{v,\tau} = \sum_{i=1}^p \Phi_{i,\tau} Y_{v,\tau-i} + \varepsilon_{v,\tau}$$

Donde:

$Y_{v,\zeta}$: Es el vector columna de los elementos generados para el mes v y año ζ .

$\Phi_{i,\zeta}$: Matriz de parámetros periódicos autoregresivos.

$\varepsilon_{v,\zeta}$: Vector de errores normalmente distribuidos.

Para el río Ancoaque, la completación y generación de registros de caudales medios mensuales se realizó en base a la precipitación total mensual de las estaciones: Chuacalpa, Challapalca, y Vilacota.

Los principales descriptores estadísticos se muestran en el siguiente cuadro.

³ Stochastic Analysis, Modeling, and Simulation (SAMS) Version 2007. O. G. B. Sveinsson, J. D. Salas, W. L. Lane, and D. K. Frevert. December, 2007

Cuadro No.10 Descriptores Estadísticos – Río Ancoaque

Variable	Mes	Media	Desviación Estándar	Coefficiente Variabilidad	Sesgo	Mínimo	Máximo
Precipitación Media Chuapalca, Challapalca, Vilacota	Ene	107.60	71.65	0.67	0.15	0.90	231.70
	Feb	87.51	68.79	0.79	0.67	10.90	211.30
	Mar	70.56	56.87	0.81	0.62	1.50	191.20
	Abr	8.89	11.22	1.26	1.62	0.00	41.60
	May	1.56	2.75	1.76	2.31	0.00	11.80
	Jun	2.46	7.84	3.19	3.91	0.00	39.10
	Jul	0.50	2.01	4.04	4.73	0.00	10.60
	Ago	5.25	19.32	3.68	4.79	0.00	103.00
	Set	1.67	3.64	2.18	2.95	0.00	16.30
	Oct	5.16	10.96	2.12	2.92	0.00	49.40
	Nov	17.27	35.64	2.06	3.04	0.00	156.90
	Dic	47.01	41.91	0.89	1.46	0.90	166.70
Caudal Vilacota	Ene	0.66	0.52	0.79	1.22	0.09	2.17
	Feb	0.70	0.40	0.57	0.76	0.08	1.70
	Mar	0.56	0.28	0.50	0.84	0.14	1.33
	Abr	0.35	0.12	0.35	1.03	0.19	0.68
	May	0.28	0.10	0.35	1.43	0.16	0.59
	Jun	0.27	0.09	0.33	0.92	0.12	0.50
	Jul	0.25	0.08	0.33	0.72	0.13	0.41
	Ago	0.25	0.11	0.44	3.16	0.15	0.73
	Set	0.21	0.06	0.26	1.33	0.13	0.38
	Oct	0.18	0.05	0.30	2.21	0.09	0.38
	Nov	0.20	0.06	0.28	0.47	0.09	0.38
	Dic	0.26	0.09	0.35	0.90	0.12	0.48

Para el río Tacalaya, la completación y generación de registros de caudales medios mensuales se realizó en base a la precipitación total mensual de la estación Tacalaya.

Los principales descriptores estadísticos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro No.11 Descriptores Estadísticos – Río Tacalaya

Variable	Mes	Media	Desviación Estándar	Coefficiente Variabilidad	Sesgo	Mínimo	Máximo
Precipitación Tacalaya	Ene	117.30	65.23	0.56	0.21	2.10	244.70
	Feb	123.70	60.68	0.49	0.39	21.80	291.70
	Mar	87.09	47.30	0.54	0.26	7.50	201.00
	Abr	21.43	19.51	0.91	0.60	0.00	63.10
	May	3.34	8.08	2.42	3.55	0.00	41.00
	Jun	1.06	2.18	2.06	2.23	0.00	8.80
	Jul	0.38	1.27	3.32	4.09	0.00	6.70
	Ago	3.96	9.81	2.48	3.83	0.00	50.70
	Set	7.43	9.94	1.34	1.40	0.00	34.10
	Oct	12.00	16.52	1.38	1.51	0.00	56.00
	Nov	21.01	25.57	1.22	1.32	0.00	89.40
	Dic	63.99	40.28	0.63	0.54	6.00	156.80
Caudal Tacalaya	Ene	0.22	0.06	0.26	0.53	0.12	0.40
	Feb	0.26	0.05	0.20	-0.91	0.13	0.35
	Mar	0.28	0.05	0.19	0.03	0.16	0.41
	Abr	0.24	0.05	0.20	-0.10	0.15	0.32
	May	0.21	0.05	0.21	0.53	0.15	0.30
	Jun	0.19	0.03	0.15	0.50	0.14	0.25
	Jul	0.19	0.03	0.15	0.64	0.14	0.25
	Ago	0.18	0.03	0.17	1.09	0.14	0.27
	Set	0.17	0.05	0.27	-0.56	0.03	0.26
	Oct	0.15	0.03	0.18	0.58	0.10	0.22
	Nov	0.16	0.03	0.20	0.09	0.11	0.22
	Dic	0.18	0.04	0.21	0.53	0.11	0.28

Para cada uno de los ríos Ancoaque y Tacalaya, se generaron 05 series de caudales medios mensuales hasta el año 2066. Las series generadas se presentan en el Anexo 4 (VOL. II).

6. USO Y DEMANDA DE AGUA

6.1. DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA DEL LOCUMBA

6.1.1. DEMANDA AGRICOLA

La demanda agrícola de la cuenca del Locumba está compuesta por las áreas de los sectores de riego ubicados aguas arriba (Valle Alto) y aguas debajo de la laguna Aricota (Valle Bajo) de la cuenca del Locumba.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

En el Anexo No10, se presenta el mapa con la ubicación de los principales cultivos en la cuenca del Locumba.

a. Áreas bajo riego Valle Locumba

Las áreas bajo riego de los sectores ubicados en el Valle Alto del Locumba, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N°12 Áreas bajo riego Valle Alto del Locumba

Valle	Sector de Riego	Área bajo riego (ha)
Callazas	Cairani, Candarave, Huanuara, Quilahuani	4482.9
Salado	Totora	1927.0
Tacalaya	Camilaca	825.0
TOTAL (ha)		7234.9

Fuente: Estudio PROFODUA – Valle Alto Locumba

De manera similar, las áreas bajo riego de los sectores ubicados en el Valle Bajo del Locumba, se muestran a continuación:

Cuadro N°13 Áreas bajo riego Valle Bajo del Locumba

Valle	Sector de Riego	Área bajo riego (ha)
Ilabaya	Ilabaya	258.9
Locumba	Mirave	126.8
	Curibaya	228.2
	Locumba	1354.1
	Ite	1717.0
TOTAL (ha)		3685.0

Fuente: Estudio PROFODUA – Valle Bajo Locumba

b. Áreas nuevas

Las áreas bajo riego proyectadas son: Sector Ite Norte (1927 ha) y Lomas de Locumba (1600 ha).

c. Cálculo de la evapotranspiración potencial

El cálculo de la evapotranspiración potencial fue realizado mediante la aplicación del método Penman – Monteith.

La evapotranspiración potencial para los sectores de riego ubicados en el Valle Alto fue calculada según información de la estación meteorológica Candarave.

Cuadro N°14

Cálculo de la Evapotranspiración potencial mediante el método de Penman Monteith para el Valle de Candarave						
País	: Perú				Estación	: Candarave
Latitud	: -17.16°	Altitud	: 3415.0 msnm		Longitud	: -70.15°
Meses	Temp.Med.	Humedad	Vel.del Viento	Horas de Sol	Rad.Solar	ETP
	(°C)	(%)	(Km/d)	(Horas)	(MJ/m2/d)	(mm/d)
Enero	10.3	71.0	113.9	11.2	13.1	4.1
Febrero	10.2	74.3	105.2	10.5	13.5	3.9
Marzo	10.2	70.0	106.0	10.8	12.6	3.6
Abril	10.1	57.6	123.4	12.1	10.7	3.4
Mayo	9.3	51.4	133.9	11.9	8.1	2.9
Junio	8.4	45.9	139.9	12.0	6.8	2.6
Julio	8.2	44.9	157.1	12.1	7.3	2.7
Agosto	8.9	46.3	146.5	12.3	8.9	3.2
Septiembre	9.4	45.4	152.2	12.8	10.9	3.9
Octubre	10.0	45.2	146.5	13.1	12.8	4.4
Noviembre	10.0	50.7	146.5	13.2	13.8	4.6
Diciembre	10.3	57.2	127.5	12.4	14.1	4.5
Promedio	9.6	55.0	133.2	12.0	11.1	3.7

La evapotranspiración potencial para los sectores de riego Ilabaya y Curibaya se calcularon según información de la estación meteorológica Mirave.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro N°15

Cálculo de la Evapotranspiración potencial mediante el método de Penman Monteith para el Valle de Mirave						
País	: Perú				Estación	: Mirave
Latitud	: -17.29°	Altitud	: 1150 msnm		Longitud	: -70.33°
Meses	Temp.Med.	Humedad	Vel.del Viento	Horas de Sol	Rad.Solar	ETP
	(°C)	(%)	(Km/d)	(Horas)	(MJ/m2/d)	(mm/d)
Enero	19.3	76.0	233.0	6.8	13.1	4.0
Febrero	19.5	79.5	285.0	7.6	13.5	4.0
Marzo	19.0	78.0	259.0	8.0	12.6	3.8
Abril	17.6	79.0	225.0	8.2	10.7	3.2
Mayo	15.6	62.0	207.0	7.9	8.1	3.0
Junio	14.4	67.0	173.0	7.2	6.8	2.4
Julio	14.3	67.0	190.0	7.5	7.3	2.6
Agosto	14.5	71.0	225.0	7.4	8.9	2.8
Septiembre	15.3	68.0	225.0	7.6	10.9	3.4
Octubre	16.4	64.0	242.0	8.2	12.8	4.1
Noviembre	17.2	66.0	242.0	8.5	13.8	4.4
Diciembre	18.3	70.0	259.0	8.3	14.1	4.4
Promedio	16.8	70.6	230.4	7.8	11.1	3.5

Los cálculos de evapotranspiración potencial para el sector de riego Locumba se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N°16

Cálculo de la Evapotranspiración potencial mediante el método de Penman Monteith para el Valle de Locumba						
País	: Perú				Estación	: Locumba
Latitud	: -17.37°	Altitud	: 560 msnm		Longitud	: -70.46°
Meses	Temp.Med.	Humedad	Vel.del Viento	Horas de Sol	Rad.Solar	ETP
	(°C)	(%)	(Km/d)	(Horas)	(MJ/m2/d)	(mm/d)
Enero	22.8	70.0	233.0	7.0	13.3	4.7
Febrero	22.8	69.0	285.0	8.3	14.0	5.0
Marzo	22.4	70.0	259.0	8.2	12.8	4.6
Abril	19.9	71.0	225.0	8.0	10.6	3.7
Mayo	18.0	75.0	207.0	7.2	8.3	2.8
Junio	16.3	76.0	173.0	5.9	6.7	2.2
Julio	15.5	75.0	190.0	6.2	7.1	2.3
Agosto	16.0	75.0	225.0	5.9	8.4	2.7
Septiembre	16.8	74.0	225.0	6.7	10.6	3.2
Octubre	18.6	72.0	242.0	7.5	12.6	4.0
Noviembre	19.8	70.0	242.0	8.1	13.8	4.4
Diciembre	21.3	70.0	259.0	7.1	13.3	4.5
Promedio	19.2	72.3	230.4	7.2	11.0	3.7

Finalmente, el cálculo de la evapotranspiración potencial para los sectores de riego Ite y áreas nuevas Ite Norte, se muestra en el siguiente cuadro.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro N°17

Cálculo de la Evapotranspiración potencial mediante el método de Penman Monteith para el Valle de Ite						
País	: Perú				Estación	: Ite
Latitud	: -17.51°	Altitud	: 150 msnm		Longitud	: -70.58°
Meses	Temp.Med.	Humedad	Vel.del Viento	Horas de Sol	Rad.Solar	ETP
	(°C)	(%)	(Km/d)	(Horas)	(MJ/m2/d)	(mm/d)
Enero	22.1	71.2	242.0	7.6	13.8	4.6
Febrero	22.5	70.5	225.0	7.5	13.4	4.6
Marzo	22.2	72.0	216.0	7.3	12.1	4.2
Abril	20.5	73.3	216.0	6.2	9.5	3.3
Mayo	18.6	74.6	199.0	6.1	7.7	2.7
Junio	17.7	77.9	207.0	4.0	6.0	2.1
Julio	16.8	78.8	207.0	3.7	6.1	2.1
Agosto	16.9	77.8	225.0	3.0	6.8	2.3
Septiembre	17.3	77.2	225.0	3.3	8.3	2.7
Octubre	18.5	74.8	242.0	5.0	10.7	3.4
Noviembre	20.1	71.9	242.0	6.4	12.5	4.1
Diciembre	21.1	70.5	250.0	6.7	13.0	4.4
Promedio	19.5	74.2	224.7	5.6	10.0	3.4

d. Cédula de cultivos

La cédula de cultivos expresada en porcentajes para los valles involucrados en el estudio, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N°18 Cédula de cultivo en porcentaje para cada uno de los valles involucrados en el estudio

Valles de Tacalaya, Callazas y Salado		Valles de Ilabaya, Curibaya y Mirave		Valle de Locumba		Valle de Ite		Lomas de Sama e Ite Norte	
Cultivo	%	Cultivo	%	Cultivo	%	Cultivo	%	Cultivo	%
OREGANO	8.0	AJI	0.5	AJI	12.0	OLIVO	0.9	OLIVO	20
AJO	0.5	CEBOLLA	1.0	CEBOLLA	1.0	AJI	13.8	CEBOLLA	20
MAÍZ CHOCLO	1.7	MAIZ CHALA	6.0	MAIZ CHALA	20.0	CEBOLLA	5.8	AJI PAPIKA	20
HABA	1.8	PAPA	0.8	OLIVO	1.7	MAIZ CHALA	24.8	AJI CRIOLLO	20
ARVEJA	0.2	ALFALFA	28.5	ALFALFA	52.6	ALFALFA	50.2	PERA	10
ALFALFA	60.2	MAIZ CHALA	50.5	AJI PAPIKA	0.0	HABA Y ARVEJAS	0.0	DAMASCO	10
PAPA	2.4	HABA Y ARVEJAS	0.5	ALGODÓN	0.0	ALGODÓN	0.0	TOTAL	100
AVENA	25.2	OLIVO	0.0	HORTALIZAS	0.0	HORTALIZAS	0.0		
TOTAL	100.0	HORTALIZAS	0.0	TOMATE	0.0	TOMATE	0.0		
		TOMATE	0.0	ZAPALLO	0.0	ZAPALLO	0.0		
		ZAPALLO	0.0	OTROS CULTIVOS	12.7	OTROS CULTIVOS	4.4		
		OTROS CULTIVOS	12.2	TOTAL	100.0	TOTAL	100.0		
		TOTAL	100.0						

Fuente: Documento 'Solicitud de reservas de agua', PET - 2006

e. Eficiencia de riego

La eficiencia de riego calculada para el valle Alto de Locumba fue estimada en 43.4%, considerando que la eficiencia de conducción es 85.0%, la eficiencia de distribución es 85% y la eficiencia de aplicación es 60%.

La eficiencia de riego calculada para los sectores de riego Ilabaya y Curibaya fue estimada en 48.8%, considerando que la eficiencia de conducción es 85.0%, la eficiencia de distribución es 87.0% y la eficiencia de aplicación es 66.0%

La eficiencia de riego calculada para el valle de Locumba e Ite es 40%, considerando que la eficiencia de conducción es 85.0%, la eficiencia de distribución es 80% y la eficiencia de aplicación es 59%.

f. Módulos de riego – Situación Actual

Los módulos de riego brutos mensuales y total anual para la situación actual fueron calculados para los valles y sectores de riego en base a la evapotranspiración potencial calculada para cada valle, cédula de cultivo y eficiencias de riego, que a continuación se detallan:

Los coeficientes de cultivos (K_c) fueron obtenidos del documento 'Reserva de Agua para el PET', Julio 2006.

Cabe mencionar que los módulos de riego brutos calculados son semejantes a los calculados por el Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua para los valles del Alto y Bajo Locumba.

El siguiente cuadro muestra la situación actual arriba descrita:

Cuadro No.19

Módulos de Riego Brutos - Situación Actual (m3/ha)

Meses	Valles			
	Valle Alto Locumba - Tacalaya, Callazas, Salado	Ilabaya, Locumba (Sectores Ilabaya, Curibaya y Mirave)	Locumba (Sector Locumba)	Locumba (Sector Ite)
Enero	1476.2	1083.0	2837.0	2843.0
Febrero	1268.3	944.8	2404.0	2074.0
Marzo	1305.2	995.8	2996.0	2086.0
Abril	1358.5	1037.0	2561.0	2175.0
Mayo	1220.2	1149.0	2208.0	1931.0
Junio	1090.0	963.1	1791.0	1587.0
Julio	1639.0	1076.0	1515.0	1698.0
Agosto	2085.0	1513.0	1790.0	1408.0
Septiembre	2416.6	2030.0	2173.0	1682.0
Octubre	2579.0	2481.0	2450.0	2159.0
Noviembre	2170.5	2853.0	2639.0	2521.0
Diciembre	2285.7	2652.0	2765.0	2773.0
Total (m3/ha)	20894.2	18777.7	28129.0	24937.0

g. Demanda de agua bruta total – Situación Actual

La demanda de agua bruta para riego del total del área susceptible a ser irrigada, considerando las condiciones que se dan en la situación actual como son los módulos de riego brutos mensuales calculados anteriormente, se presenta en el siguiente cuadro:

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro No.20 Demanda de agua bruta total – Situación Actual

Sectoros bajo riego									
	Cairani, Candarave, Huanuara, Quilahuani	Totora	Camilaca	Ilabaya	Mirave	Curibaya	Locumba	Ite	Total (Hm3)
Area bajo riego (ha)	4482.9	1927.0	825.0	258.9	126.8	228.2	1354.1	1717.0	10919.9
Enero	6.6	2.8	1.2	0.3	0.1	0.2	3.8	4.9	20.1
Febrero	5.7	2.4	1.0	0.2	0.1	0.2	3.3	3.6	16.6
Marzo	5.9	2.5	1.1	0.3	0.1	0.2	4.1	3.6	17.7
Abril	6.1	2.6	1.1	0.3	0.1	0.2	3.5	3.7	17.7
Mayo	5.5	2.4	1.0	0.3	0.1	0.3	3.0	3.3	15.8
Junio	4.9	2.1	0.9	0.2	0.1	0.2	2.4	2.7	13.6
Julio	7.3	3.2	1.4	0.3	0.1	0.2	2.1	2.9	17.5
Agosto	9.3	4.0	1.7	0.4	0.2	0.3	2.4	2.4	20.9
Septiembre	10.8	4.7	2.0	0.5	0.3	0.5	2.9	2.9	24.6
Octubre	11.6	5.0	2.1	0.6	0.3	0.6	3.3	3.7	27.2
Noviembre	9.7	4.2	1.8	0.7	0.4	0.7	3.6	4.3	25.4
Diciembre	10.2	4.4	1.9	0.7	0.3	0.6	3.7	4.8	26.7
Total (Hm3)	93.7	40.3	17.2	4.9	2.4	4.3	38.1	42.8	243.6

6.1.2. DEMANDA POBLACIONAL

La demanda poblacional de las provincias de Jorge Basadre y Candarave se calculó en base a información del INEI (Censo 2007). El siguiente cuadro muestra los cálculos respectivos y la proyección para el año 2010:

Cuadro No.21 Demanda Poblacional - Locumba

Cuenca Locumba						
Provincia	No.Hab Censo 2007	Dotación Urbana (l/hab/día)		Tasa de crecimiento anual (%)	% de Cobertura	Demanda poblacional 2010 (l/s)
		Menos de 10000 hab.	Más de 10000 hab.			
Jorge Basadre	9872	150	200	-1.5	74	12.1
Candarave	8373	120	150	-0.7	78	8.9

6.1.3. DEMANDA MINERA

La demanda minera de la cuenca Locumba se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro No.22 Demanda Minera Locumba

ENTIDAD	RESOLUCION	CAUDAL (l/s)
SOUTHERN	R.M. 534-72-AG USO AGUA RIO TACALAYA	150.0
	R.D. 00405-77-AG/DGA QUEBRADA ONDA	60.0
	R.D. 053-88-AG-DGAS LAGUNA SUCHES	300.0
	R.D. 0062-83-AG-DGASI HUAYTIRE JENTILAR	437.8
	RADM. 002-94-DISRAG/ATDRLS HUAYTIRE JENTILAR	190.0
	RADM. 034-2005-DRA.T/GR.TAG-ATDR/S HUAYTIRE JENTILAR	162.2
	RADM. 169-95-DISRAG-ATARL/S CUENCA VIZCACHA	340.0
	ALA MOQUEGUA CUENCA TITIJONES	310.0

6.2. DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA DEL SAMA

6.2.1. DEMANDA AGRICOLA

a. Áreas bajo riego Valle Sama

Las áreas totales bajo riego del Valle de Sama se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro No.23 Áreas Bajo riego Sama

Valle	Sector de Riego	Área bajo riego (ha)
Sama	Coruca	279.2
	Inclán	612.1
	Tomasiri	860.9
	Las Yaras	688.0
	Valle Bajo	654.6
	PROTER	1500.0
TOTAL (ha)		4594.8

b. Áreas nuevas

Las áreas bajo riego proyectadas son las correspondientes a Lomas de Sama (7500.0 ha).

En el Anexo N°10, se presenta el mapa con la ubicación de los principales cultivos en la cuenca del Sama.

c. Cálculo de la evapotranspiración potencial

El cálculo de la evapotranspiración potencial fue realizado mediante la aplicación del método Penman – Monteith.

La evapotranspiración potencial para los sectores de riego ubicados en el Valle de Sama fueron calculados según información de la estación meteorológica Sama.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro No.24

Cálculo de la Evapotranspiración potencial mediante el método de Penman Monteith para el Valle de Sama							
País	: Perú					Estación	: Sama Grande
Latitud	: -17.80°			Altitud	: 527 msnm	Longitud	: -70.50°
Meses	Temp.Máx.	Temp.Mín.	Humedad	Vel.del Viento	Horas de Sol	Rad.Solar	ETP
	(°C)	(°C)	(%)	(Km/d)	(Horas)	(MJ/m2/d)	(mm/d)
Enero	28.2	16.4	74.0	300.0	8	17.2	4.19
Febrero	28.7	16.4	70.0	271.2	8	18.9	4.65
Marzo	28.0	15.7	75.0	216.0	8	20.7	4.51
Abril	26.5	14.2	79.0	230.4	5	17.2	3.94
Mayo	24.3	12.2	82.0	182.4	5	17.3	3.53
Junio	22.0	10.7	84.0	180.0	5	17.2	3.22
Julio	20.9	9.8	83.0	199.2	5	17.2	3.17
Agosto	21.4	10.1	83.0	223.2	5	17.1	3.23
Septiembre	22.2	10.6	86.0	206.4	5	16.5	3.07
Octubre	24.2	12.4	80.0	254.4	5	15.2	3.34
Noviembre	25.8	13.7	78.0	271.2	5	13.6	3.36
Diciembre	27.0	15.1	77.0	285.6	8	16.5	3.74
Promedio	24.9	13.1	79.3	235.0	6	17.0	3.66

El cálculo de la evapotranspiración potencial para las áreas nuevas (Lomas de Sama y Lomas de Locumba) fue realizado aplicando el método de Penman Monteith y utilizando la información meteorológica de la Estación La Yarada, en vista que las condiciones agroclimatológicas entre valle y áreas nuevas son diferentes para el cálculo de la necesidad de agua de los cultivos.

Cuadro N°25

Cálculo de la Evapotranspiración potencial mediante el método de Penman Monteith para Lomas de Sama							
País	: Perú					Estación	: La Yarada
Latitud	: -18.14°			Altitud	: 58 msnm	Longitud	: -70.53°
Meses	Temp.Máx.	Temp.Mín.	Hum.Rel	Vel.del Viento	Horas de Sol	Rad.Solar	ETP
	(°C)	(°C)	(%)	(Km/d)	(Horas)	(MJ/m2/d)	(mm/d)
Enero	27.2	17.4	69.8	241.9	7.6	22.5	5.10
Febrero	27.9	17.7	70.5	216.0	7.5	21.9	4.96
Marzo	26.9	16.2	72.0	216.0	7.3	20.3	4.47
Abril	24.6	13.9	73.3	207.4	6.2	16.5	3.55
Mayo	22.5	12.2	74.6	198.7	6.1	14.3	2.87
Junio	20.8	11.7	77.9	207.4	4.0	10.8	2.28
Julio	19.8	11.6	78.8	198.7	3.7	10.8	2.18
Agosto	19.8	10.9	77.8	224.6	3.0	11.4	2.45
Septiembre	20.2	12.3	77.2	224.6	3.3	13.5	2.80
Octubre	21.8	13.2	74.8	241.9	5.0	17.4	3.57
Noviembre	23.6	14.4	71.9	241.9	6.4	20.4	4.27
Diciembre	25.3	15.0	70.5	250.6	6.7	21.1	4.68
Promedio	23.4	13.9	74.1	222.5	5.6	16.8	3.60

d. Cédula de cultivos

La cédula de cultivos considerada, se determinó en base a información del Plan de Cultivo de Riego del Valle del Sama (Campaña 2009 – 2010).

Cuadro No.26 Cédula de cultivo Valle Sama

Sector de Riego - Valle Sama							
Cultivos	Coruca	Inclán	Tomasiri	Las Yaras	Valle Bajo	PROTER	Promedio
	%	%	%	%	%	%	%
Alfalfa	46.6	53.8	51.8	60.1	42.8	5.5	35.1
Ají	9.9	3.4	5.9	2.8		24.1	11.7
Olivo		5.1	4.7	8.0	22.9	51.2	23.4
Maíz Chala	10.1	25.3	17.7	20.1	10.7	10.9	15.7
Maíz Amiláceo			0.6	0.2			0.1
Papa			2.6				0.5
Cebolla	24.5	5.4	3.0	0.3		5.0	4.9
Habas			4.3				0.9
Otros Cultivos	8.9	7.0	9.5	8.5	23.6	3.3	7.6

Fuente: Junta de Usuarios Valle de Sama / Plan de Cultivo de Riego Campaña 2009-2010.

e. Eficiencia de riego

La eficiencia de riego para el valle de Sama fue obtenida de la reportada por el Proyecto Formalización de Derechos de Uso del Agua – PROFODUA para el Valle de Sama, estimada en 30.0%, considerando que la eficiencia de conducción es 85.0%, la eficiencia de distribución es 70.6% y la eficiencia de aplicación es 50%.

f. Módulos de riego – Situación Actual

Los módulos de riego brutos mensuales y total anual para la situación actual fueron calculados para los siguientes sectores de riego en base a la

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

evapotranspiración potencial calculada para cada valle, cédula de cultivo y eficiencias de riego:

Los coeficientes de cultivos (Kc) fueron obtenidos a partir de información proporcionada por la Junta de Usuarios del Valle de Sama / Plan de Cultivo de Riego Campaña 2009 – 2010.

Cuadro No. 27 Módulos de Riego Valle de Sama

Meses	Sectores de Riego					
	Coruca	Inclán	Tomasiri	Las Yaras	Valle Bajo	PROTER
Ene	1021.5	867.1	788.2	842.3	709.9	928.7
Feb	972.3	1033.5	922.7	1015.8	803.9	920.1
Mar	921.8	1219.2	1111.6	1251.1	1056.5	974.7
Abr	690.4	897.0	842.3	972.7	946.6	556.3
May	582.4	668.4	705.8	768.9	832.8	399.9
Jun	482.6	551.2	605.3	635.1	695.1	324.6
Jul	494.6	626.7	660.2	683.8	709.2	372.5
Ago	431.6	646.3	636.8	661.3	523.8	394.7
Sep	408.6	613.1	581.3	611.5	480.5	469.3
Oct	556.7	540.3	481.3	525.2	454.7	618.4
Nov	620.4	454.5	439.1	457.7	417.5	648.7
Dic	759.3	580.4	558.8	592.1	538.2	768.1
m3/ha neta	7942.3	8697.7	8333.4	9017.4	8168.5	7376.0
m3/ha bruta	26469.8	28987.4	27773.4	30053.1	27223.9	24582.5

g. Demanda de agua bruta total – Situación Actual

La demanda de agua bruta para riego considerando la totalidad de área susceptible a ser irrigada considerando los módulos de riego brutos mensuales calculados anteriormente para la situación actual y las respectivas áreas bajo riego, se presenta en el siguiente cuadro:

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro No.28 Demanda de Agua Bruta Total - Sama

Meses	Sector de Riego						Total (Hm ³)
	Coruca	Inclán	Tomasiri	Las Yaras	Valle Bajo	PROTER	
Area bajo riego (ha)	279.2	612.1	860.9	688.0	654.6	1500.0	4594.8
Ene	1.0	1.8	2.3	1.9	1.5	4.6	13.1
Feb	0.9	2.1	2.6	2.3	1.8	4.6	14.3
Mar	0.9	2.5	3.2	2.9	2.3	4.9	16.6
Abr	0.6	1.8	2.4	2.2	2.1	2.8	12.0
May	0.5	1.4	2.0	1.8	1.8	2.0	9.5
Jun	0.4	1.1	1.7	1.5	1.5	1.6	7.9
Jul	0.5	1.3	1.9	1.6	1.5	1.9	8.6
Ago	0.4	1.3	1.8	1.5	1.1	2.0	8.2
Sep	0.4	1.3	1.7	1.4	1.0	2.3	8.1
Oct	0.5	1.1	1.4	1.2	1.0	3.1	8.3
Nov	0.6	0.9	1.3	1.0	0.9	3.2	8.0
Dic	0.7	1.2	1.6	1.4	1.2	3.8	9.9
Total (Hm ³)	7.4	17.7	23.9	20.7	17.8	36.9	124.4

6.2.2. DEMANDA POBLACIONAL

La demanda poblacional de las provincias de Tarata, Inclán y Sama se calculó en base a información del INEI (Censo 2007). El siguiente cuadro muestra los cálculos respectivos y la proyección para el año 2010.

Cuadro No.29 Demanda Poblacional Sama

Cuenca Sama						
Provincia	No.Hab Censo 2007	Dotación Urbana (l/hab/día)		Tasa de crecimiento anual (%)	% de Cobertura	Demanda poblacional 2010 (l/s)
		Menos de 10000 hab.	Más de 10000 hab.			
Tarata	7805	150	200	-0.3	28	3.8
Inclán	4074	120	150	1.6	50.6	3.0
Sama	2387	150	200	1.6	71.1	3.1

7. EVENTOS HIDROLOGICOS EXTREMOS

El cálculo de los eventos hidrológicos extremos se llevaron a cabo para los ríos señalados en el siguiente cuadro:

Cuadro No.30 Ríos con información para análisis de valores extremos

RIO	ESTACION	NORTE	ESTE	ALTITUD
Curibaya	TICAPAMPA	8066670	338170	1120
Ilabaya	EL CAIRO	8068500	400200	1130
Confluencia Callazas -Salado	INGRESO ARICOTA	8082286	367581	2830
Sama	LA TRANCA	8038200	399800	620

Los caudales máximos instantáneos se calcularon en función a los caudales máximos mensuales registrados en las estaciones antes mencionadas.

Para la obtención de los caudales máximos instantáneos, se utilizó información del Estudio 'Transporte de Sedimentos del Río Sama'⁴, en donde se registraron los caudales máximos instantáneos para los años 1999, 2001 y 2002, según el siguiente cuadro:

Cuadro No.31

Caudales Máximos Instantáneos – Río Sama

Año	Ene	Feb	Mar	Abr
1997	28.9	35	41.9	
2001	18.7			12.6
2002			34.8	8.4

Mediante la comparación con los caudales máximos mensuales registrados durante dichos años y para dichos meses, se determinó un factor de ajuste de 1.65., de acuerdo con el siguiente cuadro:

⁴ Jhan Carlo Espinoza. Tesis de Ingeniería Agrícola UNALM.

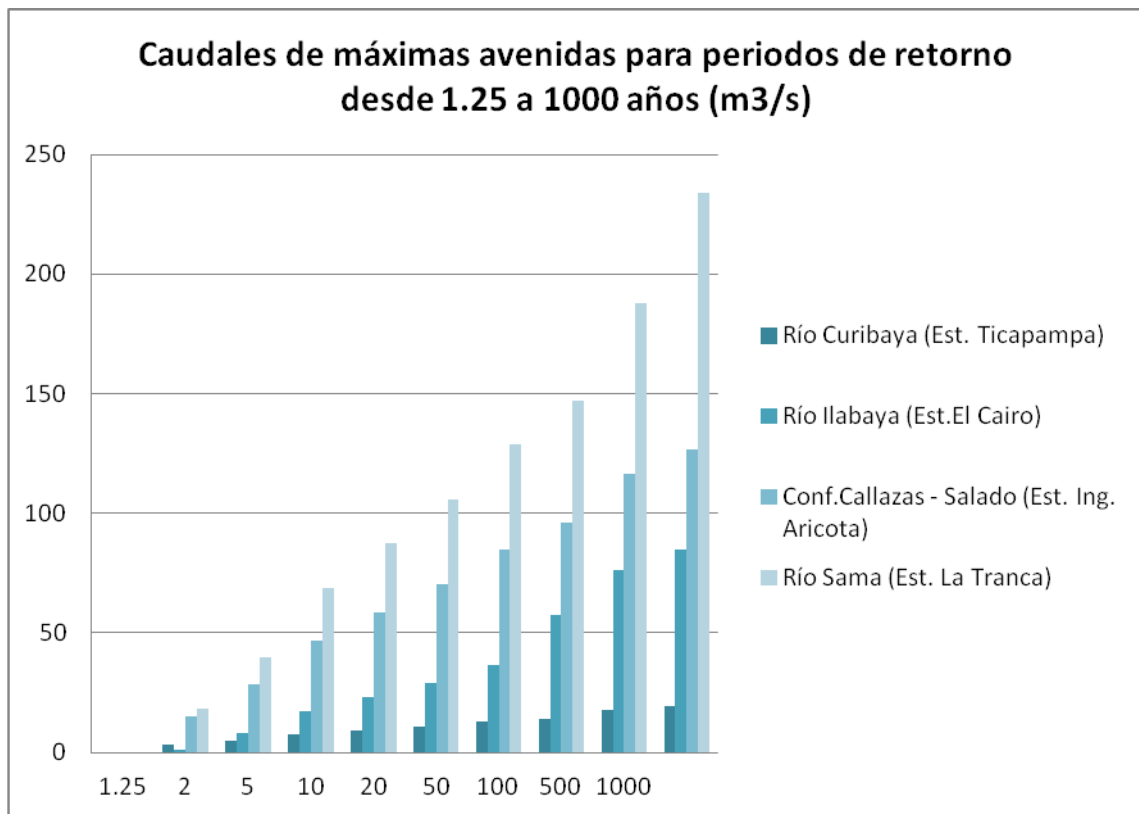
ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro No.32 Factores de proporcionalidad

Año	Ene	Feb	Mar	Abr
1997	1.009	1.009	1.007	
2001	1.122			3.024
2002			1.856	2.523
Prom.	1.650			

La siguiente figura muestra los eventos hidrológicos extremos para periodos de retorno entre 1.25 a 1000 años. El detalle de los cálculos se presenta en el Anexo No 07.

Figura No.33



8. MODELACION HIDROLOGICA

8.1. GENERALIDADES

La modelación hidrológica es un procedimiento muy eficiente para definir la priorización de obras dentro de una cuenca. En el caso particular de las cuencas Locumba y Sama, existen proyectos de aprovechamiento hídrico que necesitan ser actualizados analizados mediante modelación hidrológica.

Para alcanzar dicho objetivo, se ha desarrollado un programa de cómputo en lenguaje de programación Visual Basic v.6.0, con el objeto de incorporar opciones de simulación. La información de las series de caudales de ingreso al programa están en formato MS-EXCEL y los resultados de cada uno de los escenarios de simulación realizados se almacenan en una base de datos tipo MS-ACCESS.

8.2. DESCRIPCION DEL MODELO

La siguiente figura muestra el menú principal del programa de cómputo que consiste en proponer el esquema hidráulico a simular, los escenarios de simulación, las demandas agrícola y poblacional y las reglas de operación de la Laguna Aricota y embalse Yarascay. Posteriormente de completado el ingreso de información, se procede con la simulación hidrológica.

Figura No.34 Menú Principal del Programa

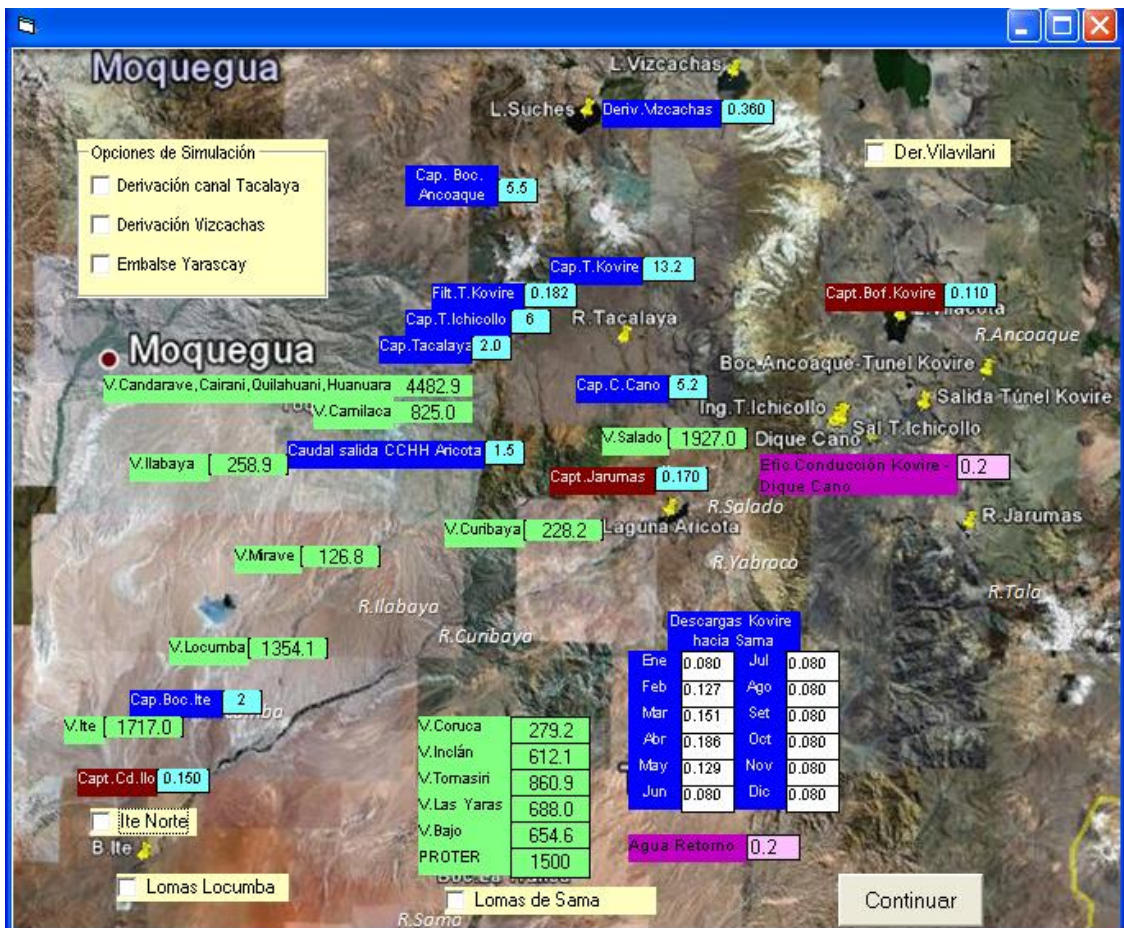


ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

El esquema hidráulico a ser simulado, se muestra en la Figura No 35. El usuario tendrá la oportunidad de incorporar las opciones de la derivación del canal Tacalaya, derivación de la extracción del agua subterránea de la cuenca Vizcachas y la operación del embalse Yarascay.

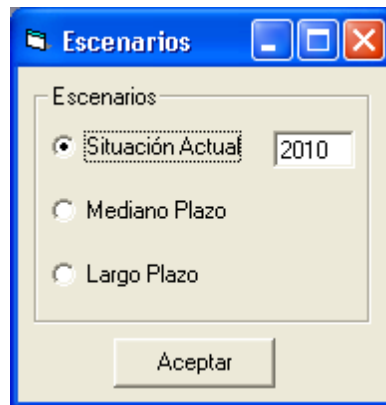
Asimismo el usuario podrá fijar la capacidad de captación y conducción de las principales estructuras hidráulicas, áreas bajo riego existente y proyectada, eficiencias de conducción, captación de terceros, etc.

Figura No.35 Esquema Hidráulico Locumba Sama



Asimismo, la siguiente figura muestra la opción de realizar las simulaciones considerando escenarios de: situación actual, a mediano plazo y largo plazo, respectivamente. Para el caso del presente estudio se fijó para la Situación Actual el año 2010 y para los escenarios a mediano y largo plazo los años 2025 y 2040 respectivamente.

Figura No.36 Escenarios de Simulación



Las Figuras No.37 a la No.42, presentan el cálculo de los módulos de riego brutos para los valles de: Tacalaya, Callazas y Salado, Ilabaya, Curibaya y Mirave, Locumba, Ite, Áreas nuevas (Lomas de Locumba, Ite Norte y Lomas de Sama) y Sama, respectivamente.

Cabe mencionar que dichos cálculos están en función de la evapotranspiración potencial, cédula de cultivos y coeficientes de cultivos respectivos. Asimismo se tiene el ingreso de las eficiencias de riego.

Los módulos anuales por defecto corresponden a la situación actual y han sido calibrados según información de la demanda agrícola de cada uno de los valles.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Figura No. 37

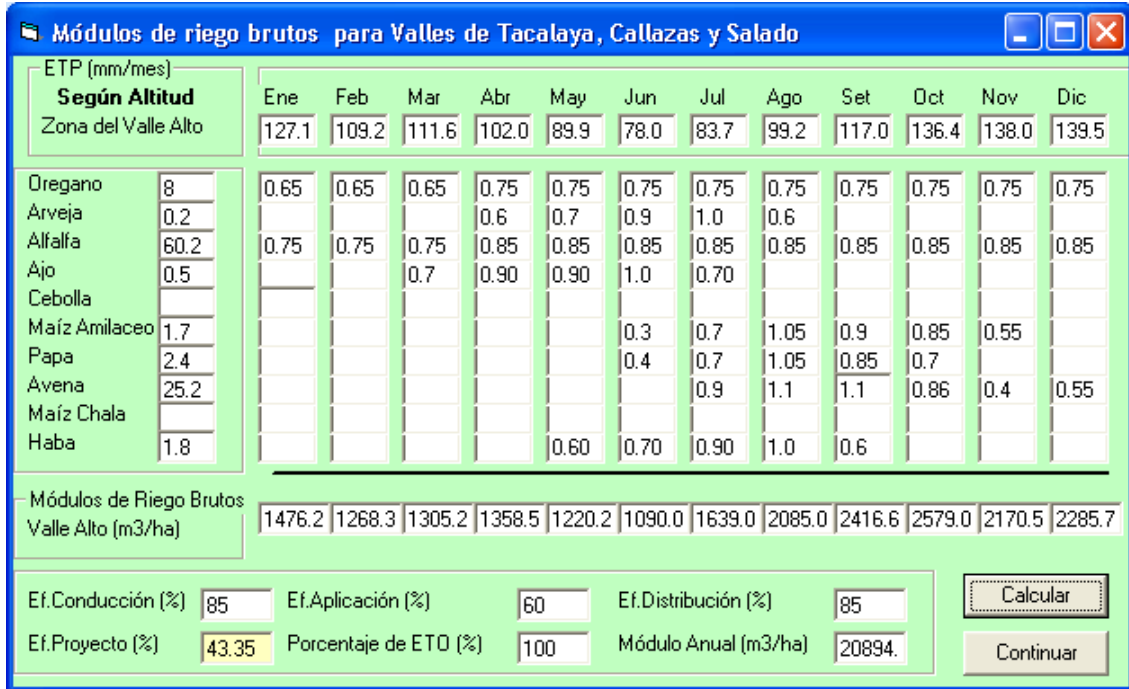
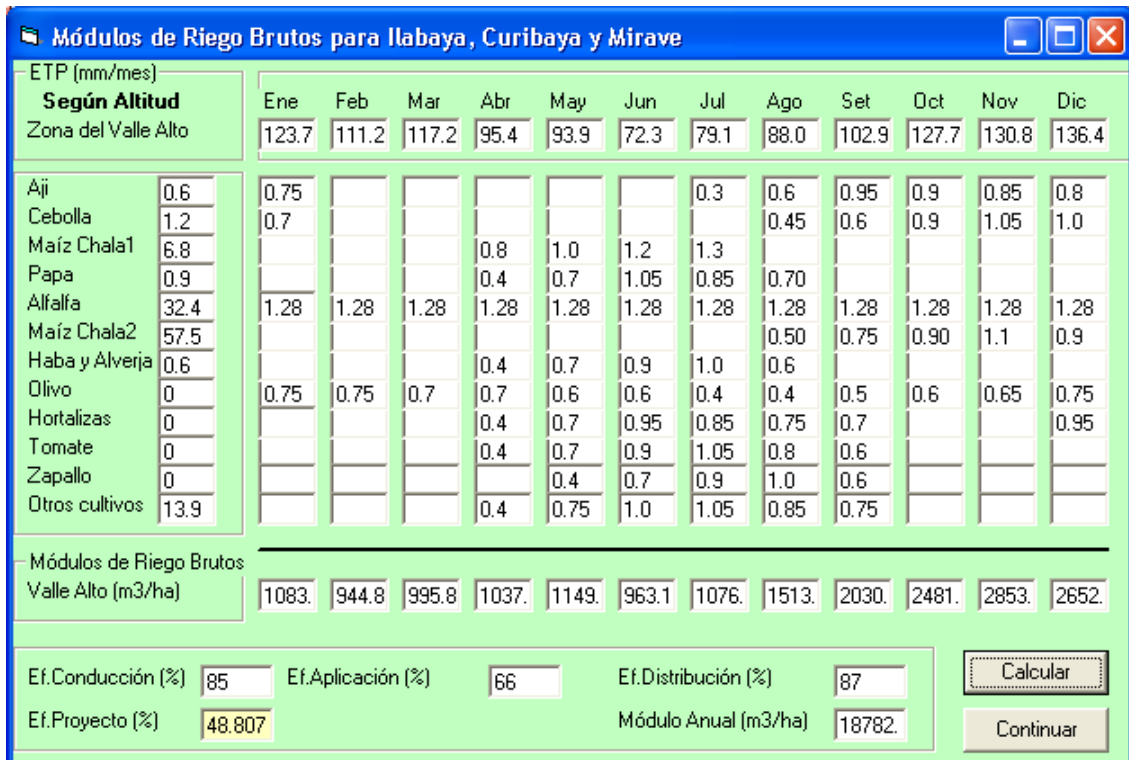


Figura No.38



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Figura No.39

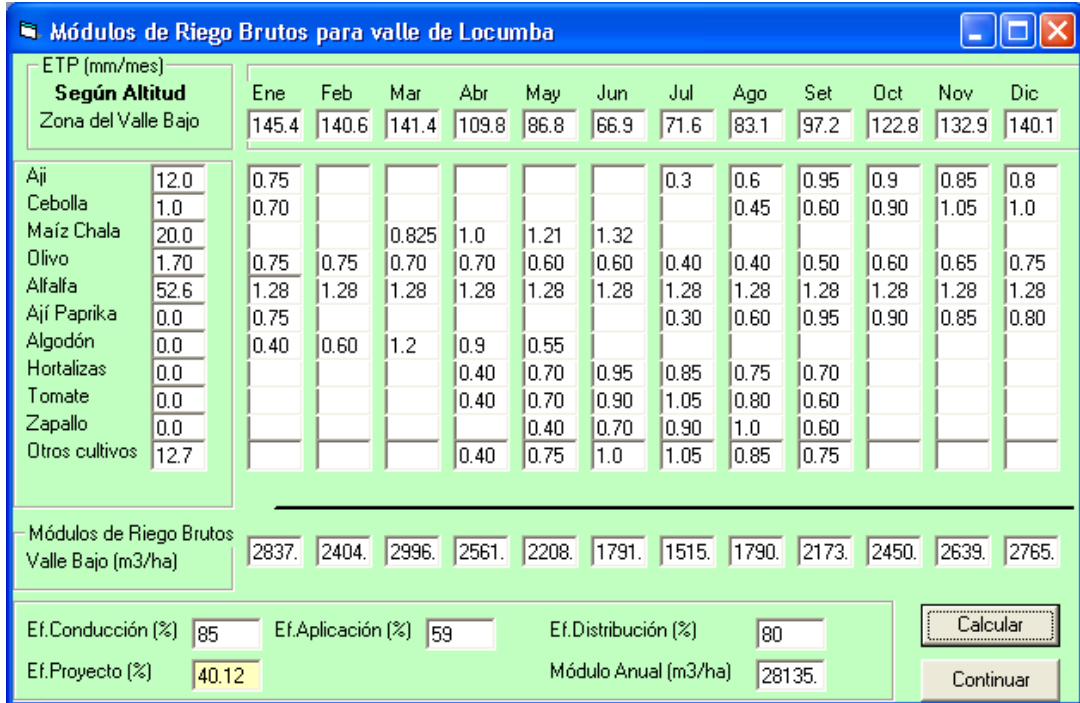


Figura No.40



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Figura No.41

ETP (mm/mes)		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Según Altitud													
Zona del Valle Alto		158.1	138.9	138.6	106.5	89.0	68.4	67.6	76.0	84.0	110.7	128.1	145.1
Olivo	20	0.85	0.85	0.90	0.80	0.80	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
Cebolla	20	0.80	0.10	0.90	0.30	0.30	0.70	0.80	0.10	0.90	0.30	0.30	0.70
Páprika	20	0.30	0.60	0.85	1.15	0.80	0.30	0.30	0.60	0.85	1.15	0.80	0.30
Ají Criollo	20	0.70					0.20	0.20	0.65	0.75	0.80	0.85	0.90
Pera	10	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Damasco	10	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Ajo	0												
Zapallo	0												
Vid	0												
Hortalizas	0												
Módulos de Riego Brutos Valle Alto (m3/ha)		1296.	770.4	1136.	770.4	568.7	470.1	480.9	549.8	860.9	1067.	1142.	1277.
Ef. Conducción (%)	97	Ef. Aplicación (%)	90	Ef. Distribución (%)	95								
Ef. Proyecto (%)	82.935	Módulo Anual (m3/ha)	10392.										

Figura No.42

ETP (mm/mes)		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Según Altitud													
Zona del Valle Alto		135.5	134.4	131.4	108.9	85.6	64.8	69.4	80.3	96.6	121.8	129.6	133.9
Oregano	0.0												
Frutales	0.0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Ají	7.9	0.70					0.20	0.20	0.65	0.75	0.80	0.85	0.90
Ajo	0.30				0.70	0.80	0.90	1.00	0.70				
Cebolla	8.0	0.80	0.10	0.90	0.30	0.30	0.70	0.80	0.10	0.90	0.30	0.30	0.70
Maíz Amiláceo	0.0	0.90	0.80	0.55							0.30	0.70	1.05
Papa	0.0							0.40	0.70	1.05	0.85	0.70	
Alfalfa	48.4	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Maíz Chala	22.1	0.40	0.60	0.85	0.95	0.40	0.60	0.85	0.95	0.40	0.60	0.85	0.95
Arveja-Haba	0.0				0.40	0.70	0.90	1.00	0.60				
Olivo	13.0	0.75	0.75	0.70	0.70	0.60	0.60	0.40	0.40	0.50	0.60	0.65	0.75
Otros	0.0												
Módulos de Riego Brutos Valle Alto (m3/ha)		2287.	2056.	2360.	1894.	1218.	1063.	1200.	1390.	1584.	2035.	2366.	2668.
Ef. Conducción (%)	85	Ef. Aplicación (%)	50	Ef. Distribución (%)	71								
Ef. Proyecto (%)	30.175	Porcentaje de ETO (%)	71.1										

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

El cálculo de la demanda hídrica poblacional se realiza para las provincias de Jorge Basadre y Candarave (Cuenca de Locumba); y Tarata, Inclán y Sama (Cuenca del Sama). Los indicadores respectivos fueron determinados mediante información recopilada del último Censo Nacional 2007. La siguiente figura muestra la información consignada para tal fin:

Figura No.43 Demanda Poblacional

Provincias	N°hab.urb.Censo 2007	Dotación Urbana (l/hab/día)		Tasa de crecimiento	% de Cobertura
		Menos de 10000 hab.	Más de 10000 hab.		
Cuenca Locumba					
Jorge Basadre	9872	150	200	-1.5	16.0
Candarave	8373	120	150	-0.7	78.0
Cuenca Sama					
Tarata	7805	150	200	-0.3	28.0
Inclán	4074	150	200	1.6	50.6
Sama	2387	150	200	1.6	71.1

Fuente : INEI - Censos Nacionales 2007 : XI de Población y VI de Vivienda.

La información relacionada con la batimetría de la Laguna Aricota y del embalse Yarascay, así como con la regla de operación de cada uno de ellos, se presentan en las Figuras No.44 a la No.46.

Figura No.44 Regla de Operación Laguna Aricota

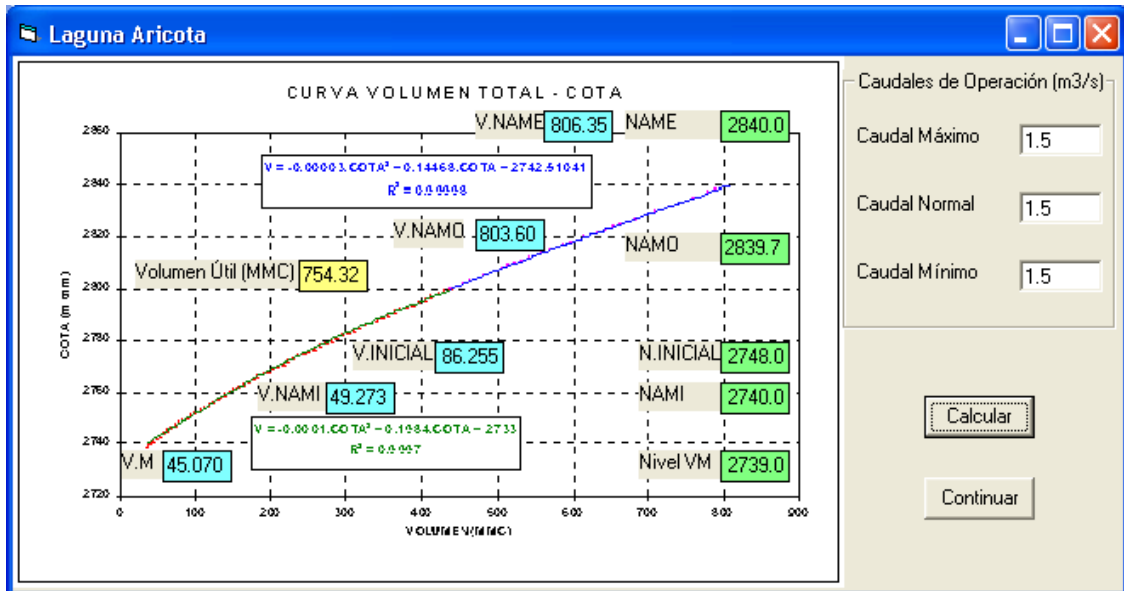


Figura No.45 Regla de Operación Embalse Yarascay

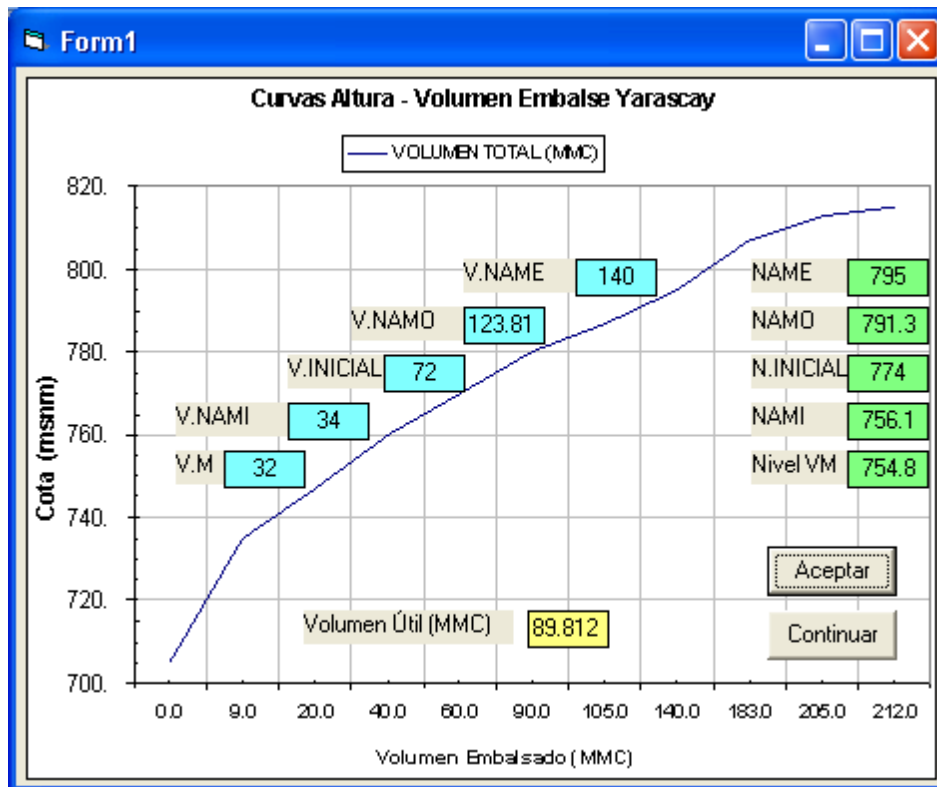
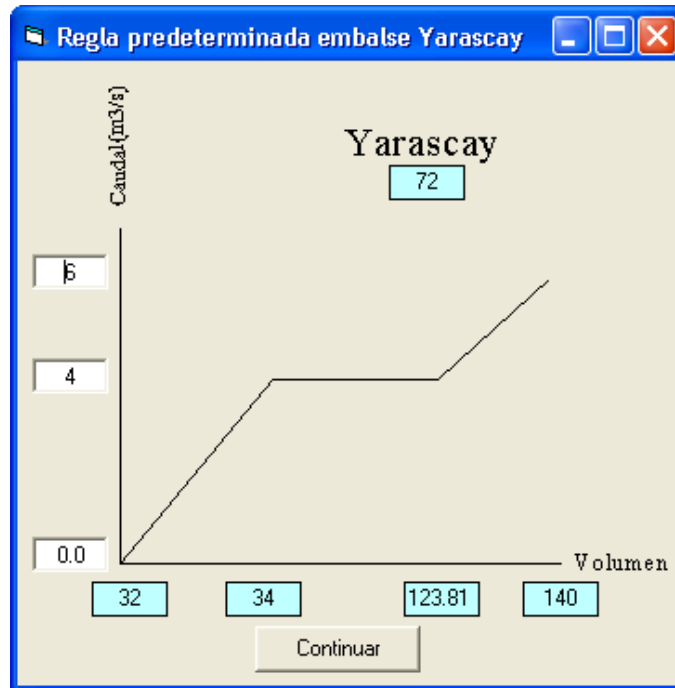
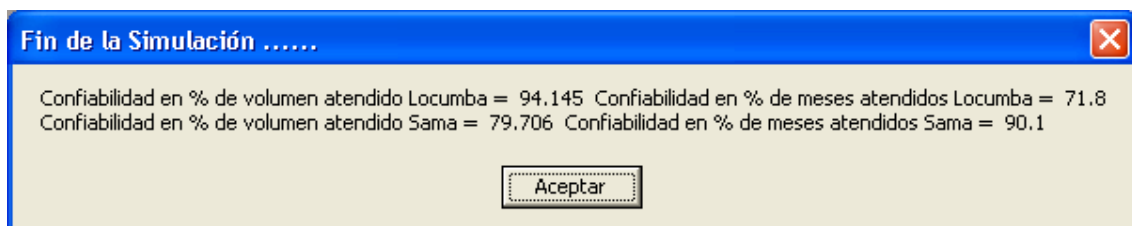


Figura No.46



Finalmente, al ejecutar el programa de cómputo, éste calculará los niveles de confiabilidad de volumen y tiempo para las cuencas del Locumba y Sama respectivamente, según se muestra en la siguiente figura:

Figura No.47 Cálculo de porcentajes de confiabilidad



8.3. FORMULACIÓN DEL MODELO

La formulación del modelo se realizó en base a escenarios de simulación que fueron definidos de manera conjunta con la ALA Locumba - Sama y con la Supervisión de la ANA – Lima. En el Anexo 6 se presenta el Acta de Acuerdo respectiva.

En el Cuadro No 33 se muestra los 37 escenarios de simulación. El primer escenario está referido a la situación actual y será utilizado para calibrar el programa de cómputo a desarrollado.

Posteriormente de calibrado el modelo, se calculará el balance hidrológico de cada escenario de simulación. Dicho balance hidrológico será evaluado mediante criterios de confiabilidad en volumen y tiempo respectivamente.

Las ecuaciones para calcular los criterios de confiabilidad en volumen y tiempo son las siguientes:

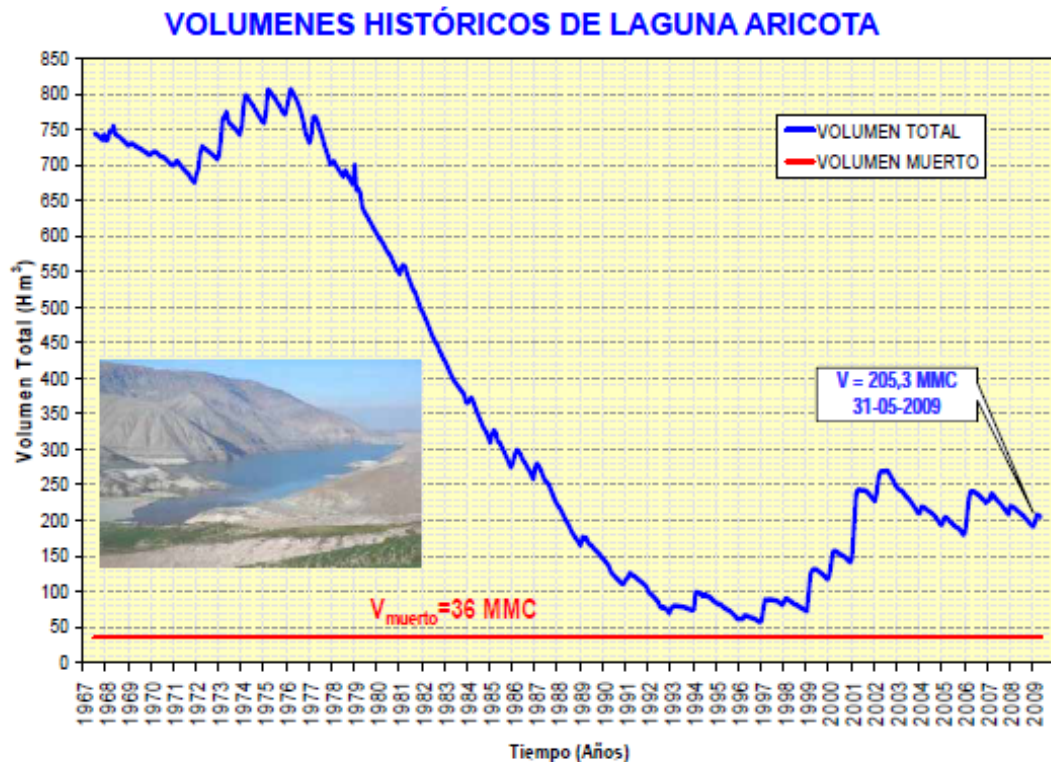
$$Confiabilidad_Volumen = \frac{\left(\sum Demanda_total - \sum Déficit \right)}{\sum Demanda_total} * 100$$

$$Confiabilidad_Tiempo = \frac{\left(\sum Meses_simulados - \sum Meses_con_déficit \right)}{\sum Meses_simulados} * 100$$

8.4. CALIBRACION DEL MODELO

La calibración del modelo fue realizada en base a la información de los volúmenes históricos de la Laguna Aricota reportados por el Proyecto Especial Tacna. El periodo de calibración fue definido entre el año 1993 al 2009. La siguiente figura muestra que en el año 1993 la laguna Aricota se encontraba con alrededor de 100 Hm³ y para mediados del año 2009 en 205.3 Hm³.

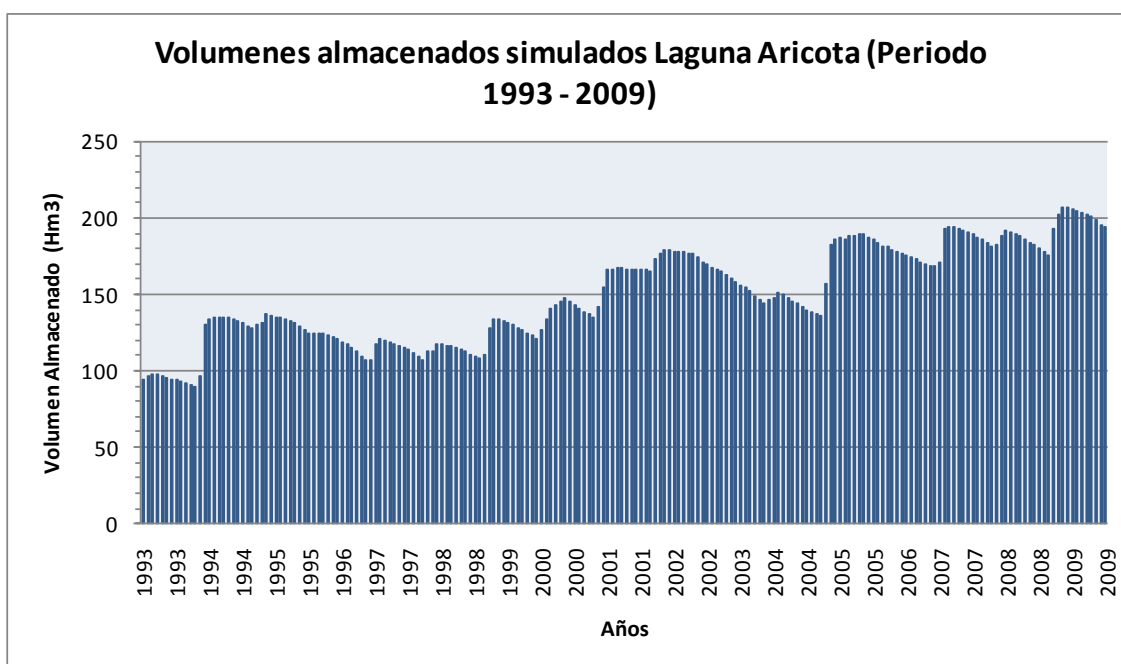
Figura No.48



Fuente: Gobierno Regional Tacna, Proyecto Especial Tacna (Julio 2009)

La recuperación del volumen almacenado histórico registrado entre el año 1993 y el año 2009, puede ser corroborado en la siguiente figura que muestra la simulación realizada del volumen almacenado de la laguna Aricota entre dichos años.

Figura No.49



Otros criterios adicionales utilizados para realizar la calibración del modelo, fueron la compatibilización de los módulos de riego brutos para el Valle de Locumba considerados en el modelo, con los registrados en los valles.

Los Cuadros No.20 y 27, contienen información registrada de los módulos de riego brutos de los valles, los cuales son similares a los utilizados en el modelo. Ello puede corroborarse mediante lo mostrado por las Figuras No.37 a la No.42, respectivamente.

8.5. RESULTADOS DEL BALANCE HIDROLOGICO DE LOS ESCENARIOS

Los resultados de la simulación de cada escenario son almacenados en una base de datos tipo MS-ACCESS. La descripción de cada uno de los campos se presenta en la siguiente leyenda.

Cuadro No.34 Leyenda Base de Datos

Leyenda	Contenido
Año	Año de Simulación
Mes	Mes de Simulación
q_vila	Caudal medio mensual Río Ancoaque Estación Vilacota (m ³ /s)
q_k_bof	Caudal medio mensual Río Ancoaque Estación Kovire Bofedal (m ³ /s)
q_tacal	Caudal medio mensual Río Tacalaya Estación Tacalaya (m ³ /s)
q_palla	Caudal medio mensual Río Callazas Estación Pallata (m ³ /s)
q_yese	Caudal medio mensual Río Salado Estación Yesera (m ³ /s)
q_arico	Caudal medio mensual Ingreso Aricota (m ³ /s)
q_coran	Caudal medio mensual Río Callazas Estación Coranchay (m ³ /s)
q_mulli	Caudal medio mensual Río Mullini Estación Mullini (m ³ /s)
q_jaru	Caudal medio mensual Río Jarumas Estación Jarumas (m ³ /s)
q_tica	Caudal medio mensual Río Curibaya Estación Ticapampa (m ³ /s)
q_cairo	Caudal medio mensual Río Ilabaya Estación El Cairo (m ³ /s)
q_honda	Caudal medio mensual Río Locumba Estación Qda. Honda (m ³ /s)
q_yabro	Caudal medio mensual Río Yabroco Estación Yabroco (m ³ /s)
q_tranca	Caudal medio mensual Río Sama Estación La Tranca (m ³ /s)
dp_jb	Demanda poblacional Provincia Jorge Basadre (m ³ /s)
dp_can	Demanda poblacional Provincia Candarave (m ³ /s)
dp_tar	Demanda poblacional Provincia Tarata (m ³ /s)
dp_inc	Demanda poblacional Provincia Inclán (m ³ /s)
dp_sam	Demanda poblacional Provincia Sama (m ³ /s)
da_can	Demanda agrícola Valle Callazas (DR. Cairani, Candarave, Huanuara, Quilahuani) m ³ /s
da_sal	Demanda agrícola Valle Salado (DR. Totorá) m ³ /s
da_cami	Demanda agrícola Valle Camilaca (m ³ /s)
da_ila	Demanda agrícola Valle Alto Ilabaya (m ³ /s)
da_curi	Demanda agrícola Valle Curibaya (m ³ /s)
da_mira	Demanda agrícola Valle Mirave (m ³ /s)
da_loc	Demanda agrícola Valle Locumba (m ³ /s)
da_ite	Demanda agrícola Valle Ite (m ³ /s)
da_lomas_locumba	Demanda agrícola Area Nueva Lomas Locumba (m ³ /s)
da_ite_n	Demanda agrícola Area Nueva Ite Norte (m ³ /s)

MINISTERIO DE AGRICULTURA
 AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
 DIRECCION DE CONSERVACION Y PLANEAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

da_coruca	Demanda agrícola Valle Sama - Coruca (m ³ /s)
da_inclán	Demanda agrícola Valle Sama - Inclán (m ³ /s)
da_tomasiri	Demanda agrícola Valle Sama - Tomasiri (m ³ /s)
da_yaras	Demanda agrícola Valle Sama - Las Yaras (m ³ /s)
da_bajo	Demanda agrícola Valle Bajo Sama (m ³ /s)
da_proter	Demanda agrícola Irrigación Proter (m ³ /s)
da_lomas_sama	Demanda agrícola Area Nueva Lomas Sama (m ³ /s)
ap_taca	Caudal de aporte del Tacalaya al Callazas (m ³ /s)
ap_a_ilabaya	Caudal del Tacalaya no captado por el canal Tacalaya y que alimenta al Ilabaya aguas abajo (m ³ /s)
q_ing_k	Caudal de Ingreso por el Túnel Kovire (m ³ /s)
q_k_sam	Caudal derivado por el Túnel Kovire hacia Sama (m ³ /s)
q_a_sam_bajo	Caudal hacia el Valle Bajo de Sama, luego de cubrir la demanda del valle alto (m ³ /s)
def_sam_alto	Déficit Valle Sama Alto (m ³ /s)
q_in_ya	Caudal de ingreso al embalse Yarascay (m ³ /s)
q_sa_ya	Caudal de salida del embalse Yarascay (m ³ /s)
q_ev_ya	Caudal evaporado del embalse Yarascay (m ³ /s)
q_al_ya	Caudal de exceso por el aliviadero embalse Yarascay (m ³ /s)
vol_yar	Volumen almacenado embalse Yarascay (Hm ³)
def_yar	Déficit de operación del embalse Yarascay (m ³ /s)
q_sal_ko	Caudal de salida del Túnel Kovire (m ³ /s)
Qko_loc	Caudal derivado desde el túnel Kovire hacia el valle de Locumba (m ³ /s)
ap_calla	Caudal de aporte del Callazas hacia Aricota. Tendría en cuenta además el aporte desde cuenca Vizcachas (m ³ /s)
ap_sal	Caudal de aporte del Salado hacia Aricota (m ³ /s)
q_in_ari	Caudal de ingreso a la Laguna Aricota (m ³ /s)
q_sa_ari	Caudal de salida de la Laguna Aricota (m ³ /s)
q_ev_ari	Caudal evaporado de la Laguna Aricota (m ³ /s)
q_al_ari	Caudal de exceso por el aliviadero Laguna Aricota (m ³ /s)
vol_ari	Volumen almacenado en la Laguna Aricota (Hm ³)
def_ari	Déficit de operación para generación de energía de la Laguna Aricota (m ³ /s)
q_filt	Caudal de filtraciones dique Laguna Aricota (m ³ /s)
Qsal_Ari	Caudal de salida desde Laguna Aricota, incluyendo las filtraciones (m ³ /s)
q_tica_conf	Caudal del río Curibaya en confluencia con el Ilabaya (m ³ /s)
q_cair_conf	Caudal del río Ilabaya en confluencia con el Curibaya (m ³ /s)
q_ocon	Caudal en Oconchay luego de cubrir demanda de Mirave (m ³ /s)
q_loc	Caudal en Locumba (m ³ /s)
def_l_loc	Déficit Área Nueva Lomas Locumba (m ³ /s)
def_loc	Déficit valle Locumba (Incluyendo demanda agrícola y poblacional) (m ³ /s)
q_ite	Caudal en Ite, considerando el aporte de la Qda. Honda
def_ite	Déficit valle de Ite (m ³ /s)

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

q_ite_n	Caudal disponible para las Aéreas Nuevas Ite Norte (m ³ /s)
def_ite_n	Déficit para cubrir demanda de riego Aéreas Nuevas Ite Norte (m ³ /s)
q_f_ite	Caudal disponible luego de cubrir demandas de Ite (m ³ /s)
def_ilo	Déficit para el abastecimiento de agua para Ilo (m ³ /s)
Exc_mar_locumba	Caudal excedente al mar Valle Locumba (m ³ /s)
Exc_mar_sama	Caudal excedente al mar Valle Sama (m ³ /s)

La siguiente figura muestra los puntos de control donde fueron generadas las series de caudales medios mensuales para el modelo de simulación.

Figura No.50 Ubicación de los puntos de control del modelo de simulación



ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

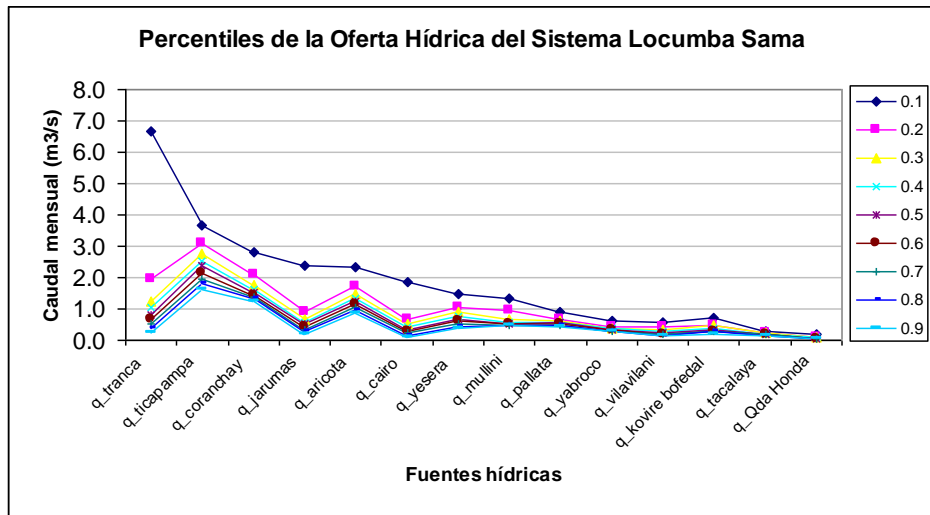
A continuación, se realiza la presentación de los resultados principales mediante percentiles.

El siguiente cuadro y figura, muestran los percentiles de la oferta hídrica del Sistema Locumba – Sama. El Cuadro No.32, muestra la descripción de cada una de las variables incluidas en el Cuadro No. 33.

Cuadro No.35 Percentiles de la oferta hídrica del Sistema Locumba – Sama

Percentil	q_vila	q_k_bof	q_tacal	q_palla	q_yese	q_arico	q_coran	q_mulli	q_jaru	q_tica	q_cairo	q_honda	q_yabro	q_tranca
0.1	0.59	0.70	0.29	0.92	1.48	2.35	2.79	1.32	2.36	3.67	1.84	0.20	0.62	6.68
0.2	0.41	0.50	0.25	0.69	1.05	1.72	2.11	0.94	0.91	3.10	0.67	0.11	0.43	1.94
0.3	0.32	0.50	0.23	0.62	0.89	1.49	1.75	0.66	0.68	2.78	0.52	0.09	0.39	1.26
0.4	0.27	0.40	0.21	0.58	0.77	1.35	1.62	0.57	0.59	2.54	0.43	0.08	0.36	1.03
0.5	0.24	0.32	0.19	0.55	0.69	1.24	1.55	0.53	0.51	2.36	0.35	0.07	0.34	0.83
0.6	0.21	0.30	0.18	0.52	0.60	1.15	1.44	0.51	0.44	2.14	0.29	0.07	0.32	0.65
0.7	0.19	0.30	0.17	0.50	0.51	1.04	1.39	0.48	0.35	1.96	0.22	0.06	0.30	0.52
0.8	0.16	0.30	0.15	0.47	0.44	0.96	1.34	0.47	0.27	1.81	0.15	0.05	0.28	0.40
0.9	0.14	0.20	0.13	0.44	0.38	0.88	1.25	0.46	0.19	1.63	0.08	0.05	0.27	0.26

Figura No.51



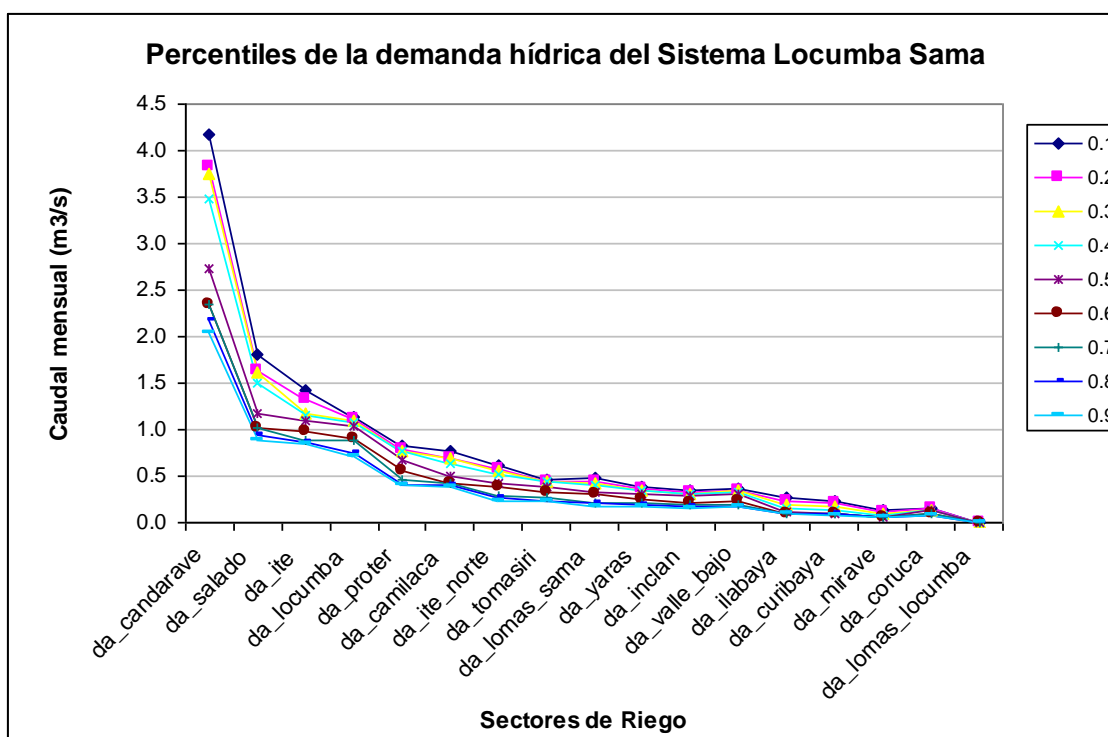
Del mismo modo que en el caso anterior, el siguiente cuadro y figura muestra los percentiles de los caudales de demanda hídrica de los valles de Locumba y Sama.

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro No.36 Percentiles de los caudales de demanda hídrica de los valles de
 Locumba y Sama.

Percentil	da_can	da_sal	da_cami	da_ila	da_curi	da_mira	da_loc	da_ite	da_lomas_locumba
0.1	4.18	1.80	0.77	0.26	0.23	0.13	1.14	1.42	0.00
0.2	3.83	1.64	0.70	0.24	0.21	0.12	1.11	1.33	0.00
0.3	3.75	1.61	0.69	0.20	0.18	0.10	1.10	1.17	0.00
0.4	3.49	1.50	0.64	0.15	0.13	0.07	1.07	1.15	0.00
0.5	2.74	1.18	0.50	0.11	0.10	0.05	1.03	1.10	0.00
0.6	2.35	1.01	0.43	0.10	0.09	0.05	0.91	0.99	0.00
0.7	2.35	1.01	0.43	0.10	0.09	0.05	0.89	0.89	0.00
0.8	2.18	0.94	0.40	0.10	0.09	0.05	0.75	0.87	0.00
0.9	2.04	0.88	0.38	0.10	0.08	0.05	0.72	0.84	0.00
Percentil	da_ite_n	da_coruca	da_inclan	da_tomasiri	da_yaras	da_bajo	da_proter	da_lomas_sama	
0.1	0.62	0.15	0.34	0.47	0.38	0.36	0.82	0.48	
0.2	0.57	0.15	0.32	0.45	0.36	0.35	0.79	0.44	
0.3	0.55	0.14	0.31	0.44	0.35	0.34	0.77	0.42	
0.4	0.52	0.14	0.31	0.44	0.35	0.33	0.76	0.40	
0.5	0.43	0.13	0.28	0.39	0.31	0.30	0.68	0.33	
0.6	0.39	0.10	0.22	0.32	0.25	0.24	0.55	0.30	
0.7	0.28	0.09	0.19	0.27	0.21	0.20	0.47	0.21	
0.8	0.27	0.08	0.17	0.23	0.19	0.18	0.41	0.21	
0.9	0.24	0.08	0.16	0.23	0.18	0.18	0.40	0.18	

Figura No.52



8.6. EVALUACION DE ESCENARIOS

La evaluación de cada uno de los 37 escenarios se realizó en base al cálculo de los porcentajes de confiabilidad en volumen y tiempo para las cuencas del Locumba y Sama. En el Cuadro No 037 se presentan los resultados.

Los mejores resultados para el caso de los escenarios a mediano plazo son las simulaciones 08, 09 y 10. Para el caso de las simulaciones que consideran incremento de áreas nuevas, la mejor simulación resulta la 18. La simulación 18 consiste en considerar:

- Eficiencia de Riego del Valle de Locumba e Ite = 45%
- Embalse Yarascay
- Caudal de explotación de la Laguna Aricota = 1,0 m³/s
- Áreas nuevas: Lomas de Locumba (1600 ha), Ite Norte (1927 ha)

Para el caso de los escenarios a largo plazo, las mejores simulaciones resultaron ser la 26, 27 y 28. Para el caso de las simulaciones que consideran incremento de áreas nuevas, la mejor simulación resulta la 36. La simulación 36 consiste en considerar:

- Eficiencia de Riego del valle de Locumba e Ite = 50%
- Embalse Yarascay
- Caudal de explotación de la laguna Aricota = 1,0 m³/s
- Areas nuevas: Lomas de Locumba (1600 ha), Ite Norte (1927 ha)

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Cuadro No.37 Resultados Niveles de Confiabilidad

Condición	Simulación	Niveles de Confiabilidades (%)			
		Confiabilidad Volumen Locumba	Confiabilidad Tiempo Locumba	Confiabilidad Volumen Sama	Confiabilidad Tiempo Sama
Sin Áreas Nuevas	Sim01	90.8	58.7	45.6	18.8
	Sim02	94.6	73.9	47.2	19.8
	Sim03	93.6	70.0	47.2	19.8
	Sim04	95.7	77.0	47.2	19.8
	Sim05	94.8	74.2	47.2	19.8
	Sim06	93.6	70.2	47.2	19.8
	Sim07	95.9	78.0	47.2	19.8
	Sim08	94.6	74.0	76.9	88.7
	Sim09	93.6	70.2	76.9	88.7
	Sim10	95.7	77.0	76.9	88.7
Con Áreas Nuevas	Sim11	94.6	73.9	36.3	14.9
	Sim12	83.0	51.2	47.2	19.8
	Sim13	86.4	57.5	36.3	14.9
	Sim14	94.8	74.2	36.3	14.9
	Sim15	83.1	51.4	47.2	19.8
	Sim16	86.7	57.8	36.3	14.9
	Sim17	94.6	74.0	45.8	53.3
	Sim18	83.1	51.4	76.9	88.7
	Sim19	86.4	57.4	45.8	53.3
Sin Áreas Nuevas	Sim20	96.8	81.6	46.3	19.8
	Sim21	96.0	78.3	46.3	19.8
	Sim22	97.6	84.8	46.3	19.8
	Sim23	96.9	82.0	46.3	19.8
	Sim24	96.0	78.4	46.3	19.8
	Sim25	97.7	85.0	46.3	19.8
	Sim26	96.8	81.8	77.3	88.9
	Sim27	96.0	78.4	77.3	88.9
	Sim28	97.6	84.9	77.3	88.9
Con Áreas Nuevas	Sim29	96.8	81.6	36.0	14.9
	Sim30	86.4	60.9	46.3	19.8
	Sim31	89.6	66.2	36.0	14.9
	Sim32	96.9	82.0	36.0	14.9
	Sim33	86.4	61.1	46.3	19.8
	Sim34	89.9	67.1	36.0	14.9
	Sim35	96.8	81.8	46.4	45.8
	Sim36	86.4	61.1	77.3	88.9
	Sim37	93.1	72.1	46.4	45.8

ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS
 LOCUMBA Y SAMA

Figura No.53

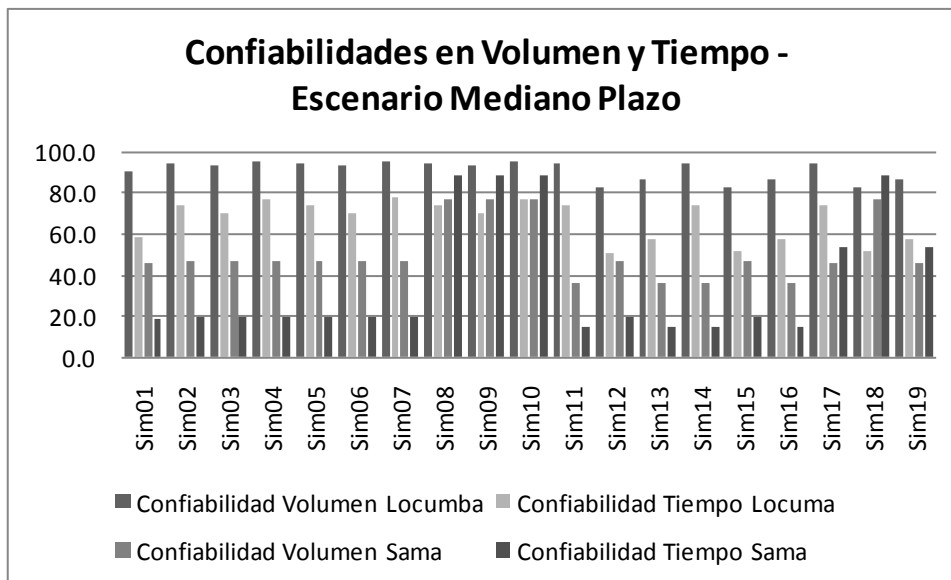
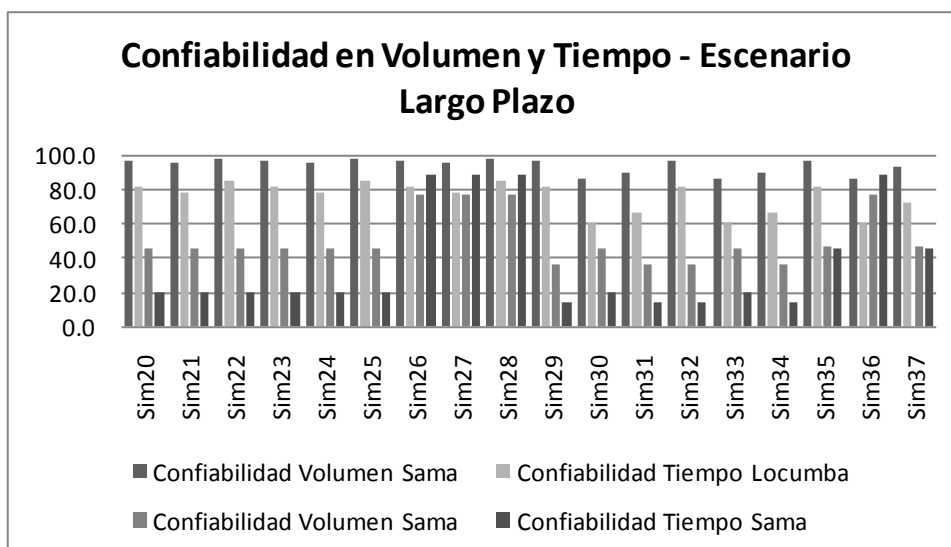
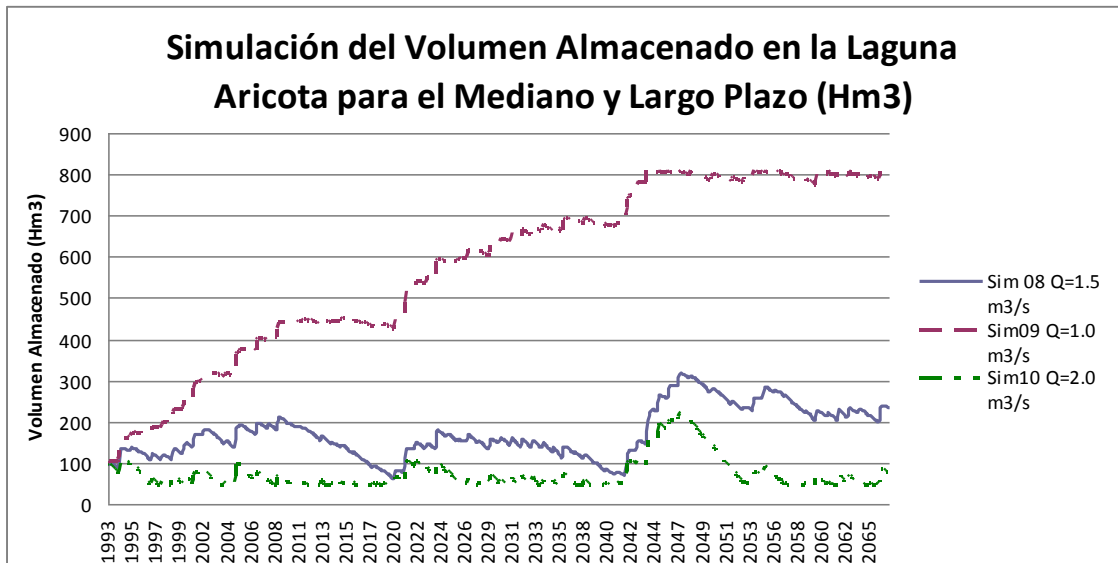


Figura No.54



Cabe mencionar que para los escenarios a mediano y largo plazo, la explotación de la laguna Aricota se debe mantener como máximo en 1,5 m³/s, sin embargo alrededor de los años 2020 y 2042, se prevén años secos por lo que habría que considerar una explotación de un máximo de 1,0 m³/s, con el fin de asegurar su afianzamiento. La siguiente figura muestra la simulación de los volúmenes almacenados en la Laguna Aricota hasta el año 2065.

Figura No.55



En el Anexo N°8, se presentan los resultados de las siguientes simulaciones según la leyenda mostrada en el Cuadro N°32.

- N°08: Mediano Plazo sin incorporación de áreas nuevas.
- N°17: Simulación a mediano plazo con incorporación de áreas nuevas.
- N°26: Largo Plazo sin incorporación de áreas nuevas.
- N°35: Simulación a largo plazo con incorporación de áreas nuevas.

8.7. PROPUESTA DE ESCENARIOS

En vista que los mejores escenarios a mediano y largo plazo que consideran la ampliación de áreas nuevas presentan porcentajes de confiabilidad no muy favorables, se calculó dos escenarios más, buscando disminuir las áreas nuevas a incorporar con el objeto de conseguir porcentajes de confiabilidad mayores.

Las propuestas de escenarios se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro No.38 Resultados Escenarios Propuestos

Escenarios de Simulación	Mediano Plazo	Largo Plazo
Explotación Aricota = 1,5 m ³ /s	X	X
Embalse Yarascay	X	X
Ite Norte (ha)	500	1300
Lomas Locumba (ha)	0	0
Lomas Sama (ha)	1000	1000
Confiabilidad Volumen Locumba (%)	95,1	97,2
Confiabilidad Tiempo Locumba (%)	74,2	82,0
Confiabilidad Volumen Sama (%)	72,5	71,9
Confiabilidad Tiempo Sama (%)	86,7	86,4

Las características de los escenarios propuestos expresados en percentiles se muestran según los siguientes temas:

- Percentiles de los caudales mensuales en el ámbito de la cuenca del Locumba (Ingreso laguna Aricota, salida laguna Aricota, filtraciones laguna Aricota, salida total de Aricota, caudal de los ríos Curibaya e Ilabaya en la confluencia, caudal disponible en Locumba e Ite).
- Percentiles de los caudales de ingreso y salida del embalse Yarascay.
- Percentiles de los caudales de demanda de las áreas nuevas (Irrigación Ite Norte, Lomas de Sama).
- Percentiles de los caudales del río Locumba excedentes al mar.

Las siguientes figuras muestran lo antes indicado, para los escenarios a mediano y largo plazo.

8.7.1. ESCENARIO A MEDIANO PLAZO

Figura No.56

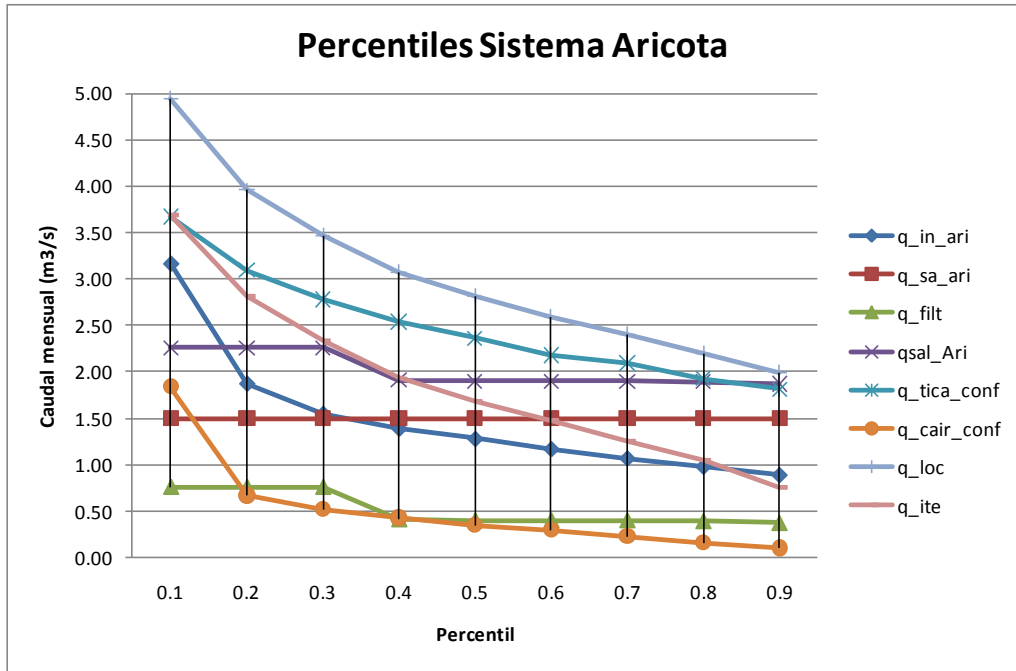


Figura No.57

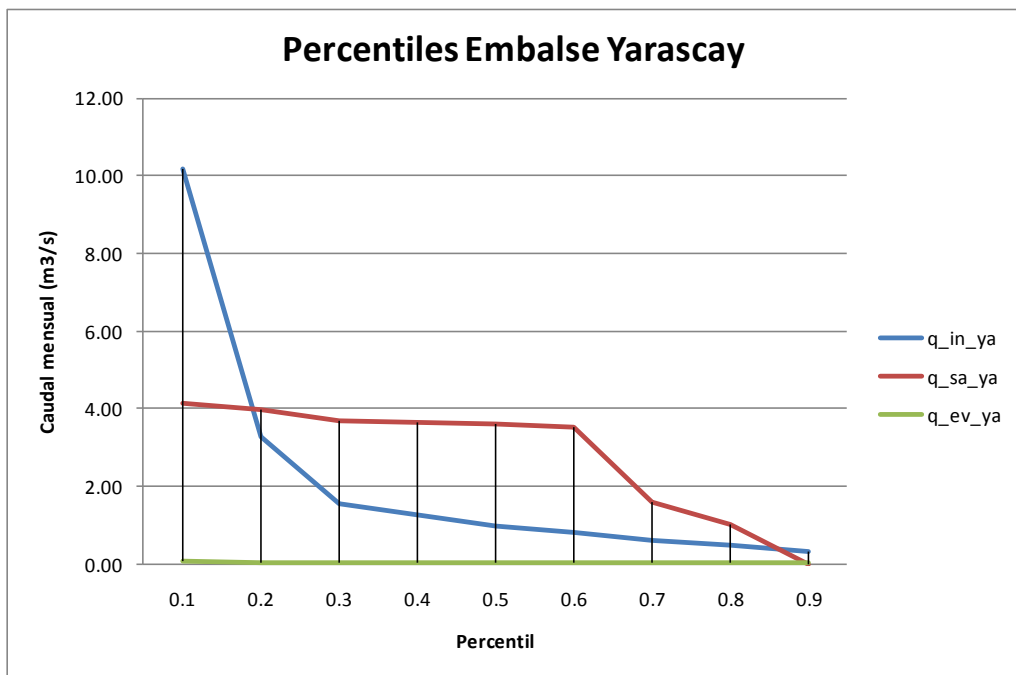


Figura No.58

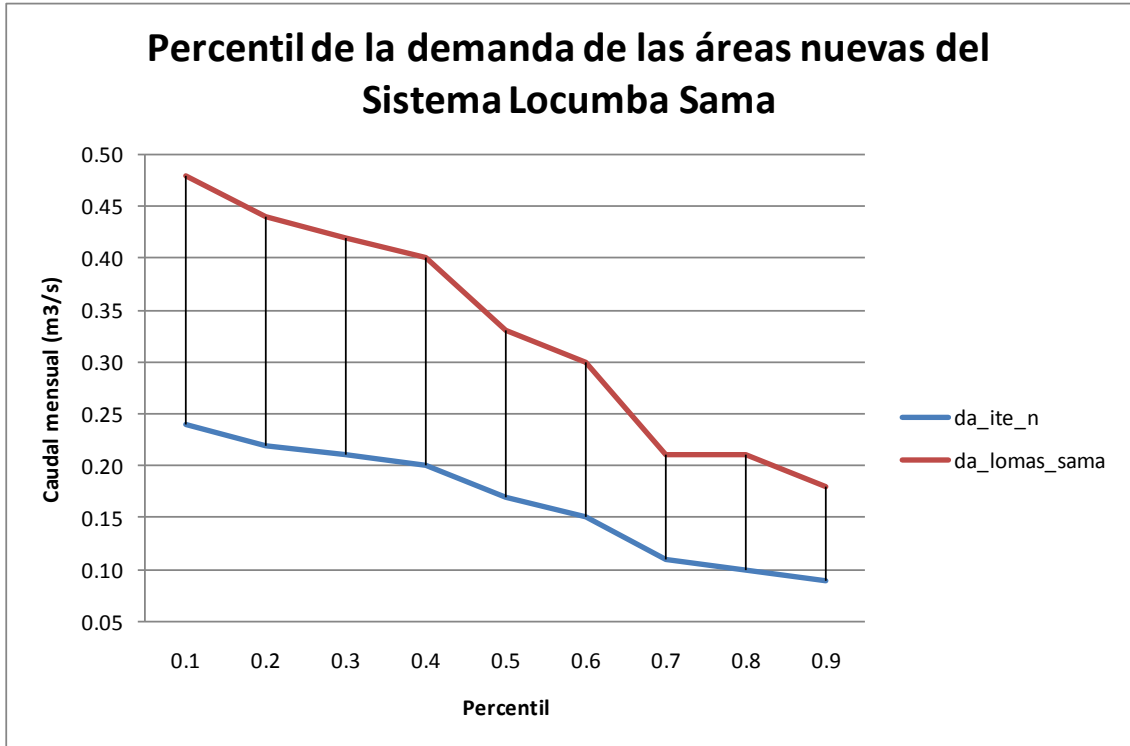
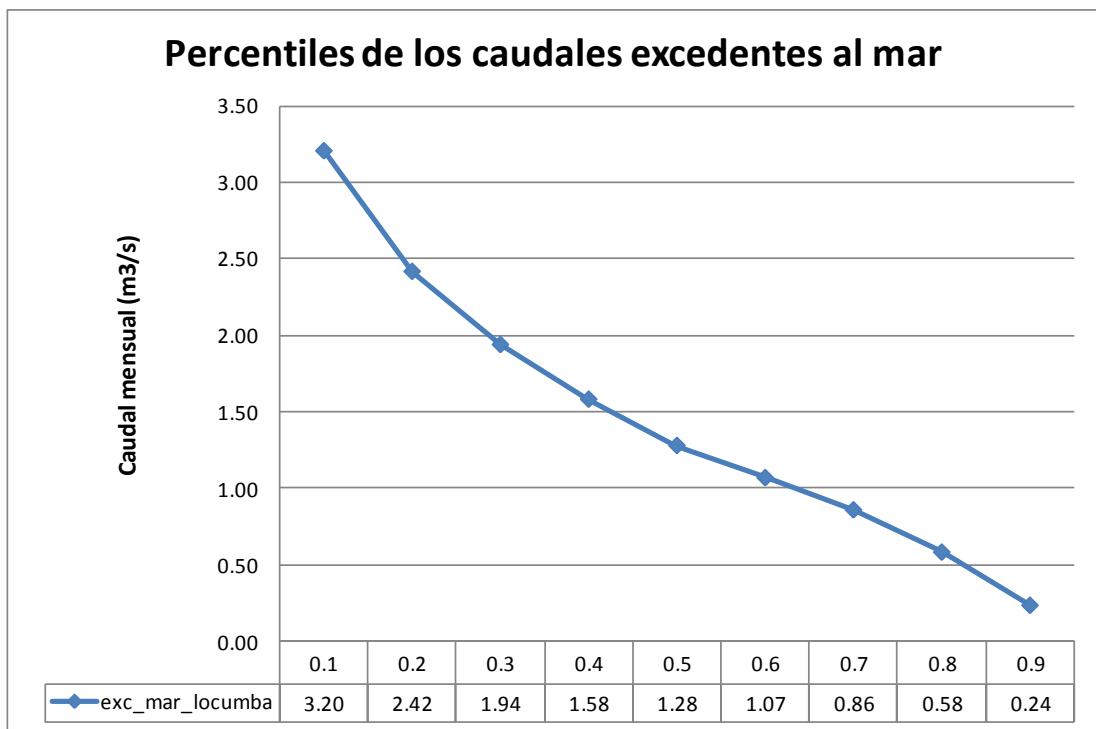


Figura No.59



8.7.2. ESCENARIO A LARGO PLAZO

Figura No.60

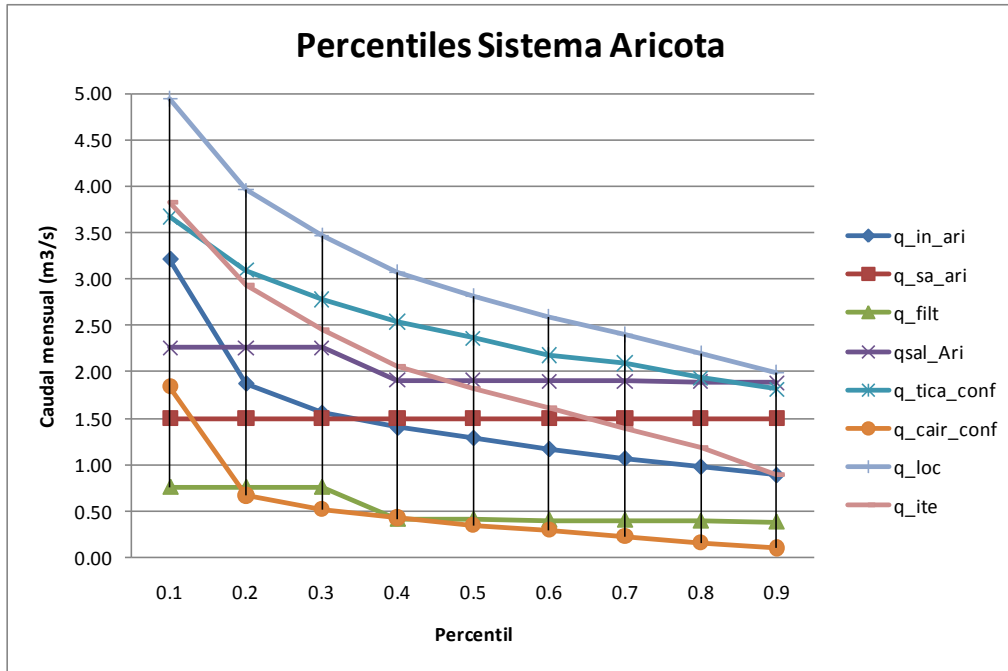


Figura No.61

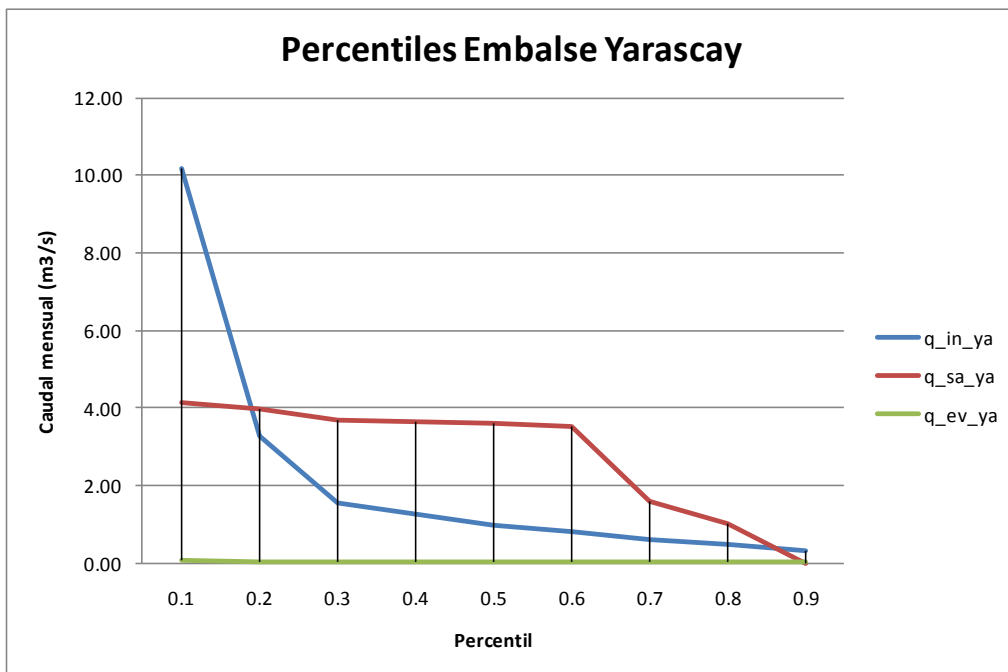


Figura No.62

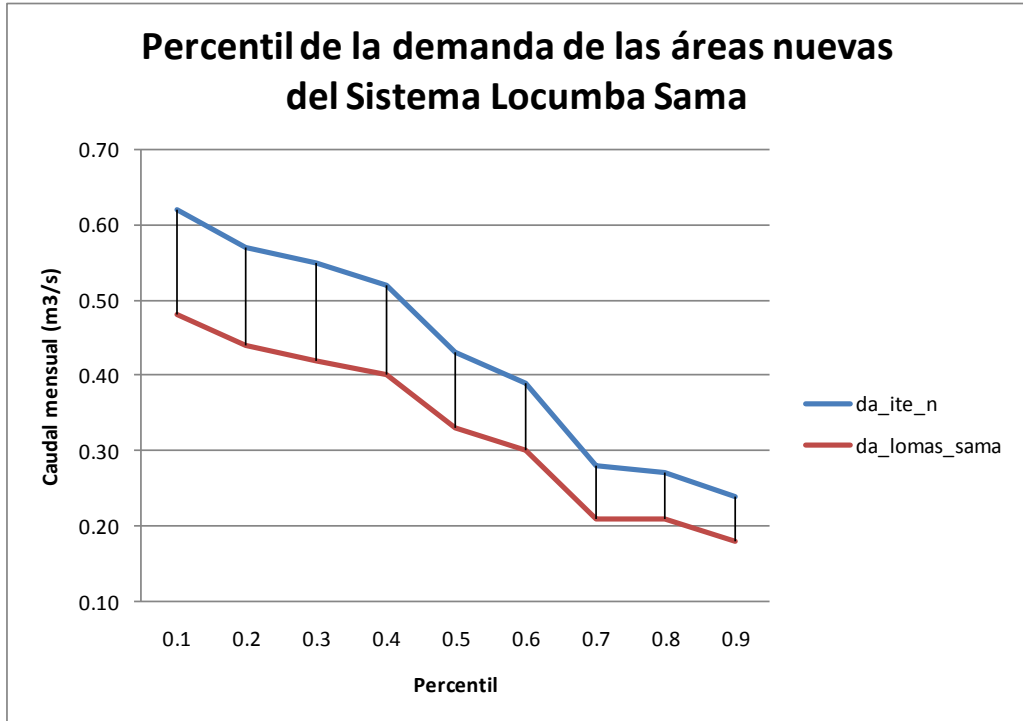
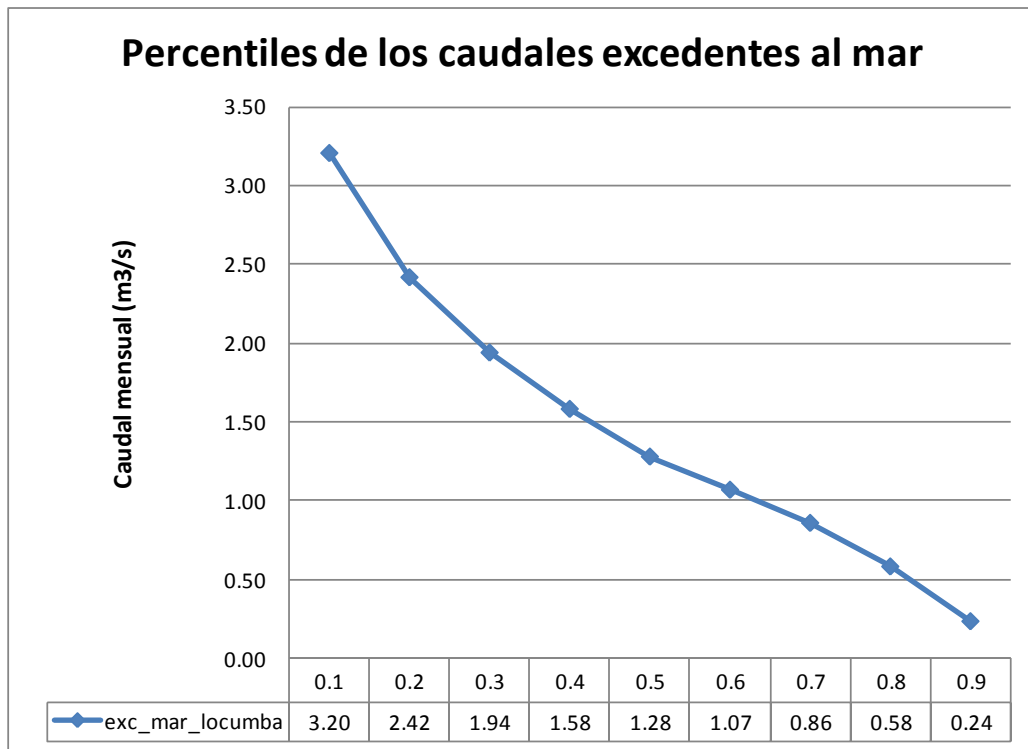


Figura No.63



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

- A mediano plazo sin incorporación de áreas nuevas a la agricultura
 - Elevar la eficiencia de riego en las cuencas Locumba y Sama al 45%.
 - Mantener la explotación de la laguna Aricota en 1,5 m³/s. Sin embargo considerar que alrededor de los años 2020 y 2042, se deberá disminuir su explotación a 1,0 m³/s durante dos años, con el fin de asegurar su afianzamiento.
 - Existe la necesidad de ejecutar la construcción del embalse Yarascay para la regulación de los caudales de la cuenca del río Sama.

- A mediano plazo con incorporación de áreas nuevas a la agricultura
 - Elevar la eficiencia de riego en las cuencas Locumba y Sama al 45%.
 - Considerar realizar la explotación de la laguna Aricota con un máximo de 1,5 m³/s. Sin embargo considerar que alrededor de los años 2020 y 2042, se deberá disminuir su explotación a 1,0 m³/s durante dos años, con el fin de asegurar su afianzamiento.
 - Existe la necesidad de ejecutar la construcción del embalse Yarascay para la regulación de los caudales de la cuenca del río Sama.
 - Incorporar un máximo de 500 ha en la irrigación Ite Norte y un máximo de 1000 ha en Lomas de Sama.

- A largo plazo sin incorporación de áreas nuevas a la agricultura
 - Elevar la eficiencia de riego en las cuencas Locumba y Sama al 50%.
 - Mantener la explotación de la laguna Aricota en 1,5 m³/s. Sin embargo considerar que alrededor de los años 2020 y 2042, se deberá disminuir su explotación a 1,0 m³/s durante dos años, con el fin de asegurar su afianzamiento.
 - Existe la necesidad de ejecutar la construcción del embalse Yarascay para la regulación de los caudales de la cuenca del río Sama.

- A largo plazo con incorporación de áreas nuevas a la agricultura
 - Elevar la eficiencia de riego en las cuencas Locumba y Sama al 50%.
 - Considerar realizar la explotación de la laguna Aricota con un máximo de 1,5 m³/s. Sin embargo considerar que alrededor de los años 2020 y 2042, se deberá disminuir su explotación a 1,0 m³/s durante dos años, con el fin de asegurar su afianzamiento.
 - Existe la necesidad de ejecutar la construcción del embalse Yarascay para la regulación de los caudales de la cuenca del río Sama.
 - Incorporar un máximo de 1300 ha en la irrigación Ite Norte y un máximo de 1000 ha en Lomas de Sama.

9.2. RECOMENDACIONES

- Rehabilitar el canal de conducción de las aguas provenientes del río Ancoaque a través del trasvase por el túnel Kovire hacia el dique Cano. Actualmente existe una gran pérdida de agua por evaporación e infiltración.

- En vista que las zonas del río Callazas (valle de Candarave), ingreso a la laguna Aricota, valles del Curibaya e Ilabaya, están comprendidas dentro de zona de riesgo geológico según el Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), debería realizarse de manera inmediata trabajos de protección de la cuenca y plantear un programa de manejo de cuencas.

10. BIBLIOGRAFIA

- Empresa de Generación Eléctrica del Sur S.A, 'Levantamiento batimétrico de la laguna Aricota', Instituto de Consultoría S.A., Tacna – Julio 2006.
- Espinoza Jhan Carlo. Estudio de producción de Sedimentos del río Sama. Tesis Ingeniería Agrícola, UNALM.
- Gobierno Regional de Tacna. Proyecto Especial Afianzamiento y Ampliación de los Recursos Hídricos de Tacna. “Simulación del Planeamiento Hidráulico para el aprovechamiento de aguas del río Locumba y Laguna Aricota”. Eduardo Chávarri V., Diciembre – 2006.
- Guzmán, A. et al., ZONIFICACION DE RIESGO GEOLOGICO EN EL SUR DEL PERU LATITUD 16° a 18°30'. XI Congreso Peruano de Geología. Trabajos Científicos Sociedad Geológica del Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. Información estadística de población y vivienda. Agosto 2010.
- Ministerio de Agricultura. Sistema de codificación de Pfafstetter. 2008.
- Ministerio de Agricultura. Administración Técnica del Distrito de Riego Locumba – Sama. Estudio Hidrogeológico del valle de Sama. Octubre 2006.
- Ministerio de Agricultura. Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua (PROFODUA) – Valle de Locumba. Diciembre 2004.
- Ministerio de Agricultura. Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua (PROFODUA) – Valle de Sama. Diciembre 2004.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – Instituto Nacional de Desarrollo. “Plan de Gestión de la Oferta de Agua en las Cuencas de los Proyectos Hidráulicos de Costa del INADE”, ATA – Agosto del 2002.
- Proyecto Especial Afianzamiento y Ampliación de los Recursos Hídricos de Tacna. Información Sistema Hidráulico Proyecto Especial Tacna. Agosto 2010.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía. Información meteorológica e hidrométrica. Agosto 2010.
- Sveinsson G. B., J. D. Salas, W. L. Lane, and D. K. Frevert. Stochastic Analysis, Modeling, and Simulation (SAMS) Version 2007. December, 2007.

11. ANEXOS

- **Anexo 1**
 - Registros de precipitación total mensual histórica
 - Hietogramas registrados totales mensuales
 - Cálculos análisis de doble masa
 - Registros de precipitación total mensual extendida
- **Anexo 2**
 - Registros de caudales medios mensuales en el ámbito de las cuencas Locumba y Sama.
 - Análisis doble masa entre registros de ríos cercanos de caudales medios anuales.
- **Anexo 3**
 - Generación de series de caudales medios mensuales naturalizados en puntos de interés. Río Ancoaque (Kovire Bofedal), Río Yabroco, Río Jarumas, Río Pallata (Est. Candarave), Río Salado (Est. Aricota Yesera), Río Mullini, Qda. Honda, Río Ilabaya (Est. El Cairo), Río Curibaya (Est. Ticapampa), Río Sama (Est. La Tranca), Río Callazas (Est. Coranchay).

- **Anexo 4**
 - Generación de 05 series de caudales medios mensuales – Estación Vilacota (Periodo 1991 – 2066)
 - Generación de 05 series de caudales medios mensuales – Estación Tacalaya (Periodo 1987 – 2066)
- **Anexo 5**
 - Álbum de fotos
- **Anexo 6**
 - Acta de Acuerdo Planteamiento de Escenarios de Simulación
- **Anexo 7**
 - Cálculo de eventos hidrológicos extremos
- **Anexo 8**
 - Simulaciones del balance hídrico de los escenarios:
 - N°01 (Situación Actual)
 - N°08 (Mediano Plazo Sin incorporación de áreas nuevas)
 - N°17 (Simulación a mediano plazo con incorporación de áreas nuevas).
 - N°26 (Largo Plazo Sin incorporación de áreas nuevas)
 - N°35 (Simulación a largo plazo con incorporación de áreas nuevas).
- **Anexo 9**
 - Registro de aforos en puntos de interés. Campañas Septiembre, Octubre, Noviembre 2010.
- **Anexo 10**
 - Mapas temáticos