

## Propuesta de operación del sistema de riego regulado del proyecto Majes-Siguas

Leandro Huanca V.<sup>1</sup>, Miguel Sánchez D.<sup>2</sup>.

### Resumen

En el presente, ubicado en la Región Arequipa, es el Proyecto Especial de Irrigación más importante de la región y fue diseñado para una superficie agrícola de 57 000 ha. Es dividido en dos etapas: la Primera comprendió la construcción de la represa Condoroma y el sistema de conducción y construcción de canales de la Irrigación de las Pampas de Majes, teniendo como fin incorporar 23 000 ha. En la Segunda Etapa se ha proyectado la construcción de la represa Angostura y las centrales hidroeléctricas de Lluclla y Lluta, que permitirá la ampliación de la superficie agrícola hasta 57 000 ha. Dado el crecimiento poblacional, es necesario hacer continuamente la actualización de las ofertas y de las demandas de los recursos hídricos para diversos usos. Es así, que en el presente estudio, se determinaron las disponibilidades al 75% y 95% de persistencia en las estaciones de Condoroma, Tuti y Pitay, cuyos valores fueron 2.70, 3.79 y 2.37 m<sup>3</sup>/seg respectivamente, y, al 95% fueron de 1.56, 2.24 y 1.59 m<sup>3</sup>/seg. Respectivamente. En cuanto a las demandas, se calcularon utilizando los hidromódulos de 0.57, 0.60, 0.70 y 0.75 l/seg-ha., siendo estas de 11.930, 12.558, 14.651 y 15.697 m<sup>3</sup>/seg. respectivamente. Asimismo, se realizó la simulación de Operación del Sistema del Proyecto Majes-Siguas en su Primera Etapa con la ayuda del programa HEC-3, para un periodo de 42 años. Se han analizado diversas alternativas para cada uno de los escenarios definidos por cada hidromódulo de riego, a fin de determinar el valor de la demanda que condicione la operación del sistema de acuerdo a criterios preestablecidos. De la simulación llevada a cabo, se demuestra que los valores de las demandas de riego de las 20 930 ha para la Primera Etapa, pueden ser atendidas sin mayor problema con una persistencia en tiempo mayor al 78 %, no así al considerar los criterios de déficits del Water and Power Resources que da resultados conservadores, toda vez que de acuerdo a los hidromódulos de riego de 0.57, 0.60, 0.70 y 0.75 l/s-ha, se podrían irrigar 16,580; 15,750; 13,500 y 12,600 ha respectivamente en las Pampas de Majes.

**Palabras clave:** Sistema de riego regulado, disponibilidades, demandas, simulación con HEC-3, Arequipa -Perú.

### Abstract

In the present work, located in the Arequipa region, as the largest Special Project of Irrigation in the region and that was designed for an agricultural area of 57000 hectares. This is divided into two stages: the First, involving the construction of the Condoroma dam and the pipe system and construction of irrigation channels in the Pampas of Majes, with the aim to incorporate 23000 hectares. At the Second Stage, it has been projected the construction of the Angostura dam and the hydroelectric power stations Lluclla and Lluta, which will allow the expansion of the agricultural area to 57000 hectares. Given the population growth, it is necessary to continually upgrade offers and demands for water for various uses. Indeed, in this study it has been identified the availability of 75% and 95% of persistence in stations at Condoroma, Tuti and Pitay, whose values were respectively 2.70, 3.79 and 2.37 m<sup>3</sup>/s, and of 95% of persistence the values were 1.56, 2.24 and 1.59 m<sup>3</sup>/s. With regard to the demands, these were calculated using the hydromodules of 0.57, 0.60, 0.70 and 0.75 l/s-hectares, being respectively 11 930, 12 558, 14 651 and 15 697 m<sup>3</sup>/s. Also, the simulation of the Operating System Project Majes-Siguas was conducted in its First Phase with the help of the program HEC3 for the different demands, for a period of 42 years. We analyzed several alternatives for each of the scenarios defined by the hydro-irrigation module, to determine the value of the demand that affects the operation of the system according to predetermined criteria. In the simulation carried out, it is demonstrated that the values of the demands for irrigation of 20 930 hectares set for the First Phase of the project Majes, can be met without much problem with a persistence time in more than 78%, but not when considering the criteria for the deficit of Water and Power Resources that gives conservating rating, since according to the irrigation considered hydro modules of 0.57, 0.60, 0.70 and 0.75 l/s-hectares, it could irrigate 16580, 15750, 13500 and 12600 hectares, respectively, in the Pampas of Majes.

**Key words:** Regulated irrigation system, availability, demands, simulation with HEC-3, Arequipa-Peru.

### 1. Introducción

En el Proyecto Especial Majes-Siguas, continuamente se hace necesario la actualización de las ofertas o disponibilidades y las necesidades o demandas de los recursos hídricos para diversos usos, a nivel de Proyecto, definiendo sus variabilidades para precisar los balances entre ambos parámetros orientados a

evaluar los alcances del Proyecto en sus múltiples usos: agrícola, poblacional, energético y otros. Por otro lado, la escasez de recursos para el financiamiento de obras previstas en las metas iniciales del Proyecto, la variabilidad de la oferta del recurso hídrico en su calidad y cantidad y de la demanda de agua derivada de los diversos sectores beneficiados, propician una priorización de las obras a ejecutar con los recursos financieros disponibles. Los resultados de los balances hídricos permitirán evaluar los alcances del proyecto, principalmente en el sector agrícola definiendo la superficie agrícola a

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. E-mail: [lhuanca@lamolina.edu.pe](mailto:lhuanca@lamolina.edu.pe).

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. E-mail: [msanchez@lamolina.edu.pe](mailto:msanchez@lamolina.edu.pe).

incorporar en la Primera Etapa, prevista por parte de AUTODEMA en 23,000 hectáreas brutas y en los sectores poblacional y energético, logrando así un óptimo aprovechamiento de las aguas de los ríos Colca y Siguas, principales aportadores del recurso agua al área del proyecto. Asimismo los déficits y superávits a obtener del mencionado balance, darán las bases para tomar las decisiones correspondientes a una reestructuración y priorización de las obras a ejecutar en el Proyecto. Una Segunda Etapa del Proyecto con la construcción de la represa Angostura y las centrales hidroeléctricas de Lluclla y Lluta, permitirá la generación de 663 MW de energía y la ampliación de la superficie agrícola hasta llegar a 57,000 hectáreas previstas en el estudio de factibilidad, aspectos que no son incluidos en el presente estudio.

Desde que el área agrícola del proyecto se riega con métodos de riego presurizado (aspersión y goteo), se espera un adecuado manejo de los recursos hídricos y la mejor utilización de las aguas disponibles de los ríos mencionados, lo cual debe reflejarse en la cantidad de agua que se le entrega al agricultor a nivel de cabecera de parcela.

El presente trabajo tiene como objetivos:

Evaluar las disponibilidades y las demandas de agua de las cuencas comprometidas con el Proyecto Majes – Siguas.

Simular el Sistema de Riego del Proyecto Majes – Siguas, en su primera etapa, para cuatro hidromódulos de riego.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, (1981): Una planificación agrícola en la que un plan de cultivo y riego; en un Distrito de Riego determinado permite conocer en forma oportuna la superficie sembrarse y los diferentes tipos de cultivo, según la disponibilidad del agua y el Plan Agrícola Nacional. Asimismo, permite determinar los posibles excedentes o déficits de agua; a lo largo del año y poder planear posibles incorporaciones de nuevas áreas a la agricultura u otras medidas administrativas.

Salazar L. R. (1973) manifiesta: Para la planificación y operación de un sistema de riego se necesita saber la demanda de agua de los cultivos bajo consideración, puesto que se tiene que acoplar esta demanda a los recursos hídricos disponibles; pero además la demanda total de agua para riego no depende sólo del agua para satisfacer la demanda, sino que depende también de la eficiencia de conducción, de la eficiencia de aplicación del agua de riego y de los métodos de riego.

Agüero V. (1) en el estudio hidrológico del proyecto de irrigación Cajabamba - Presa Totorá (Cajamarca) en 1989, efectúa la simulación de operaciones a nivel mensual para un periodo de registro de 21 años, con el criterio de que la soportabilidad de déficits de cultivos durante la fase de operación del proyecto tenga cierto nivel de aceptación de déficits en tiempo y volumen. De modo que, el % de satisfacción de demanda especialmente en volumen no sea menor que 75% en los 21 años simulados. Debiendo además, cumplirse el criterio de déficits del Bureau Reclamation.

Las aguas se pueden retener por diversas razones, por ejemplo para utilizarlas posteriormente para el abastecimiento de las ciudades, el riego o la generación de energía eléctrica, para combatir las inundaciones, para fines de recreo o para una combinación de esos objetivos. Así pues, en su concepción más simple, un embalse es un dispositivo para almacenar el agua de los ríos e ir soltando a un ritmo más adecuado a las necesidades del usuario.

Los proyectos de aprovechamiento de los recursos hídricos se emprenden a fin de cumplir con las metas definidas en el proyecto y por consiguiente satisfacer las necesidades socioeconómicas de los agricultores.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Materiales

#### 2.1.1 Cartografía de la zona

Carta Nacional a escala 1:100,00 de la zona, para la delimitación de las cuencas comprometidas con el Proyecto Majes – Siguas.

Fotografías aéreas a escala 1:17,000, tomadas por el Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN)

#### 2.1.2 Hidrometeorológica

Se recopiló registros de información de las estaciones Meteorológicas e Hidrométricas, que se muestran en la Fig 1.

Programa de cómputo HEC-3

### 2.2 Metodología

#### 2.2.1 Esquema Hidráulico

El esquema hidráulico definirá los Puntos de Control o Nudos que se consideraron para efectos de su posterior simulación dentro del modelo matemático. Por lo tanto la definición de los puntos de control cobra especial importancia por la trascendencia de la información que posean para realizar posteriormente la simulación de operación de embalse del Proyecto.

El esquema hidráulico se muestra en la Fig. 2 que se inicia con el caudal afluente ( $Q_{af}$ ) hacia la represa Condorama, caudal definido por diferencias con el caudal efluente ( $Q_{ef}$ ) medido a la salida de las válvulas, caudal de evaporación del espejo de agua del reservorio ( $Q_{evap}$ ), caudal al inicio del llenado del reservorio ( $Q_{inic}$ ), caudal al final del llenado del reservorio ( $Q_{fin}$ ) y caudal de reboce ( $Q_{reb}$ ) que ocurre cuando hay excedencias que sobrepasan la capacidad del embalse, siguiendo la siguiente relación:

$$Q_{af} = Q_{fin} - Q_{inic} + Q_{evap} + Q_{reb} + Q_{ef}$$

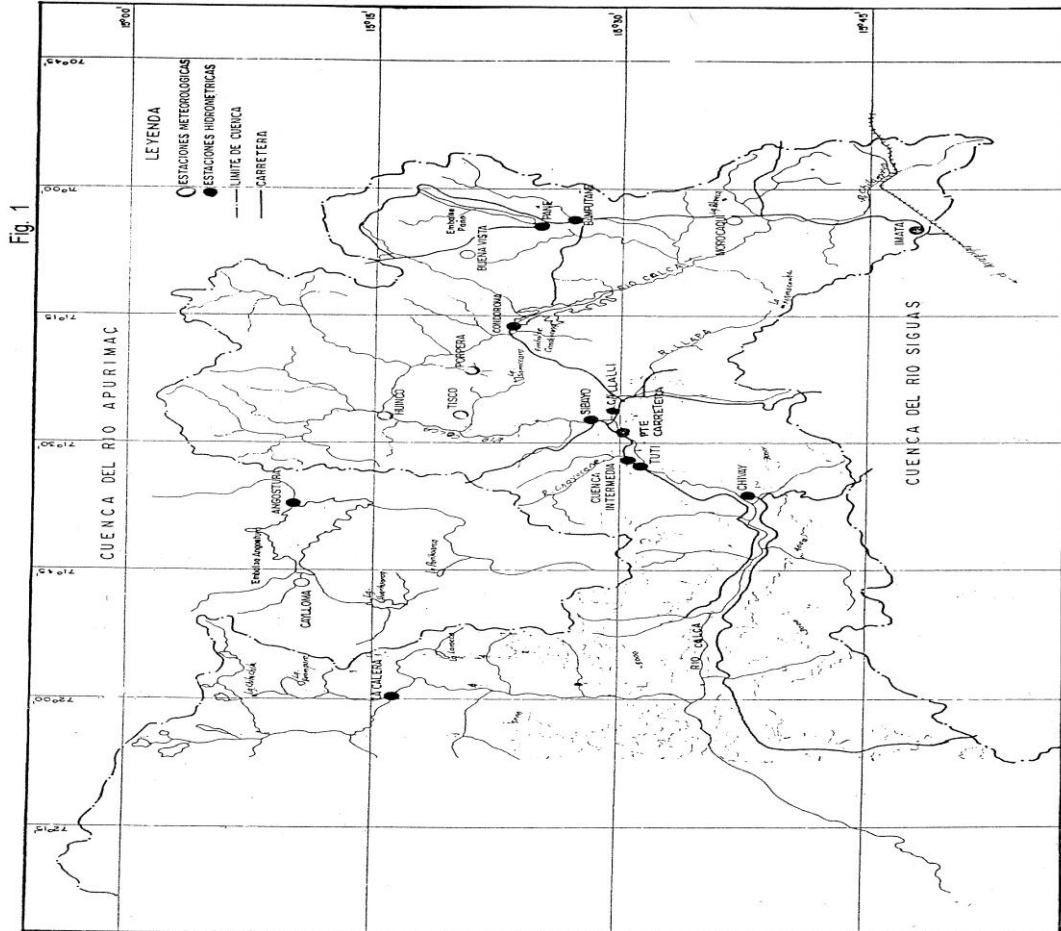
A nivel de la Cuenca Intermedia se presenta la Bocatoma Tuti en la cual se registran los caudales captados del río Colca hacia el sistema de aducción Colca-Siguas que culmina con el túnel terminal luego de conducir el agua por túneles y canales.

Luego del túnel terminal el agua es conducida al río Siguas a través de la Quebrada Huasamayo la que recibe el nombre de río Lluta luego de recibir los eventuales aportes de la quebrada del mismo nombre. Antes de tributar las aguas trasvasadas hacia el río Siguas mediante la quebrada Huasamayo - río Lluta, las descargas de aporte del mencionado río Siguas son registradas en la estación Lluclla; posteriormente

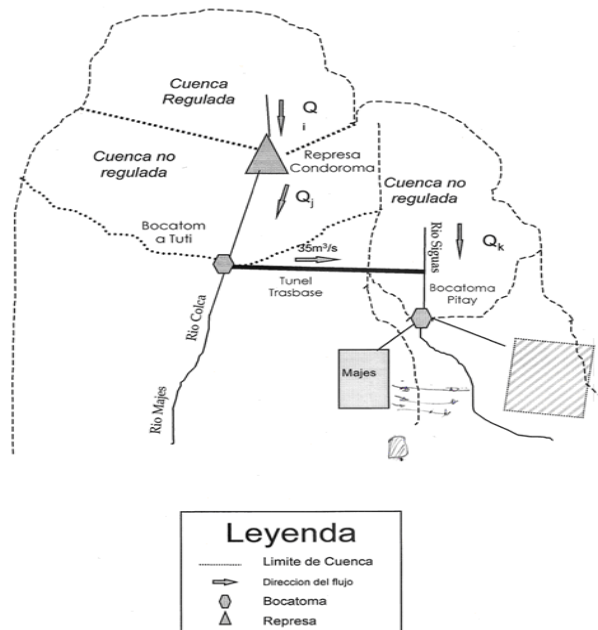
en la Bocatoma Pitay se registran los caudales que son derivados hacia las Pampas de Majes. La Fig. 2

muestra el esquema hidráulico del Proyecto contemplando las cuencas del río Colca y Sigajas.

**Figura 1.** Ubicación de las estaciones meteorológicas e hidrométricas.



**Figura 2.** Esquema hidráulico del proyecto.



**2.2.2 Estimación de la disponibilidad de agua**

Con la información consistenciada de caudales se procedió a la estimación de los caudales esperados a diferentes niveles de probabilidad empírica de

aportaciones en el periodo considerado. Para esto, la probabilidad de que se presente un caudal mayor o igual al observado, es estimado por la fórmula de Weibull

$$Pb = \frac{m}{n + 1}$$

Donde, Pb: probabilidad de ocurrencia

m: número de orden

n: número de eventos observados

En el Cuadro 1 se observan los caudales al 75% y 95% de persistencia en los 3 ptos de control principales.

### 2.2.3 Demandas Hídricas

El sistema analizado, como se ha mencionado servirá a diferentes usos y varios sectores, cuyas demandas han sido tomadas como constantes durante el año.

Se ha considerado que aguas abajo de la Bocatoma Tuti, se requieren con fines de preservación ecológica, 2 m<sup>3</sup>/seg. Análogamente se demanda un caudal de 2 m<sup>3</sup>/seg aguas abajo de la Bocatoma Pitay con los mismos fines. Además, se requiere con fines de abastecimiento poblacional un caudal de 0.26 m<sup>3</sup>/seg que será captado en la bocatoma Pitay. Para las demandas de agua con fines agrícolas para la primera etapa con una superficie neta bajo cultivo de 20,930 ha., se muestran en el cuadro 2, y se analizaron demandas que podrían ser requeridas para cuatro hidromódulos.

**Tabla 1:** Oferta potencial y real de agua en CONDOROMA, TUTI y PITAY.

Meses del año	Estación CONDOROMA		Estación TUTI		Estación PITAY	
	75%	95%	75%	95%	75%	95%
Enero	10.41	5.72	13.59	5.00	2.44	1.61
Febrero	19.60	4.92	27.17	6.00	4.35	1.25
Marzo	22.75	4.25	34.65	6.82	3.66	2.29
Abril	7.71	2.80	13.01	3.97	2.80	1.62
Mayo	3.59	1.75	5.91	2.44	2.60	1.56
Junio	2.69	1.56	4.53	3.02	2.65	1.77
Julio	2.09	1.43	3.29	1.95	2.70	1.78
Agosto	2.56	1.44	3.48	2.24	2.46	1.95
Setiembre	1.96	1.32	2.51	1.89	2.14	1.40
Octubre	2.00	1.24	2.45	1.98	2.08	1.57
Noviembre	2.31	1.18	2.73	2.19	1.78	1.29
Diciembre	2.32	2.05	4.43	2.25	1.86	1.30
Total	2.70	1.56	3.79	2.24	2.37	1.59

**Tabla 2.** Demandas hídricas en las pampas de Majes bajo diferentes hidromódulos de riego.

HIDROMODULOS ( l/s-ha )	DEMANDA AGRICOLA ( m <sup>3</sup> /s )
0.57	11.930
0.60	12.558
0.70	14.651
0.75	15.697

### 2.2.4 Simulación de Operaciones del Sistema

El sistema hídrico considerado en la simulación de operación del reservorio de Condoroma dentro del esquema hidráulico de desarrollo del proyecto Majes-Siguas, comprende las cuencas de los ríos Colca y Siguas en donde las entradas están constituidas por las descargas de los ríos evaluadas en los puntos de interés: Condoroma (cuenca alta) y Tuti (cuenca intermedia) en el río Colca y Pitay en el río Siguas. Las salidas las conforman la evaporación neta en el embalse de Condoroma; las pérdidas en el sistema de aducción Colca-Siguas, en la quebrada Huasamayo, en el canal de derivación Majes y en la red de distribución; las demandas agrícolas de la margen izquierda del río Colca y de las Pampas de Majes; las demandas ecológicas en los ríos Majes y Siguas y las demandas poblacionales del Proyecto.

La interconexión de las dos cuencas antes mencionadas, se establece a través de un trasvase por gravedad desde el río Colca hacia la cuenca del

Siguas (sistema de aducción Colca-Siguas) mediante 80 km. de túneles y 20 km. de canales.

Se han considerado cinco puntos de control dentro del esquema de la simulación de operación del sistema (ver Figura 3). Los puntos de control considerados son:

- (a) El Embalse Condoroma;
- (b) La Bocatoma de Tuti, que para efectos de operación del algoritmo empleado, fue considerado como un reservorio ficticio.
- (c) La confluencia de la Quebrada Huasamayo con el río Siguas.
- (d) Una sección en el río Siguas, entre la confluencia de la Quebrada Huasamayo y la Bocatoma Pitay.
- (e) Bocatoma Pitay, que como el caso de la Bocatoma Tuti, se consideró como reservorio ficticio, en el cual se derivan además de los excedentes, 2 m<sup>3</sup>/seg como caudal con fines de preservación ecológica. En los cuadros 3, 4, y 5, muestran los caudales simulados del sistema en las estaciones de Condoroma, Titi y Pitay.

Haciendo uso del programa HEC-3, se realizó la simulación de operación del sistema para un período de 42 años para diferentes posibilidades de demanda. Los cálculos del modelo matemático utilizado, están basados en la ecuación de continuidad expresada por la relación:

$$S_i = S_{i-1} + I_i - Q_i - E_i$$

Donde:

$S_i$  = Volumen almacenado al final del período  $i$

$S_{i-1}$  = Volumen almacenado al final del período anterior " $i-1$ "

$I_i$  = Volumen de ingreso durante el período  $i$

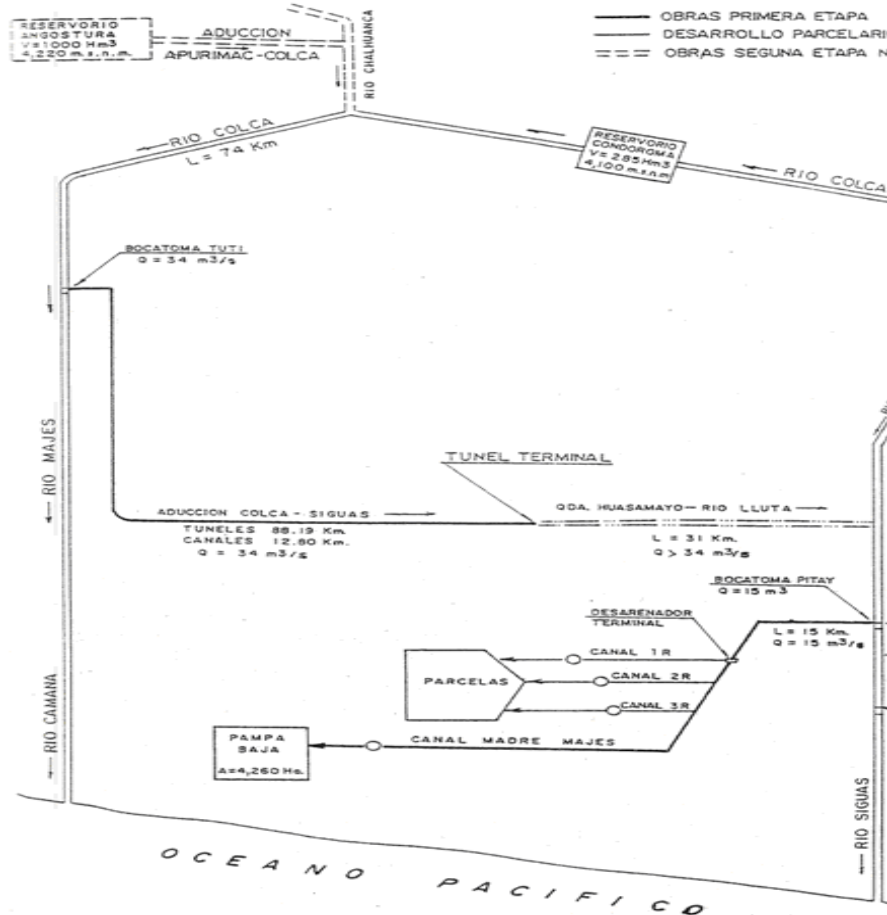
$Q_i$  = Volumen de salida durante el período  $i$

$E_i$  = Volumen de evaporación neta durante el período  $i$

### 2.2.5 Alternativas Analizadas

Para conocer la capacidad del sistema hidráulico simulado, para satisfacer los requerimientos hídricos de las Pampas de Majes, sin dejar de lado las necesidades de otros sectores, se analizaron como alternativas los cuatro hidromódulos y se consideraron constante durante el año las demandas hídricas de los otros sectores.

Figura 3. Esquema del balance hídrico del proyecto.



### 3. Resultados

Los resultados obtenidos de las diferentes alternativas simuladas, se presentan en los cuadros 6, 7 y 8, los cuales muestran las demandas de riego neta y bruta en las Pampas de Majes por cada hidromódulo de riego.

#### 3.1 Análisis de Resultados

##### 3.2.1 Criterio de Cobertura de Demanda con 75 % de Persistencia

Si se considera solo el criterio de cobertura de las demandas de riego durante el 75 % del tiempo, independientemente del volumen de déficit que pudiera ocurrir, sería factible abastecer la dotación de agua de riego a las 20,930 ha en las Pampas de Majes

**Tabla 3:** Caudales simulados del sistema regulado Estación Condorama.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	Dic	Anual
1952	81.01	209.52	285.00	285.00	280.45	282.47	285.00	269.97	256.42	254.36	257.14	270.07	251.37
1953	285.00	285.00	285.00	285.00	279.41	265.31	253.05	234.94	211.32	185.68	169.93	186.91	243.88
1954	213.37	285.00	285.00	285.00	285.00	283.68	281.28	260.20	230.84	211.51	277.79	285.00	265.31
1955	285.00	285.00	285.00	285.00	282.49	268.29	248.17	238.02	218.25	202.09	206.34	196.33	250.00
1956	227.57	285.00	285.00	285.00	269.89	242.99	220.53	198.80	172.47	146.16	119.99	92.32	212.14
1957	108.40	156.89	263.09	285.00	285.00	275.81	261.62	250.63	235.70	212.88	195.45	202.67	227.76
1958	248.36	285.00	285.00	285.00	270.50	250.89	228.45	215.17	207.05	183.55	161.41	145.58	230.50
1959	185.02	232.75	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	276.77	267.33	244.81	217.18	200.38	254.10
1960	256.12	285.00	285.00	285.00	284.34	281.30	272.24	254.28	226.46	198.34	216.84	231.11	256.34
1961	268.89	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	277.02	280.05	257.77	236.28	242.80	271.23	271.59
1962	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	267.61	245.78	226.29	204.94	183.54	176.15	186.94	243.02
1963	202.18	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	279.25	285.00	276.23	269.05	257.97	275.13	272.48
1964	285.00	285.00	285.00	285.00	279.22	264.29	246.37	235.97	211.28	185.15	172.13	168.15	241.88
1965	182.49	212.06	241.78	261.46	259.16	248.59	233.57	215.61	200.60	179.39	153.96	139.65	210.69
1966	140.13	212.95	256.91	253.41	243.15	231.02	210.86	190.20	169.06	138.81	128.47	139.87	192.90
1967	273.56	285.00	285.00	285.00	285.00	272.80	254.24	235.07	209.66	188.16	166.45	142.22	240.18
1968	195.13	285.00	285.00	285.00	272.35	255.41	236.12	220.90	207.50	200.34	192.59	185.28	235.05
1969	203.71	241.20	283.78	285.00	275.86	263.51	249.94	239.52	231.15	215.59	193.69	204.53	240.62
1970	285.00	285.00	285.00	285.00	280.06	261.17	242.94	238.81	216.69	187.47	169.51	167.08	241.98
1971	188.78	285.00	285.00	285.00	275.79	257.20	231.49	207.06	180.89	161.24	136.65	126.07	218.35
1972	217.98	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	281.06	271.15	253.60	228.79	201.79	174.64	254.50
1973	216.40	285.00	285.00	285.00	284.00	276.27	260.81	249.57	225.48	195.55	170.95	154.22	240.69
1974	191.72	285.00	285.00	285.00	285.00	281.76	265.82	256.60	235.60	213.24	203.69	193.06	248.48
1975	263.77	285.00	285.00	285.00	285.00	279.20	276.59	261.49	246.29	220.47	198.02	207.24	257.76
1976	259.71	285.00	285.00	285.00	285.00	272.87	256.91	243.93	216.18	191.00	164.78	141.65	240.59
1977	159.36	212.04	280.25	285.00	274.93	254.29	228.01	205.99	184.48	164.05	159.12	151.34	213.24
1978	210.67	285.00	285.00	285.00	271.47	257.30	235.38	217.10	194.47	170.49	169.04	193.54	231.20
1979	242.30	285.00	285.00	285.00	276.70	256.44	226.73	201.60	169.87	142.77	121.54	97.30	215.85
1980	112.86	158.54	219.98	242.90	235.48	218.76	194.77	173.92	147.20	118.16	99.32	92.09	167.83
1981	142.08	285.00	285.00	285.00	274.15	259.60	237.76	220.15	192.36	165.47	144.62	138.16	219.11
1982	230.92	245.46	285.00	285.00	275.89	256.71	234.29	209.50	183.34	166.59	166.15	190.61	227.45
1983	193.51	188.17	191.19	183.86	168.47	146.91	123.15	98.02	78.98	54.51	27.28	26.00	123.34
1984	100.20	285.00	285.00	285.00	285.00	283.83	283.74	275.83	278.11	260.31	285.00	285.00	266.00
1985	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	271.77	250.37	234.44	242.98	273.30
1986	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	282.70	279.53	268.00	249.59	229.39	245.00	272.02
1987	285.00	285.00	285.00	269.60	248.53	226.98	208.18	191.69	176.55	159.73	140.32	145.56	218.51
1988	235.07	285.00	285.00	285.00	285.00	283.03	275.08	256.61	260.63	261.88	263.69	256.80	269.40
1989	285.00	285.00	285.00	285.00	285.00	277.01	269.03	253.03	232.04	203.56	178.65	152.40	249.23
1990	156.02	149.85	156.95	135.31	104.90	82.77	54.07	26.00	26.00	26.00	26.00	51.40	82.94
1991	112.43	171.92	285.00	285.00	270.71	258.02	237.30	212.91	188.11	162.62	145.69	136.75	205.54
1992	131.31	117.47	104.51	75.15	42.22	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.09	26.00	54.40
1993	112.54	135.41	227.64	232.45	214.67	190.21	164.62	138.51	111.16	91.25	92.08	131.82	153.53
<b>PROMEDIO</b>	210.20	252.96	270.14	270.10	263.21	251.67	236.90	222.08	203.76	183.49	172.86	172.62	225.83

**Tabla 4:** Caudales simulados del sistema regulado Estación Tuti.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1952	56.7	99.34	35.75	24.32	11.85	9.6	9.97	12	10.66	6.04	3.5	9.12	24.07
1953	37.47	61.6	110.52	28.97	13.11	13.13	13.15	13.74	14.5	14.28	14.95	41.77	31.43
1954	36.58	132.85	100.19	40.13	15.59	11.33	11.97	14.79	15.01	15.16	15.59	54.56	38.65
1955	75.56	247.55	108.02	37.54	13.97	14.1	13.79	13.32	13.22	13.77	11.84	11.55	47.85
1956	31.12	42.93	64.57	25.04	14.98	14.99	14.91	14.87	15.26	14.7	15.27	14.57	23.6
1957	13.73	37.2	49.35	24.26	14.77	13.35	13.62	12.37	10.83	11.67	12.08	16.45	19.14
1958	13.51	49.55	83.53	19.58	14.34	14.1	14.07	13.67	12.61	13.89	13.94	13.73	23.04
1959	14.01	16.72	66.41	41.13	15.3	9.02	7.54	10.95	11.51	13.64	13.76	13	19.42
1960	79.26	54.69	62.31	29.63	12.04	12.51	12.89	13.8	14.17	15.15	16.56	16.24	28.27
1961	74.48	153.91	122.42	55.63	18.77	14.27	12.83	14.2	14.25	14.42	13.83	61.31	47.53
1962	127.21	279.76	131.29	60.74	16.92	13.53	13.24	12.56	13.19	13.6	13.39	8.69	58.68
1963	60.93	187.96	148.78	54.54	18.15	14.9	13.57	22.55	13.96	12.91	12.88	28.19	49.11
1964	68.91	85.75	55.73	28.85	13.43	14.08	14.22	14.28	14.75	14.73	14.43	13.68	29.4
1965	15.09	14.58	17.08	12.14	10.66	11.76	11.2	12.6	11.96	13.34	14.45	14.37	13.27
1966	15.24	52.72	37.42	14.66	14.1	14.19	14.14	12.84	12.99	14.33	14.28	30.27	20.6
1967	15.59	22.72	412.78	42.62	13.33	13.36	13.12	14.41	15.08	14.87	15.58	15.53	50.75
1968	49.65	117.31	75.41	24.57	14	13.51	13.36	13.61	12.36	11.73	12.36	8.94	30.57
1969	14.88	19.02	19.94	16.93	11.94	11.52	11.49	12.53	11.33	13.46	13.63	13.85	14.21
1970	69.72	222.62	98.56	36.07	14.17	13.81	13.6	11.97	12.77	14.08	15.14	14.39	44.74
1971	31.46	97.86	74.76	25.88	13.79	14.13	13.92	14.48	14.71	14.21	14.4	15.19	28.73
1972	69.35	102.65	188.6	71.84	21.41	13.42	13.39	13.91	13.27	13.94	15.27	14.18	45.93
1973	51.8	85.21	108.89	42.24	14.12	13.95	14.03	13.88	14.45	14.77	15.16	14.98	33.62
1974	69.04	281.52	80.01	32.68	13.91	13.23	13.4	11.87	13.71	14.56	14.75	15.07	47.81
1975	31.2	189.39	479.83	48.84	19.43	13.71	13.56	13.65	14.54	14.66	14.74	23.76	73.11
1976	80.83	156.31	172.66	45.17	16.14	14.08	14.01	14.2	13.86	14.75	15.03	15.05	47.67
1977	14.51	28.73	36.35	18.84	14.03	13.61	13.53	13.53	14.05	14.29	14.48	14.48	17.54
1978	68.03	60.44	44.63	20.03	14.08	13.77	13.83	13.89	14.37	14.59	14.84	21.31	26.15
1979	29.26	36.83	82.58	22.87	14.81	14.71	14.74	14.69	15.21	15.02	15.31	15.21	24.27
1980	19.74	42.86	33.91	17.36	15.08	14.97	14.65	14.86	15.19	15.26	15.33	15.34	19.54
1981	73.51	128.87	71.55	40.12	15.19	15.03	15.05	14.65	15.47	15.65	15.58	15.58	36.35
1982	35.66	14.92	32.14	44.49	15.3	15.22	15.16	15.07	15.52	15.29	14.41	21.17	21.19
1983	13.36	12.56	12.66	12.37	12.56	12.86	12.78	13.33	13.05	13.31	13.99	6.82	12.47
1984	45.02	211.34	454.17	69.75	18.9	9.89	10.52	11.21	10.15	12.9	25.01	88.78	80.64
1985	53.8	146.3	103.82	100.27	30.62	19.22	20.66	12.32	11.97	12.18	11.2	11.06	44.45
1986	89.23	174.15	218.46	110.94	22.75	13.06	10.86	10.54	11.05	11.59	12	13.37	58.17
1987	139.98	38.47	12.06	14.39	13.92	13.87	13.54	14.5	14.86	14.42	13.4	15.04	26.54
1988	44.77	70.41	88.03	76.77	15.84	9.44	8.76	12.53	9.79	7.41	7.44	6.93	29.84
1989	27.11	82.01	79.73	51.73	12.16	12.07	11.89	13.23	13.87	14.21	13.35	13.54	28.74
1990	14.53	14.74	11.09	15.32	15.05	14.48	14.35	13.67	2.86	4.52	14.29	19.95	12.9
1991	45.55	41.12	68.2	21.93	13.47	12.93	13.3	13.45	13.65	13.57	12.16	9.13	23.2
1992	13.54	15.64	14.5	15.23	15.45	9.29	2.76	3.42	2.89	2.74	3.5	7.32	8.86
1993	39.94	16.54	55.6	13.39	14.08	13.99	13.58	13.74	14.41	14.13	14.21	23.4	20.58
PROMEDIO	46.92	93.99	102.96	36.9	15.32	3.29	12.98	13.37	12.93	13.18	13.74	19.45	32.92

**Tabla 5:** Caudales simulados del sistema regulado Estación Pitay.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1952	31.34	33.57	35.91	23.39	12.05	12.05	12.38	12.05	12.05	12.05	12.87	38.48	20.68
1953	36.93	40.65	38.96	27.44	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	31.01	21.61
1954	32.66	35.27	36.14	35.92	16.25	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	30.21	21.56
1955	31.88	37.67	31.72	32.22	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.16
1956	30.82	35.53	34.86	21.01	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	18.22
1957	12.05	33.55	35.46	22.23	13.31	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	14.88	16.98
1958	12.05	33.65	38.7	17.43	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	16.52
1959	12.05	16.24	39.81	38.06	17.13	14.02	12.39	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	17.49
1960	34.63	33.52	36.19	28.51	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.82	12.63	19.22
1961	33.14	42.74	32.85	33.52	17.41	13.25	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	30.93	22.01
1962	31.92	39.44	32.29	32.57	14.75	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.61
1963	38.68	47.7	36.67	32.12	16.74	13.54	12.05	19.42	12.05	12.05	12.05	24.92	23.17
1964	32.06	34.9	34.09	26.25	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	18.64
1965	12.05	12.05	24.71	14.06	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	13.27
1966	12.05	31.45	33.87	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	25.95	16.64
1967	12.05	17.97	39.53	33.58	12.1	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	16.63
1968	31.56	33.84	34.68	22.46	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	18.24
1969	13.72	21.38	27.4	18.76	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.26	14.82
1970	32.53	34.34	33.28	31.76	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.02
1971	28.16	36.99	31.98	22.77	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	18.02
1972	33.24	35.32	31.94	33.34	19.51	12.15	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.82
1973	32.78	34.71	36.46	33.56	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.49
1974	35.21	36.16	35.39	29.88	12.41	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.45
1975	29.73	39.87	46.78	32.76	16.72	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	20.71	21.57
1976	37.61	39.52	38.29	32.12	13.74	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	20.47
1977	12.05	30.24	40.6	16.7	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	16.33
1978	33.3	31.46	31.63	17.35	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	17.82	17.99
1979	25.15	30.93	34.51	19.36	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	17.19
1980	16.43	30.84	30.41	14.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	15.68
1981	32.61	36.4	32.36	32.22	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.16
1982	30.58	12.05	27.26	30.75	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.05	17
1983	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	6.17	11.56
1984	33.76	45.35	33.73	34.73	20.2	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	22.36	33.13	23.63
1985	34.75	40.69	37.85	37.08	29.7	20.35	21.71	12.67	12.05	12.05	12.05	13.62	23.71
1986	38	41.02	37.6	35.79	22.67	14.08	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.51	22.41
1987	41.54	39.43	17.12	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.53	17.25
1988	32.07	36.64	35.65	33.4	18.22	12.05	12.05	12.05	13.51	12.05	12.05	12.05	20.15
1989	28.28	41.47	37.98	34.52	12.72	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.94
1990	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	11.28	2.13	2.84	12.04	16.77	10.78
1991	31.1	34.03	46.66	21.02	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	19.1
1992	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	6.74	1.85	3.03	1.89	2.26	2.09	5.93	7
1993	34.57	19.65	31.38	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	12.05	20.54	16.88
PROMEDIO	27.17	32.01	33.07	25.59	13.97	12.28	12.05	12.01	11.6	11.6	12.09	16	18.29



**Tabla 6.** Resultados de la simulación operacional del sistema hidráulico Déficit Máximo para el sector Majes.

ALTERNAT.	MODULO DE RIEGO (l/s-ha)	AREA (ha)	DEMANDA DE RIEGO EN PAMPA MAJES		SECTOR PAMPA DE MAJES MAX. DEFICIT ACUMUL. EN:			SECTOR PAMPA DE MAJES MAX. DEF. ACUM.IDEM. ANUAL		
			NETA (m <sup>3</sup> /s)	BRUTA (m <sup>3</sup> /s)	1 AÑO	2 AÑOS	10AÑOS	EN 1 AÑO	EN 2 AÑOS	EN 10AÑOS
					(m%)	(m%)	(m <sup>3</sup> /s)	(%)	(%)	(%)
A	1	20,930	11.930	12.685	8.687	8.687	18.893	72.8	72.8	158.4
	2	20,000	11.400	12.121	7.818	7.818	15.989	68.6	68.6	140.3
	3	18,000	10.260	10.909	6.018	6.018	10.506	58.7	58.7	102.4
	4	16,580	9.451	10.048	4.748	4.748	6.782	50.2	50.2	71.8
	5	15,000	8.550	9.091	3.330	3.330	3.689	39.0	39.0	43.1
	6	12,000	6.840	7.273	0.640	0.640	0.647	9.4	9.4	9.5
	7	10,000	5.700	6.061	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
B	1	20,930	12.558	13.352	9.734	9.996	22.344	77.5	79.6	177.9
	2	20,000	12.000	12.759	8.803	8.803	19.266	73.4	73.4	160.6
	3	18,000	10.800	11.483	6.822	6.822	12.972	63.2	63.2	120.1
	4	15,750	9.450	10.048	4.748	4.748	6.782	50.2	50.2	71.8
	5	15,000	9.000	9.569	4.061	4.061	5.042	45.1	45.1	56.0
	6	12,000	7.200	7.656	1.225	1.225	1.225	17.0	17.0	17.0
	7	10,000	6.000	6.380	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0
C	1	20,930	14.651	15.578	12.776	14.431	32.886	87.2	98.5	224.5
	2	20,000	14.000	14.886	12.125	13.341	29.594	86.6	95.3	211.4
	3	18,000	12.600	13.397	9.805	10.096	22.577	77.8	80.1	179.2
	4	15,000	10.500	11.164	6.413	6.413	11.642	61.1	61.1	110.9
	5	13,500	9.450	10.048	4.748	4.748	6.782	50.2	50.2	71.8
	6	12,000	8.400	8.931	3.082	3.082	3.234	36.7	36.7	38.5
	7	10,000	7.000	7.443	0.901	0.901	0.901	12.9	12.9	12.9
D	1	20,930	15.698	16.691	13.823	16.169	38.205	88.1	103.0	243.4
	2	20,000	15.000	15.949	13.125	15.010	34.655	87.5	100.1	231.0
	3	18,000	13.500	14.354	11.304	12.191	27.369	83.7	90.3	202.7
	4	15,000	11.250	11.962	7.571	7.571	15.172	67.3	67.3	134.9
	5	12,600	9.450	10.048	4.748	4.748	6.782	50.2	50.2	71.8
	6	12,000	9.000	9.569	4.061	4.061	5.042	45.1	45.1	56.0
	7	10,000	7.500	7.974	1.663	1.663	1.663	22.2	22.2	22.2

**Tabla 7.** Resultados de la simulación de operaciones del sistema hidráulico Deficit bajo diferentes Demandas.

ALTERNAT.	MODULO DE RIEGO  (l/s-ha)	AREA  (ha)	DEMANDA DE RIEGO		DEFICIT PROMEDIO ANUAL				DEFICIT MENSUAL MAX.				INDICE DE DEFICIT			
			EN PAMPA MAJES		RIO MAJES	USO	RIO	PAMPA	RIO MAJES	USO	RIO	PAMPA	RIO MAJES	USO	RIO	PAMPA
			NETA	BRUTA	MARG. IZQ.	POBLAC.	SIGUAS	MAJES	MARG. IZQ.	POBLAC.	SIGUAS	MAJES	MARG. IZQ.	POBLAC.	SIGUAS	MAJES
			(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)	(mo/s)
A	0.57	20,930	11.93	12.685	0.0082	0	0.0035	0.5493	0.765	0	0.84	11.93	0.013	0	0.013	2.251
		20,000	11.4	12.121	0.0082	0	0.0032	0.433	0.765	0	0.84	11.4	0.013	0	0.011	1.779
		18,000	10.26	10.909	0.0071	0	0.0015	0.2502	0.765	0	0.49	10.26	0.011	0	0.002	1.059
		16,580	9.451	10.048	0.0057	0	0.0005	0.1615	0.765	0	0.15	9.45	0.007	0	0	0.672
		15,000	8.55	9.091	0.0029	0	0.0002	0.0875	0.765	0	0.11	8.55	0.003	0	0	0.365
		12,000	6.84	7.273	0	0	0	0.0152	0	0	0	4.512	0	0	0	0.021
		10,000	5.7	6.061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0.6	20,930	12.558	13.352	0.0082	0	0.0038	0.7308	0.765	0	0.84	12.558	0.013	0	0.013	2.859
		20,000	12	12.759	0.0082	0	0.0035	0.5667	0.765	0	0.84	12	0.013	0	0.013	2.319
		18,000	10.8	11.483	0.0076	0	0.0032	0.3124	0.765	0	0.84	10.8	0.013	0	0.011	1.347
		15,750	9.45	10.048	0.0057	0	0.0005	0.1615	0.765	0	0.15	9.45	0.007	0	0	0.672
		15,000	9	9.569	0.0029	0	0.0002	0.12	0.765	0	0.11	9	0.003	0	0	0.513
		12,000	7.2	7.656	0	0	0	0.0292	0	0	0	7.084	0	0	0	0.069
		10,000	6	6.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0.7	20,930	14.651	15.578	0.0082	0	0.0038	1.5621	0.765	0	0.84	14.651	0.013	0	0.013	4.961
		20,000	14	14.886	0.0082	0	0.0038	1.2574	0.765	0	0.84	14.003	0.013	0	0.013	4.393
		18,000	12.600	13.397	0.0082	0	0.0038	0.7431	0.765	0	0.84	12.6	0.013	0	0.013	2.902
		15,000	10.5	11.164	0.0071	0	0.0015	0.2772	0.765	0	0.49	10.5	0.011	0	0.002	1.195
		13,500	9.45	10.048	0.0057	0	0.0005	0.1615	0.765	0	0.15	9.45	0.007	0	0	0.672
		12,000	8.4	8.931	0.0028	0	0.0002	0.077	0.765	0	0.11	8.4	0.003	0	0	0.321
		10,000	7	7.443	0	0	0	0.0216	0	0	0	6.884	0	0	0	0.039
D	0.75	20,930	15.698	16.691	0.0082	0	0.0038	2.0949	0.765	0	0.84	15.698	0.013	0	0.013	5.815
		20,000	15	15.949	0.0082	0	0.0038	1.7374	0.765	0	0.84	15	0.013	0	0.013	5.243
		18,000	13.5	14.354	0.0082	0	0.0038	1.0523	0.765	0	0.84	13.5	0.013	0	0.013	3.88
		15,000	11.25	11.962	0.0077	0	0.0032	0.4017	0.765	0	0.84	11.25	0.013	0	0.011	1.661
		12,600	9.45	10.048	0.0057	0	0.0005	0.1615	0.765	0	0.15	9.45	0.007	0	0	0.672
		12,000	9	9.569	0.0029	0	0.0002	0.12	0.765	0.000	0.11	9	0.003	0	0	0.513
		10,000	7.5	7.974	0.0015	0	0	0.0396	0.765	0	0	7.384	0.001	0	0	0.117

**Tabla 8.** Resultados de la simulación de operaciones del sistema hidráulico Frecuencia de deficits y persistencia de cobertura según diferentes demandas

ALTERNAT.	MODULO DE RIEGO (I/s-ha)	AREA (ha)	DEMANDA DE RIEGO EN PAMPA MAJES		FRECUENCIA DE DÉFICITS MENSUALES				PERSIST. DE COBERTURA DE LA DEMANDA				FREC. VOL. MAX.		TUNEL TERMINAL	
			NETA (m³/s)	BRUTA (m³/s)	RIO MAJES Y MARG. IZQ.	USO POBLAC.	RIO SIGUAS	PAMPA MAJES	RIO MAJES Y MARG. IZQ. (%)	USO POBLAC. (%)	RIO SIGUAS (%)	PAMPA MAJES (%)	EMB. CONDOROMA		Q prom. (m³/s)	Q95% (m³/s)
														(%)		
1	A 3	20,930	11.930	12.685	9	0	5	31	98.2	100.0	99.0	93.9	28	651	16.321	5.354
2		20,000	11.400	12.121	9	0	4	25	98.2	100.0	99.2	95.0	29	67.4	16.073	5.522
		18,000	10.260	10.909	7	0	3	16	98.6	100.0	99.4	96.8	31	72.1	15.531	6.171
4		16,580	9.451	10.048	5	0	2	11	99.0	100.0	99.6	97.8	34	79.1	15.125	6.011
5		15,000	8.550	9.091	3	0	1	7	99.4	100.0	99.8	98.6	36	83.7	14.702	5.969
6		12,000	6.840	7.273	0	0	0	2	100.0	100.0	100.0	99.6	38	88.4	13.902	4.855
7		10,000	5.700	6.061	0	0	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	39	90.7	13.405	3.927
1	B 3	20,930	12.558	13.352	9	0	6	42	98.2	100.0	98.8	91.7	26	60.5	16.580	2.802
2		20,000	12.000	12.759	9	0	5	32	98.2	100.0	99.0	93.7	26	60.5	16,353	5.348
		18,000	10.800	11.483	8	0	4	18	98.4	100.0	99.2	96.4	31	72.1	15.813	6.313
4		15,750	9.450	10.048	5	0	2	11	99.0	100.0	99.6	97.8	34	79.1	15.125	6.011
5		15,000	9.000	9.569	3	0	1	8	99.4	100.0	99.8	98.4	35	81.4	14.928	6.119
6		12,000	7.200	7.656	0	0	0	3	100.0	100.0	100.0	99.4	37	86.0	14.060	5.167
7		10,000	6.000	6.380	0	0	0	0	100.0	100.0	100.0	100,0	39	90.7	13.539	4.159
1	C 3	20,930	14.651	15.578	9	0	6	86	98.2	100.0	98,8	83.0	23	53.5	17.215	1.771
2		20,000	14.000	14.886	9	0	6	68	98.2	100.0	98.8	86.5	24	55.8	17.053	2.100
		18,000	12.600	13.397	9	0	6	44	98.2	100.0	98.8	91.3	26	60.5	16.594	2.744
4		15,000	10.500	11.164	7	0	3	16	98.6	100.0	99.4	96.8	31	72.1	15.662	6.167
5		13,500	9.450	10.048	5	0	2	11	99.0	100.0	99.6	97.8	34	79.1	15.125	6.011
6		12,000	8.400	8.931	2	0	1	6	99.6	100.0	99.8	98.8	36	83.7	14.628	5.972
7		10,000	7.000	7.443	0	0	0	3	100.0	100.0	100.0	99.4	37	86.0	13.973	4.959
1	D 3	20,930	15.698	16.691	9	0	6	105	98.2	100.0	98.8	79.2	22	51.2	17.445	1.515
2		20,000	15.000	15.949	9	0	6	91	98.2	100.0	98.8	82.0	23	53.5	17.294	1.589
		18,000	13.500	14.354	9	0	6	60	98.2	100.0	98.8	88.1	25	58.1	16.903	2.466
4		15,000	11.250	11.962	8	0	4	24	98.4	100.0	99.2	95.2	29	67.4	16.005	5.880
5		12,600	9.450	10.048	5	0	2	11	99.0	100.0	99.6	97.8	34	79.1	15.125	6.011
6		12,000	9.000	9.569	3	0	1	8	99.4	100.0	99.8	98.4	35	81.4	14.928	6.119
7		10,000	7.500	7.974	1	0	0	4	99.8	100.0	100.0	99.2	37	86.0	14.192	5.484

consideradas en la Primera Etapa, para cualquiera de los hidromódulos utilizados, obteniéndose siempre persistencias superiores al 78 %. Sin embargo, ante la posibilidad de desarrollar una mayor área de riego, se determinó el área que puede ser abastecida considerando solo este criterio, obteniéndose que sería posible satisfacer la demanda de entre 22,493 y 29,596 ha, según los diferentes hidromódulos analizados, tal como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9:** Diferentes áreas por hidromódulos de Riego.

Hidromódulo (l/s-ha)	Área (ha)
0.57	29,596
0.6	28,117
0.7	24,100
0.75	22,493

### 3.2.2 Criterio del Water and Power Resources

Los déficits máximos acumulados en diez años consecutivos, para los diferentes hidromódulos, excederían el 100 % de la demanda anual para 17,800; 17,000; 14,500 y 13,600 ha para los hidromódulos de 0.57, 0.60, 0.70 y 0.75 lt/seg./ha respectivamente.

La aplicación del criterio de déficit máximo acumulado en 2 años, resulta menos restrictivo que el criterio anterior, pues según éste, sería posible abastecer: 20,930; 20,300; 17,300 y 15,900 ha para los diferentes hidromódulos considerados, sin que el déficit acumulado en 2 años exceda el 75 % de la demanda anual. Los déficits máximos permisibles en 1 año, resultan ser los limitativos para la ampliación del área a servir en las Pampas de Majes, así solo sería posible abastecer hasta 16,580; 15,750; 13,500 y 12,600 ha según los diferentes hidromódulos empleados, sin que el déficit anual exceda el 50 % de la demanda anual.

El Cuadro 11, muestra las áreas que podrían ser servidas por el sistema, aplicando los criterios deficit establecidos.

**Tabla 11:** Área servida según los diferentes criterios de déficits (ha).

HIDROMODULOS (l/s-ha)	CRITERIOS DE DEFICITS			
	75 % DE PERSISTENCIA A	MAXIMO PORCENTAJE DE DEFICITS ACUMULADOS		
		EN:		
		1 Año	2 Años	10 Años
0.57	29,596	16,580	20,930	17,800
0.6	28,117	15,750	20,300	17,000
0.7	24,100	13,500	17,300	14,500

## 4. Conclusión

1.- La disponibilidad de agua encontrada en las estaciones de Condorama, Tuti y Pitay al 75% de persistencia fueron de 2.70, 3.79 y 2.37 m<sup>3</sup>/seg; y al 95% de persistencia de 1.56, 2.24 y 1.59 m<sup>3</sup>/seg respectivamente.

2.- La demanda de agua con fines agrícolas para las

Bajo este criterio, se lograría cubrir satisfactoriamente una demanda agrícola neta de 16.87 m<sup>3</sup>/s. (equivalente a una demanda bruta de 17.937 m<sup>3</sup>/s) en las Pampas de Majes y en todos aquellos sectores donde son requeridas demandas de diversos usos.

El la Tabla 10, muestra los caudales al 75% y 95% que serían disponibles en las Bocatomas Tuti y Pitay.

**Tabla 10.** Persistencias según criterio de cobertura de demanda al 75% y 95%.

SECCION	Q 75%	Q 95%
Bocatoma Tuti	14.593	1.402
Bocatoma Pitay	17.962	1.612

20,930 ha. en las Pampas de Majes establecidas para la primera etapa del Proyecto, utilizando los hidromódulos de 0.57, 0.60, 0.70 y 0.75 l/seg-ha. Son respectivamente 11.930, 12.558, 14.651 y 15.697 m<sup>3</sup>/seg.

3.- De acuerdo con el criterio de cobertura de demanda con una persistencia del 75 % en tiempo y con los análisis realizados, sería factible regar las 20,930 ha. en las Pampas de con los hidromódulos establecidos

### Recomendaciones

1. Realizar este tipo de estudios en los diferentes sistemas regulados que existen en el país, similares a Majes-Siguas.
2. Respecto a las eficiencias de riego es recomendable implementar riegos a presión, preferentemente por goteo con el fin de elevar las eficiencias a un 75% a 80% con el fin de hacer más eficiente el uso del agua para los diferentes fines del proyecto.
3. Con los resultados obtenidos del estudio, proponer a la Jefatura de la Autoridad Autónoma de Majes AUTODEMA, proceder a realizar la ampliación de las áreas cultivadas en la Primera Etapa del proyecto.

## 5. Referencias bibliográficas

- Agüero Valencia, I. 1989. Estudio hidrológico del proyecto de irrigación Cajabamba – Presa Totora-Cajamarca-Tesis de Ingeniero-UNALM.
- Aliaga Araujo y de Pierola N. 1979. "Análisis de consistencia de series hidrometeorológicas", Departamento de Recursos de Agua y Tierra, Publicación N°65, UNA La Molina, Perú.
- Aparicio M. F. 1997. Fundamentos de Hidrología de Superficie – Editorial LIMUSA S.A – México – 6<sup>ta</sup> Edición
- Amisial R. A. 1982. Disponibilidades de agua superficial. CIDIAT. Mérida Venezuela.

- Car, D. P. y Underhill, H.W. 1974. Los métodos de simulación en el aprovechamiento de los recursos hídricos .Estudios sobre riego y avenamiento riego y avenamiento N° 23 FAO.
- Chow V. Maidment D. R. Mays L. R. 1994. Hidrología aplicada. Editorial Mc. CRGW HILL, Bogota – Colombia – 1<sup>era</sup> Edición
- Colorado State University, For Collins, 1967.
- Yevjevich V.M. 1964.
- Doorembos, J. Pruitt 1977. Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper food and Agriculture Organization o the United Nations-Roma.
- Dourojeanni AXEL Setiembre 1978. Boletín Técnico N°19; Análisis de sistemas y la Operación de Sistemas Hídricos.
- Espinoza V. 1976. Balance Hidrológico entre las disponibilidades y las demandas de agua de riego.
- Esquivés Villegas, G. 1993. Modelos de predicción aplicados a las descargas del río Vizcachas – Moquegua - Tesis de Ingeniero-UNALM.
- García Yokota, C. 1981. Simulación de Operaciones del sistema Hidrográfico en la Cuenca alta del río Cajamarca.
- Huanca Velarde, L. 1996. Evaluación del los Excedentes de agua de la Cuenca del río Lurin y posible regulación para la ampliación de la frontera agrícola - Tesis de Ingeniero-UNALM.
- Kohler M.A. Mayo 1949., Double-Mass analysis for testing the consistency of records and for Making Required Adjustments, Bull Am. Meteorol. soco vol. 30 p.188 – 189.
- Linsley R. Kohler M. Paulhus J. 1993. Hidrología para Ingenieros. Editorial Mc. GRAW-HILL / Interamericana de Mexico S.A.
- Luque, J. A.; J. D. Paoloni 1974. Manual de Operación de riego. Programación Operación a nivel de Distrito y Parcela, Manejo de áreas bajo riego, 2° Edición.
- Molina G. M. 1975. Hidrología. Universidad Nacional Agraria - La Molina ,Lima – Perú.
- Ocampo Ochoa 1977. Estudio de simulación de operación del reservorio San Lorenzo Piura. Tesis de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.
- Osorio Guerra, P. 2004. Determinación del Caudal Máximo de Avenida con Fines de Diseño del Sistema de Drenaje de la Ciudad de Moyabamba, Tesis de Grado – UNALM.
- Remenieras, G. Tratado de Hidrología Aplicada, segunda edición, Maignón, 26-Barcelona-12 España.
- Sotero Sakuda, J. 1998. Una Transformación Estabilizadora de la Variancia en Series Cronológicas – Tesis de Ingeniero – UNALM.
- Salazar L. 1973. Disponibilidades de Agua Superficial – CIDIAT – Mérida – Venezuela.
- Secretaria General de Recursos Hidraulicos 1981.Normativo para la Formulación de los Planes de Cultivo y Riego – México.
- US Army Corps of Hydrologic Engineering Center, HEC 2001 Hydrologic Modeling System HEC – HMS; TECHNICAL Reference Manual. Editor Arlen D. Feldman.
- Vente Chow 1978. Handbook of applied Hydrology, Mc Graw-Hill Book Company, United States of América, cap.26-35.
- Water and Power. Resources SERVICE; Metodología para la formulación, selección, evaluación y priorización de pequeños y medianos Proyectos de Irrigación.
- Yevjevich, V January-1971. The Structure of Imputs and Outputs of Hydrologic Systems, United Stated Japan Bi-Lateral Seminer in Hidrology, Honolulu.