

Aplicación a un caso práctico

Metodología para el análisis del Retorno de la Inversión en Cubiertas Fijas para sombreado de Balsas de Regadío

La sequía es un fenómeno hidrológico extremo que puede definirse como una disminución coyuntural significativa de los recursos hídricos durante un periodo suficientemente prolongado que afecta a un área extensa generando consecuencias socioeconómicas adversas.

El sector agrícola es el mayor consumidor de agua, con el 65% del total, debido no sólo al aumento de la explotación agrícola, sino también a la ausencia de sistemas de riego eficientes.

Almacenar agua en depósitos y balsas artificiales es una de las soluciones más empleadas para guardar agua de riego, para ser empleada en los meses secos.

Sule Douhri • Licenciado en Ciencias Económicas. Jefe de Producto ATARSUN. ATARFIL S.L.

José Marqués • Doctor Ingeniero Industrial. Responsable Técnico Comercial. ATARFIL S.L.



pectiva. Actuando sobre la construcción masiva de balsas de regadío, por parte de los propios agricultores, y a través de la adopción de técnicas específicas destinadas a reducir la evaporación de agua en las balsas existentes.

Una de las técnicas más prometedoras consiste en la implantación de mallas de sombreado de materiales ligeros y porosos, mediante estructuras flexibles de bajo coste, y que permiten reducciones de evaporación de hasta un 80%.

El ahorro de agua, y costes, obtenido mediante estos sistemas, junto con los elevados precios que esta alcanzando el agua de riego, justifica la viabilidad económica de la aplicación de esta técnica en los cultivos.

El presente artículo presenta una metodología para la determinación y cálculo del Retorno de la Inversión (ROI) de esta técnica, aplicándola al estudio del caso de una balsa localizada en el sur de la región de Murcia.

Introducción

La pérdida de agua por evaporación en balsas de regulación de riego es un problema que en zonas áridas, como en la cuenca mediterránea, puede llegar a ser de notable importancia económica y social. Sirva como dramático ejemplo, que las pérdidas por evaporación, en balsas descubiertas y expuestas a la intemperie, en la zona de Murcia, oscilan entre 1.600 y 2.000 mm, lo que equivale a un total de 60 hm³ de agua evaporada.

La reducción de las pérdidas de agua por evaporación debe enfocarse desde una doble pers-

Descripción de la metodología de estudio del ROI

El cálculo del ROI para éste o cualquier otro entorno, exige determinar inicialmente las variables que determinan la estructura de costes e ingresos del elemento estudiado.

En el caso de las balsas de regadío, resulta imprescindible determinar las variables de funcionamiento de la balsa. Esto es, las cantidades

de agua almacenadas, las aportaciones externas y los flujos salientes de agua, desde la balsa.

Por otro lado, resulta imprescindible determinar la evolución de estas variables, a lo largo del tiempo, y su influencia en las condiciones de salinidad de las aguas almacenadas en la balsa. Será a partir de estos parámetros, cuando estemos en disposición de calcular cuales son los costes de operación de la balsa, y los ingresos obtenidos.

Evidentemente, este análisis, de naturaleza comparativa, debe ser acometido con la balsa a la intemperie y con la misma cubierta con malla de sombreado.

De este modo, tendremos las siguientes variables, indicadas en la **Figura 1**.

Como se indica en dicha Figura, tenemos los siguientes flujos de agua en la balsa:

Q_e : caudal de entrada a la balsa, aportado desde fuentes externas

Q_{ll} : caudal de entrada a la balsa, procedente de lluvias, nieve y granizo.

Q_s : caudal de salida, empleado para el regadío

Q_{ev} : agua perdida por evaporación

Q_p : pérdidas de agua ajenas a la evaporación (fallos en la impermeabilización, robos, etc).

Mediante la aplicación de un sencillo balance de materia a la balsa es posible determinar la variación de agua que se produce en ella:

$$(Q_e + Q_{ll}) = (Q_s + Q_{ev} + Q_p) + A \quad [1]$$

donde A es la acumulación (positiva o negativa) de agua en el interior de la balsa. A partir de esta acumulación, y teniendo en cuenta el volumen inicial de agua almacenada, es posible determinar el volumen en cada momento en la balsa de regulación.

Una vez determinada la variación del nivel de agua almacenada, a lo largo del tiempo, es posible determinar el nivel de salinidad de dicho agua. Este factor resulta crítico a la hora de evaluar el ROI del sistema, pues condiciona el rendimiento del cultivo. Mayores salinidades del agua de regadío empleada, suponen menores rendimientos del cultivo regado.

El cálculo de dicha salinidad se basa en la aplicación de un nuevo balance de materia, esta vez sobre las sales presentes en el agua:

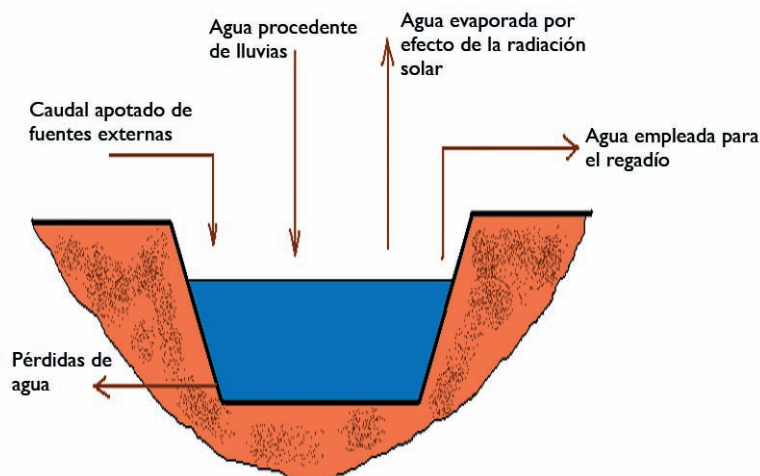
$$S = \frac{V_0 S_0 + Q_e S_e}{V_0 + A} \quad [2]$$

$$1 + \frac{Q_p + Q_s}{V_0 + A}$$

donde S es la salinidad del agua almacenada, medida en gr/m^3 , V_0 es el volumen inicialmente almacenado en la balsa (m^3), S_0 es la salinidad del agua inicialmente almacenada, S_e la salinidad del caudal aportado desde fuentes externas y Q_e , Q_p y Q_s son los caudales anteriormente mencionados.

En función del tipo de cultivo regado, existirán unos niveles de salinidad a partir de los cuales disminuye el rendimiento del culti-

Figura 1.
Resumen de flujos de agua en la balsa de regadío



ATARFIL, líder en el mercado europeo de fabricación de geomembranas termoplásticas presenta su

Sistema de Cubrición Fija ATARSUN

NUEVO!

El sistema ATARSUN está formado por una malla tejida de elevada resistencia que aloja en su interior un conjunto de cables o cintas para ser soportadas desde el perímetro de la obra. La malla cuenta con un muy alto porcentaje de sombreado, gran capacidad de evacuación de agua de lluvia y permite obtener una gran planeidad, así como una alta estabilidad frente al viento.

- Paneles de malla de gran anchura (> 5m)
- Sombreado superior al 97% con cualquier ángulo de incidencia
- Alta permeabilidad al agua de lluvia
- Adaptable a cualquier configuración de la balsa en planta y a cualquier tipo de remate perimetral que tenga (bordillo, valas, ...)
- Gran planeidad y estabilidad frente a viento
- Alta resistencia a la radiación UV y al envejecimiento por intemperie
- Facilidad de montaje, incluso posibilidad de automontaje por el cliente

Para Asistencia Técnica y Presupuesto económica, consúltenos:
ATARFIL S.L. Ctra. de Córdoba Km 429 - Complejo El Rey - 18230 ATARFE - GRANADA -
 Tel.: 902 439 200 Fax: 958 439 128
 www.atarfil.com
 comercial@atarfil.com

Tabla 1

Valores máximos de salinidad, según tipo de cultivo e impacto en el rendimiento del cultivo.

Planta	Valor máximo de CE * tolerable por la planta	Pérdida % de rendimiento (DP)
Cebada	8,0	5,0%
Algodón	7,7	5,2%
Remolacha	7,0	5,9%
Trigo	6,0	7,1%
Soja	5,0	20,0%
Olivo	4,0	
Melocotonero	3,2	18,8%
Arroz	3,0	12,2%
Tomate	2,5	9,9%
Alfalfa	2,0	7,3%
Patata	1,7	12,0%
Naranja	1,7	15,9%
Viña	1,5	9,5%
Pimiento	1,5	14,1%
Manzano	1,0	
Judía	1,0	18,9%
Fresa	1,0	33,3%

* CE: conductividad eléctrica medida (dS/m) a 25 °C

vo, dado que la planta regada no tiene suficiente capacidad para absorber dichas sales. Esta disminución, que depende del tipo de cultivo, tendrá un impacto directo en el rendimiento económico de la explotación.

Será necesario introducir el porcentaje de disminución de rendimiento en el cultivo, para evaluar fielmente el rendimiento real de dicho cultivo, cuando es regado con aguas excesivamente salinas. De este modo, se introducirá una nueva variable al estudio, que denominaremos DP, y que se expresará en %.

En la **Tabla 1** se muestran los valores de límite máximo de salinidad e impacto sobre rendimiento para diferentes tipos de cultivo:

Una vez tenemos claro los flujos de materia, aplicados al agua y a las sales, estamos en disposición de calcular los flujos de coste e ingreso relacionados con la operación de la balsa:

C_e: coste del agua procedente de fuentes externas

C_{ev}: coste del agua evaporada, evaluada al mismo precio que el agua procedente de fuentes externas.

C_p: coste del agua perdida, evaluada al mismo precio que el agua procedente de fuentes externas.

RT: rendimiento económico, teórico, del agua saliente, empleada para el riego.

RE: rendimiento real del agua saliente, empleada para el riego.

El rendimiento económico teórico RT, debe ser evaluado con datos obtenidos de explotaciones reales, teniendo además en cuenta las pérdidas de productividad comentadas anteriormente.

El rendimiento real RE será el teórico, RT, disminuido en el porcentaje de DP que corresponda al cultivo analizado.

Para obtener una foto completa de la estructura de costes, será necesario, además, introducir el coste mensual correspondiente al mantenimiento y limpieza de la balsa. Dicho coste, aunque no representa una parte significativa del total, debe ser introducido pues será una variable decisoria más a la hora de abordar un proyecto de cubrición de balsas. Denominaremos dicho coste con las siglas Cm.

Finalmente, el análisis terminará con el cálculo de los márgenes brutos de explotación, calculados del modo siguiente:

$$Margen = RE - (C_e + C_{ev} + C_p + C_m) \quad [3]$$

Este margen incorpora, únicamente, los costes derivados del agua, sin tener en cuenta ningún otro coste derivado de la explotación de la balsa (energía, materia prima, etc.).

El análisis deberá ser llevado a cabo tanto en la situación de balsa expuesta, (ver **Tabla 2**) como en la de balsa cubierta (ver **Tabla 3**). De la comparación de márgenes brutos, en ambos escenarios, e introduciendo la inversión necesaria para acometer la cubierta, será posible determinar los plazos de tiempo necesarios para recuperar económicamente dicha inversión.

Caso de estudio: pequeña balsa en el municipio de Cartagena (Comunidad Autónoma de Murcia)

A modo de ejemplo ilustrativo, se ha aplicado el análisis anteriormente expuesto al caso descrito a continuación:

Localización geográfica: Campo de Cartagena.

Dimensiones:

Ancho de la balsa, en cresta: 50 metros

Largo de la balsa en cresta: 50 metros

Profundidad de la balsa: 7 metros

Inclinación del talud: 1V/1H

Volumen real ocupado de la balsa: 90% del total (11.957,40 m³)

Características del agua:

Salinidad del agua inicialmente almacenada:

1,2 dS/m

Salinidad del agua aportada, procedente de fuentes externas: 1,2 dS/m

Salinidad del agua de lluvia: 0 dS/m

Tipo de cultivo:

Cultivo: pimiento

Salinidad máxima admisible: 1,5

Pérdida de rendimiento: 14,1%

Pluviométrica de la zona: media anual de 300 mm

Periodos de cultivo: 3 ciclos de cultivo, distribuidos del modo siguiente:

EFE AGRO

Servicios de información agroalimentaria



Agrovia.com

Consulte gratuitamente nuestra web en abierto

Servicios de Pago

Información agropecuaria

Cereales y ganado

Frutas y hortalizas

Vinos y bebidas

Desarrollo Rural

Gastronomía

Información a la carta



Contacte con nosotros en agro@efe.es o 913467371

1^{er} ciclo: finales septiembre hasta primera quincena de enero del año siguiente.

2^o ciclo: segunda quincena de enero hasta finales del mes de junio.

3^{er} ciclo: principios del mes de julio hasta la primera quincena del mes de septiembre.

Volumen de cultivo anual: 160.000 kg

Precios del agua: 0,30 euros/m³

Precio medio de venta del pimiento:

0,98 euros /kg

Rendimiento teórico del cultivo:

9,52 euros /m³

Cantidad de agua de regadío necesaria:

12.320,70 m³/ha

Terreno cultivado: 10.000 m² (1ha) de cultivo, en invernadero multitunel.

Para acometer el cálculo del ROI, se ha estimado la inversión necesaria para cubrir, con malla de sombreado,

introduciendo no solo el coste de la propia malla, sino también el de todos los componentes adicionales necesarios (cables, sistemas de anclaje y mano de obra). Se ha estimado, que para esta balsa sería necesario invertir una cantidad aproximada de 22.000 euros, empleando la malla de sombreado ATARSUN, de ATARFIL.

El cálculo del ROI se ha llevado a cabo partiendo de una base anual, y con cálculos mensuales, para las diferentes variables estudiadas. (Ver Tablas 2 y 3)

Como se aprecia en las tablas, se han aplicado los flujos de materia al agua y las sales, mes a mes, y teniendo en cuenta distribución constante para las aguas de lluvia, la evaporación, las pérdidas y las aguas sacadas de la balsa para el regadío. El agua de evaporación se ha supuesto cinco veces la correspondiente a la de lluvia. Diversos estudios argumentan que el nivel de evaporación esta en torno a 1.500 mm, que es cinco veces la pluviometría anual media de 300 mm, anteriormente indicada.

En cuanto a las aportaciones de agua a la balsa, procedentes de fuentes externas, se han considerado dos únicas aportaciones, en los meses en los que, por los flujos de entrada y salida correspondientes, el volumen acumulado en la balsa no es el suficiente.

A la vista de estos dos escenarios, es posible calcular que la ganancia derivada de la instalación de la cubierta, supone unos ingresos diferenciales de alrededor de 6.000 euros. Sin embargo, resulta aún mucho más significativo el hecho de que el ahorro de agua alcanza la nada desdeñable cantidad de 3.000 m³. Es decir, un 25% del total de volumen ocupado de la balsa. Por otro lado, y teniendo en cuenta la inversión necesaria en el sistema de sombreado, serían necesarios tan solo cuatro años para amortizar por completo dicha inversión, obteniendo a partir del quinto año un beneficio extra gracias al sombreado.

Conclusiones

Gracias a la metodología presentada en este artículo resulta moderadamente sencillo evaluar la estructura de costes real, y relacionada con el agua, existentes en una explotación agrícola, que se sirva de balsas de regulación de regadío.

Caudal entrada normal	Qe (m ³)
Caudal entrada por lluvia	Qell (m ³)
Caudal salida riego	Qs (m ³)
Caudal pérdidas evaporación	Qev (m ³)
Caudal pérdidas (otras)	Qp (m ³)
Acumulación	A (m ³)
Volumen de agua en la balsa	V (m ³)
Salinidad del agua en balsa	Sv (gr/m ³)
Salinidad del agua en balsa	Sv (dS/m)
Coste del agua de entrada normal (0,3)	Ce (€)
Coste del agua evaporada (0,3)	Cev (€)
Coste del agua perdida (otras causas) (0,3)	Cp (€)
Coste de mantenimiento de la balsa	Cm (€)
Rendimiento teórico del agua salida riego (9,52)	RT (€)
Disminución productividad por sales	DP (%)
Rendimiento real del agua salida riego	RE (€)
Disminución productiva por sales	DP (€)
Margen obtenido con el agua de la balsa	Margen (€)

A partir de la evaluación de los flujos entrantes y salientes de agua, de las cantidades de sales presentes en dichos flujos, y de los costes del agua, es posible calcular el margen económico obtenido del agua empleada, con y sin sistema de sombreado.

Evidentemente, el análisis aquí presentado introduce multitud de suposiciones y simplificaciones. Sin embargo, estas no desvirtúan la calidad de los resultados, pero si ayudan a una más fácil construcción del esquema de cálculo, y de su interpretación.

Caudal entrada normal	Qe (m ³)
Caudal entrada por lluvia	Qell (m ³)
Caudal salida riego	Qs (m ³)
Caudal pérdidas evaporación	Qev (m ³)
Caudal pérdidas (otras)	Qp (m ³)
Acumulación	A (m ³)
Volumen de agua en la balsa	V (m ³)
Salinidad del agua en balsa	Sv (gr/m ³)
Salinidad del agua en balsa	Sv (dS/m)
Coste del agua de entrada normal (0,3)	Ce (€)
Coste del agua evaporada (0,3)	Cev (€)
Coste del agua perdida (otras causas) (0,3)	Cp (€)
Coste de mantenimiento de la balsa	Cm (€)
Rendimiento teórico del agua salida riego (9,52)	RT (€)
Disminución productividad por sales	DP (%)
Rendimiento real del agua salida riego	RE (€)
Disminución productiva por sales	DP (€)
Margen obtenido con el agua de la balsa	Margen (€)

La implantación de mallas de sombreado de materiales ligeros y porosos, mediante estructuras flexibles de bajo coste, permiten reducciones de hasta un 80%

Tabla 2

Valores máximos de salinidad, según tipo de cultivo e impacto en el rendimiento del cultivo.

Volumen inicial de la balsa	11957	m ³	Límite de productividad	1,5	dS/m
Salinidad del agua en balsa inicial	771	gr/m ³	Reproducción de productividad	14	%
Salinidad del agua de entrada a balsa	771	gr/m ³	Tipo de cultivo	Pimiento	

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Media anual
0	0	0	0	11957	0	0	0	11957	0	0	0	23914,80	1992,90
62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	750,00	62,50
2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	30000,00	2500,00
312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	312,5	3750,00	312,50
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	600,00	50,00
-2800	-2800	-2800	-2800	9157	-2800	-2800	-2800	9157	-2800	-2800	-2800	-9685,20	-807,10
9157,4	6357	3557,4	757,4	9915	7114,8	4315	1515	10672	7872	5072	2272		5714,80
787,90	787,90	787,90	787,90	779,58	787,90	787,90	787,90	779,58	787,90	787,90	787,90		786,51
1,23	1,23	1,23	1,23	1,21	1,23	1,23	1,23	1,21	1,23	1,23	1,23		1,22
0	0	0	0	3587	0	0	0	3587	0	0	0	7174,44	597,87
93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	1125,00	93,75
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180,00	15,00
480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	5760,00	480,00
23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	285600,00	23800,00
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	285600	23800
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23211	23211	23211	23211	19624	23211	23211	23211	19624	23211	23211	23211	271361	22613

Tabla 3

Valores máximos de salinidad, según tipo de cultivo e impacto en el rendimiento del cultivo.

Volumen inicial de la balsa	100	m ³	Límite de productividad	1,5	dS/m
Salinidad del agua en balsa inicial	770	gr/m ³	Reproducción de productividad	14	%
Salinidad del agua de entrada a balsa	770	gr/m ³	Límite de productividad	80	%

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Media anual
0	0	0	0	11957	0	0	0	11957	0	0	0	23914,80	1992,90
62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	750,00	62,50
2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	30000,00	2500,00
62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	62,5	750,00	62,50
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	600,00	50,00
-2550	-2550	-2550	-2550	9407	-2550	-2550	-2550	9407	-2550	-2550	-2550	-6685,20	-557,10
-2450	-5000	-7550	10100	-692,6	-3243	-5793	-8343	1065	-1485	-4035	-6585		-4517,60
771,43	771,43	771,43	771,43	771,43	771,43	771,43	771,43	771,43	771,43	771,43	771,43		771,43
1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20		1,20
0	0	0	0	3587	0	0	0	3587	0	0	0	7174,44	597,87
18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	225,00	18,75
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180,00	15,00
96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1152,00	96,00
23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	285600,00	23800,00
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0 %
23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	23800	285600	23800
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23670	23670	23670	23670	20083	23211	23670	23670	20083	23670	23670	23670	276868,56	23072,38