



Quinto Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



FACTORES QUE INCIDEN EN EL DISEÑO DE REDES DE RIEGO

BENJAMÍN LARA LEDESMA, SONIA TATIANA SÁNCHEZ QUISPE Y CONSTANTINO DOMÍNGUEZ SANCHEZ

Fecha de presentación **19/septiembre/2019**
Mazatlán, Sinaloa, México



SINALOA
GOBIERNO DEL ESTADO



CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



AURPAES, S.C.
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



SADER
SECRETARÍA DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL



AMERD
ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS DE RIEGO Y DRENAJE A.C.



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



ANUR
ASOCIACIÓN NACIONAL DE
USUARIOS DE RIEGO, A.C.



**UNIVERSIDAD
DE LOS MOCHIS**





Contenido

- Introducción
- Metodología
- Planteamiento del problema
- Resultados
- Conclusiones



Introducción (1/7)

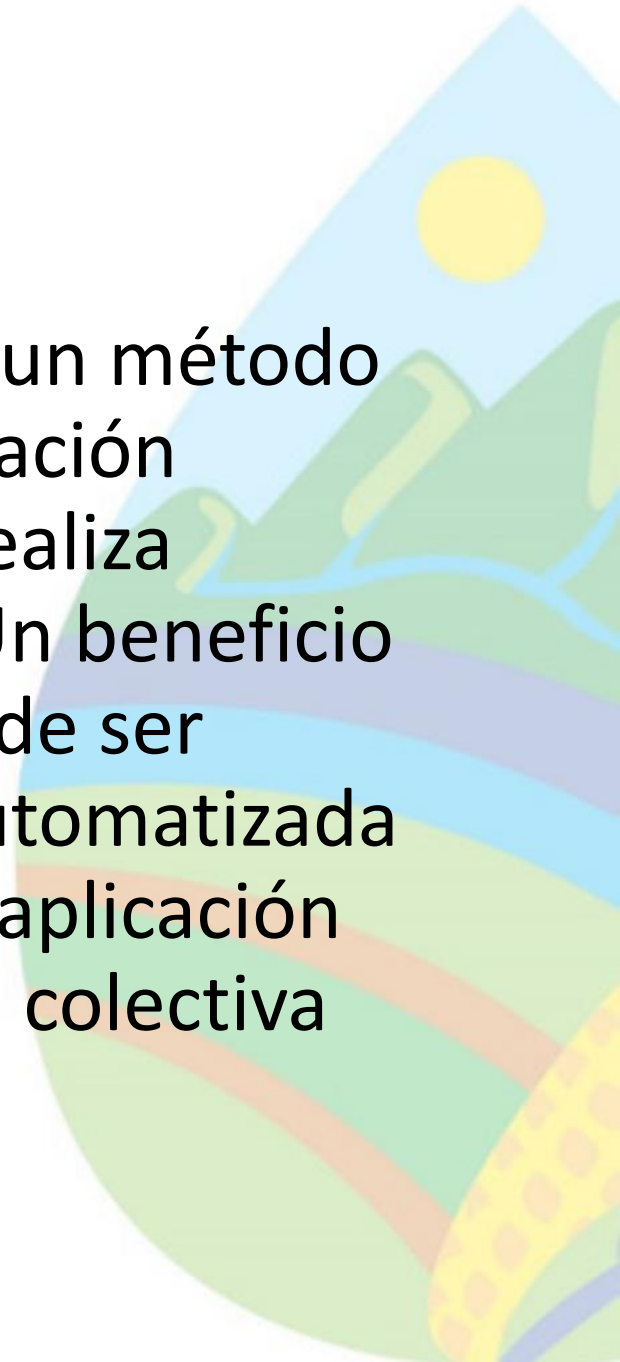
- La topología de las redes de riego es, en general, de tipo abierto, lo que en cierta medida facilita su diseño. Las tomas de riego son alimentadas por los diferentes ramales de la red y no suelen funcionar simultáneamente, de modo que los caudales circulantes en los ramales son más pequeños y el costo de la red puede resultar menor si se consideran estos caudales reducidos. Para disminuir dicho costo es posible diseñar bajo dos modalidades: aplicando la probabilidad de uso de las tomas (método de Clément) o el turnado de las mismas.

Introducción (2/7)

- La elección del turno en el que funcionará cada toma es muy importante, ya que de ello dependerá el costo propio de la red más el costo de operación de la misma, si es que funciona por bombeo. La optimización energética en este caso se refiere a que en cada turno sea consumida la misma energía. En este caso, si la red funciona por bombeo, cada turno necesitaría aproximadamente la misma altura de bombeo y con ello se evitaría el uso de un variador de velocidad. Para lograr lo anteriormente expuesto se presenta una expresión, función del caudal demandado por cada toma, ubicación del mismo con respecto al punto de alimentación y la cota de la toma.

Introducción (3/7)

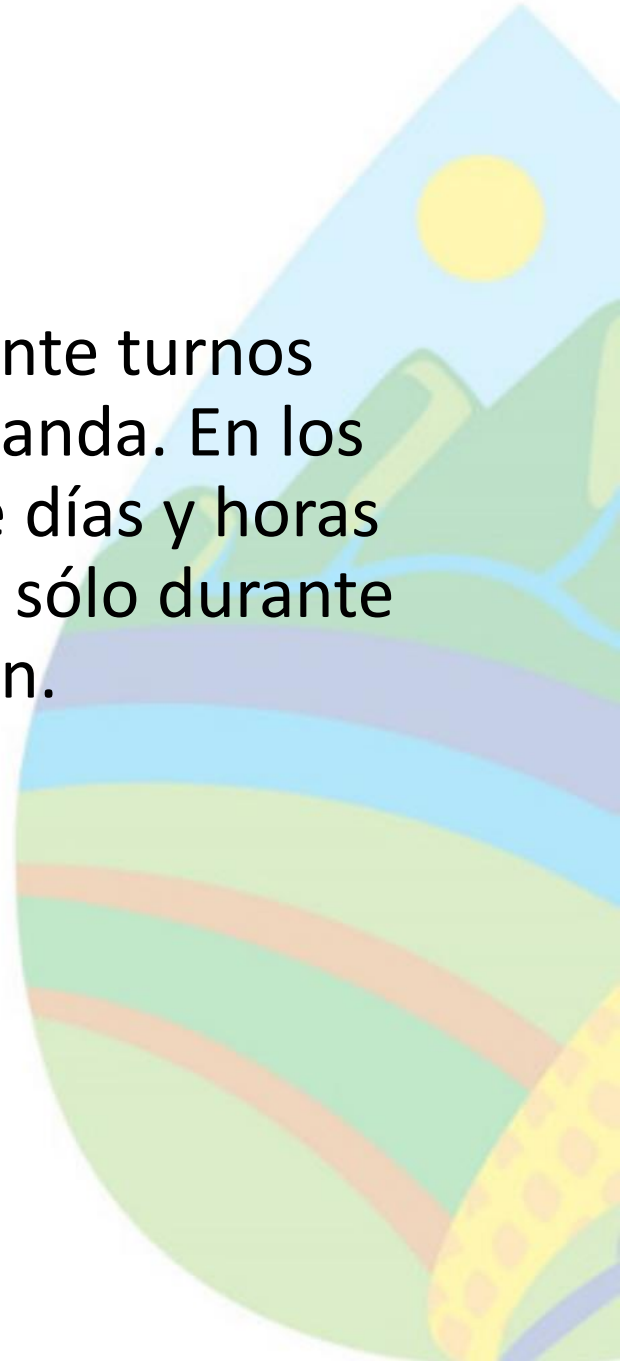
- La optimización energética se realiza empleando un método heurístico: el de algoritmos genéticos. La optimización económica para la elección de los diámetros se realiza empleando un método de programación lineal. Un beneficio adicional del método que se describe es que puede ser utilizado para mejorar la operación de una red automatizada ya existente y en funcionamiento. Se presenta la aplicación de esta metodología al diseño óptimo de una red colectiva de riego.





Introducción (4/7)

- Las redes colectivas pueden proyectarse para uso mediante turnos preestablecidos de riego o bien para utilización a la demanda. En los riegos por turno, se les indica a los usuarios durante que días y horas pueden disponer de la dotación fijada en los hidrantes y sólo durante esas horas pueden dar a sus cultivos el agua que precisan.



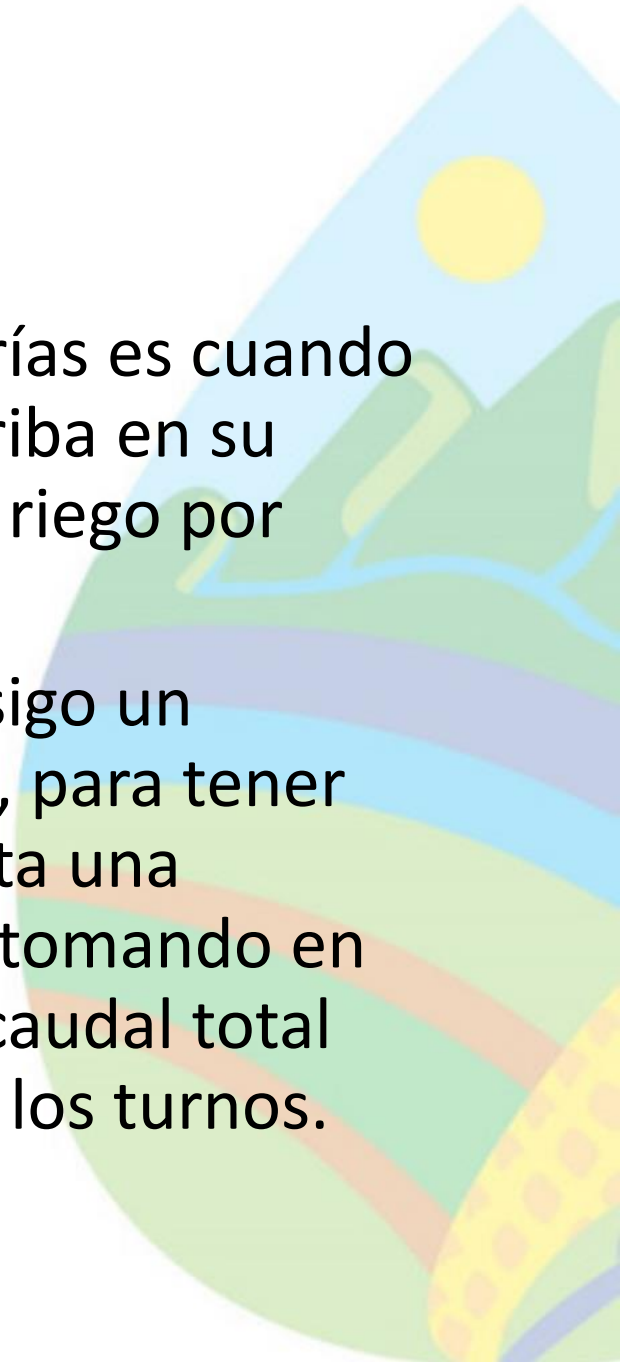


Introducción (5/7)

- Mediante el riego a la demanda el agua permanece a disposición del regante durante las 24 horas del día, sin más limitación que la modulación en el hidrante del caudal disponible.
- En el riego a la demanda los caudales circulantes por cada uno de los tramos de la red serán en todo instante una función aleatoria, ya que no está prefijado el número de tomas abiertas, ni el caudal que se deriva por cada una de ellas. Para determinar el caudal circulante por cada tramo se utiliza un método estadístico que permite eliminar todas aquellas combinaciones de consumo de muy pequeña probabilidad de ocurrencia. Entre todas las fórmulas estadísticas propuestas la que ha alcanzado un uso generalizado es la de René Clément.

Introducción (6/7)

- Para lograr la máxima ventaja de tener el agua por tuberías es cuando se implemente el riego a la demanda. Su desventaja estriba en su costo, relativamente más grande que cuando se tiene el riego por turnos.
- La elección de la modalidad de turnos de riego trae consigo un problema: distribuir adecuadamente los turnos de riego, para tener un diseño óptimo de la red colectiva. Por ello, se presenta una metodología para conseguir un diseño óptimo de la red tomando en cuenta el reparto equitativo en cada turno de riego del caudal total que circularía en ella, con un equilibrio energético entre los turnos.





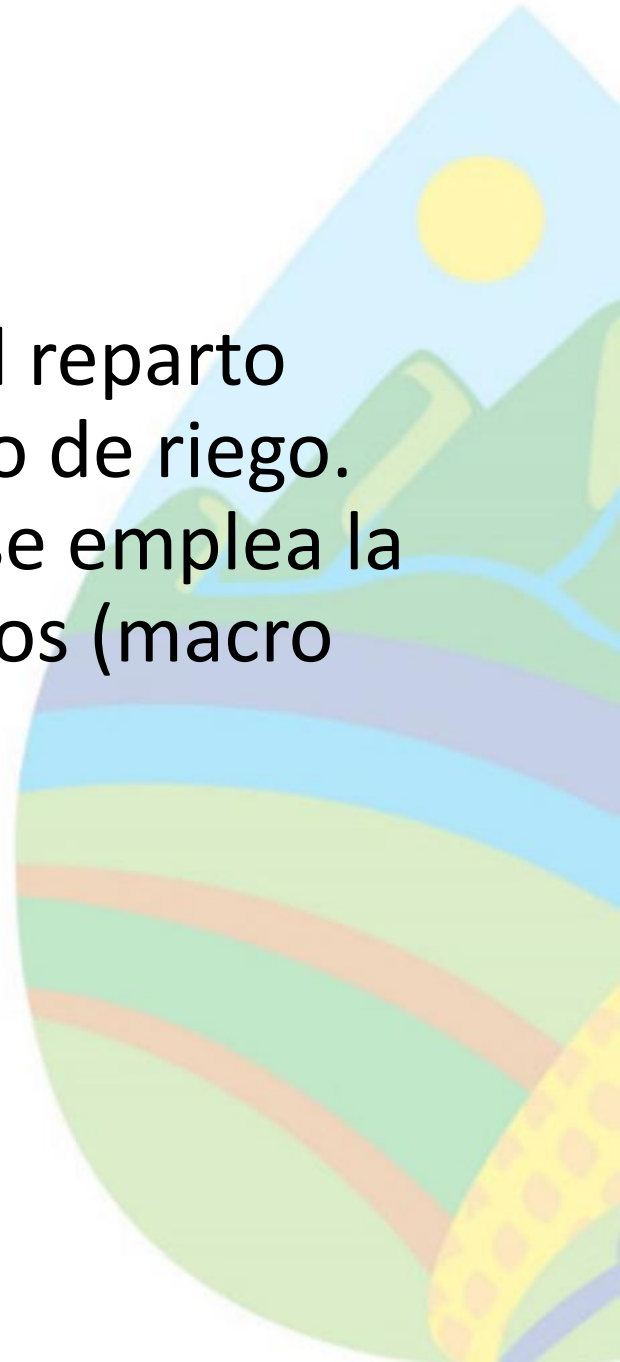
Introducción (7/7)

- En este artículo se propone el diseño de la red bajo la modalidad de riego por turnos.



Metodología (1/3)

- El diseño de la red de riego se realiza mediante el reparto equitativo, en lo posible, del caudal en cada turno de riego. Para realizar la agrupación óptima de los turnos se emplea la optimización heurística de los algoritmos genéticos (macro Evolver para Excel).

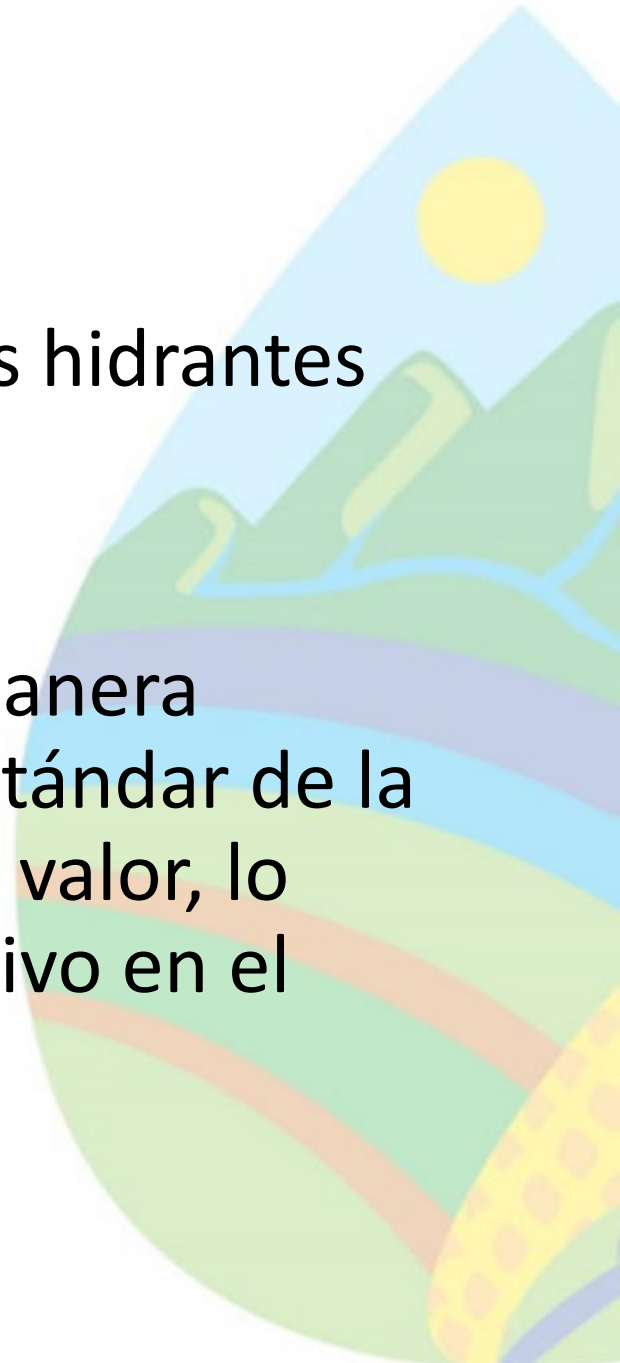




Metodología (2/3)

Para llevar a cabo una adecuada distribución de los hidrantes en cada turno, se utilizan los siguientes criterios:

1. El caudal total de la red debe de repartirse de manera equitativa en cada turno, para ello la desviación estándar de la suma de los caudales en cada turno debe tener un valor, lo más próximo a cero. Este factor es la función objetivo en el programa de optimización.



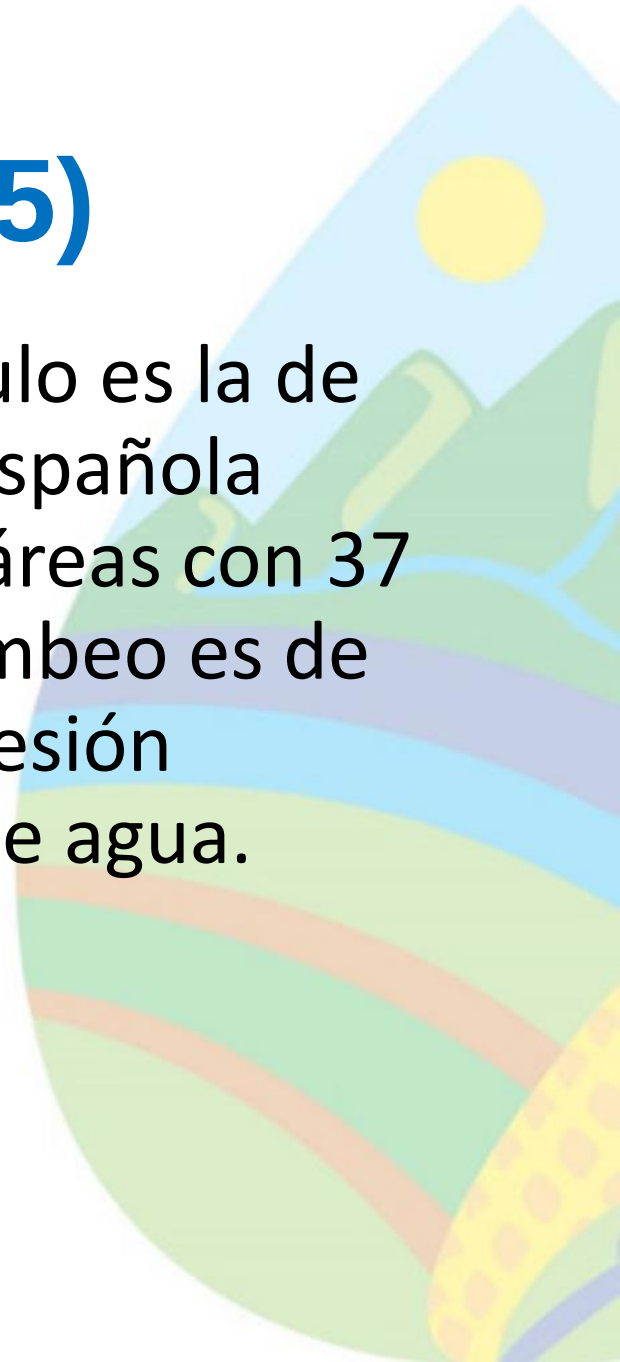
Metodología (3/3)

2. La restricción de la función objetivo es que también se debe cumplir que en cada turno de riego se tenga un equilibrio en el “factor energético, F_E ” de la red, por lo que la desviación estándar de este factor también debe aproximarse a cero. El factor energético para cada hidrante, está representado por la ecuación:

$$F_E = \frac{Q_H}{Q_{H \text{ máx}}} \frac{L_H}{L_{H \text{ máx}}} \left(\frac{Z_H - Z_B}{P_{T \text{ mín}}} + 1 \right)$$

Planteamiento del problema (1/5)

- La topología de la red que se utilizó en este artículo es la de una red real que se encuentra en una provincia española (Figura 1), la cual riega una superficie de 70 hectáreas con 37 hidrantes de riego. La elevación de la cota de bombeo es de 35 m sobre el nivel medio del mar; la carga de presión mínima de trabajo es de 25 metros de columna de agua.



Planteamiento del problema (2/5)

Topología de la red

A1		f _x TRAMO					
	A	B	C	D	E	F	G
1	TRAMO	NUDO INICIAL	NUDO FINAL	LONGITUD (m)	COTA (m)	SUPERFICIE (ha)	CAUDAL (m ³ /h)
2	1	0	1	20	37		
3	701	1	701	222	40	1,5	21
4	2	1	2	98	38		
5	702	2	702	20	40	3,2	45
6	30	2	30	175	41		
7	729	30	729	147	43	1,3	18
8	3	30	3	20	41		
9	703	3	703	20	43	1,9	26
10	4	3	4	46	43		
11	5	4	5	162	43		
12	704	5	704	68	43	2,0	28
13	6	5	6	30	43		
14	705	6	705	20	44	2,5	35
15	7	6	7	207	44		
16	8	7	8	154	45		





Planteamiento del problema (3/5)

Cálculo del factor energético

A51		f _x							
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Hidrante	Superficie	Longitud	Cota	Factor superficie	Factor longitud	Factor cota	Factor energético "Fe"	
20	718	2,3	1089	40	0,63	0,73	1,20	5,51	
21	719	2,2	462	44	0,61	0,31	1,36	2,57	
22	720	1,1	606	45	0,29	0,41	1,40	1,68	
23	721	1,5	692	47	0,41	0,47	1,48	2,84	
24	722	2,4	730	47	0,67	0,49	1,48	4,84	
25	723	1,4	976	46	0,37	0,66	1,44	3,52	
26	724	1,9	1129	48	0,53	0,76	1,52	6,11	
27	726	2,3	1023	45	0,63	0,69	1,40	6,04	
28	727	0,8	1125	43	0,22	0,76	1,32	2,15	
29	728	1,6	1155	44	0,43	0,78	1,36	4,56	
30	730	0,7	1170	41	0,20	0,79	1,24	1,91	
31	731	2,0	1278	40	0,55	0,86	1,20	5,66	
32	732	2,4	745	48	0,65	0,50	1,52	4,93	
33	733	2,0	796	50	0,55	0,54	1,60	4,70	
34	734	1,2	818	50	0,33	0,55	1,60	2,93	
35	735	2,7	1059	53	0,75	0,71	1,72	9,13	
36	736	2,1	1188	50	0,59	0,80	1,60	7,52	
37	737	2,8	1292	48	0,76	0,87	1,52	10,10	
38	725	1,4	1348	51	0,39	0,91	1,64	5,83	
39									
40		3,7	1487		Máximo				
41				35	Bombeo				
42									
43						Pt mín. =	25	m	
44									



Planteamiento del problema (4/5)

Asignación del turno

Constraint Definition

Description:

Constraint Type: ☐ Hard ☒ Soft (Penalty Function)

Constraint Format: ☒ Simple Range of Values ☐ Excel Formula

Cell Range: Max:

Penalty Function:

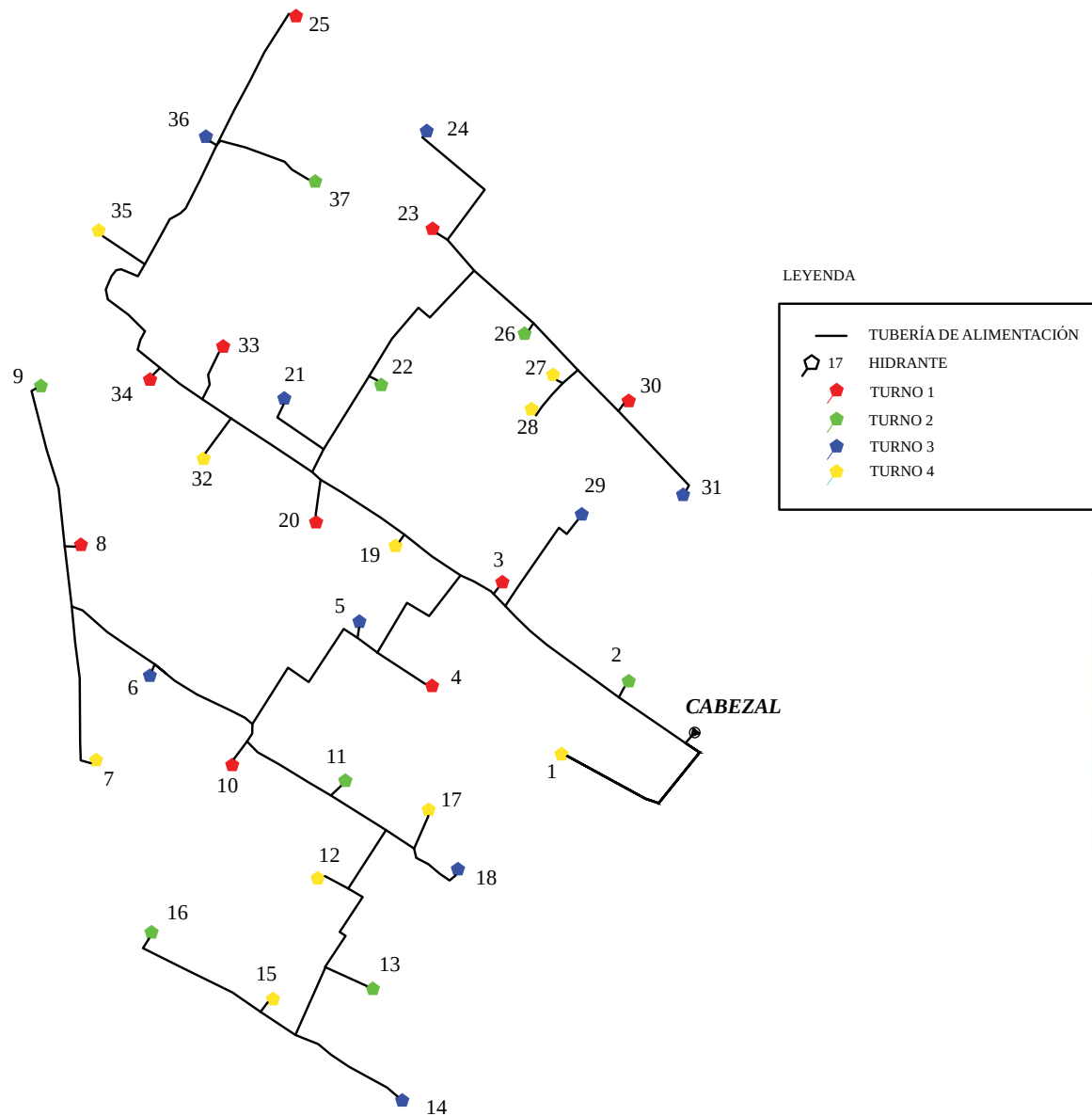
Help OK Cancel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	núm.	(ha)	(-)	del turno										
4	701	1,50	0,80	1										
5	702	3,22	0,98	2										
6	729	1,29	1,38	2										
7	703	1,86	1,51	1										
8	704	2,01	2,87	4										
9	705	2,51	3,58	3										
10	706	2,01	5,09	2										
11	707	1,93	6,32	4										
12	708	3,65	11,81	1										
13	709	2,08	8,37	2										
14	710	2,36	4,78	4										
15	711	1,86	4,17	4										
16	712	1,58	4,19	4										
17	713	1,07	2,95	1										
18	714	2,22	7,20	3										
19	715	1,50	4,77	3										
20	716	1,65	6,31	2										
21	717	1,50	3,89	3										
22	718	2,29	5,51	1										
23	719	2,22	2,57	3										
24	720	1,07	1,68	4										
25	721	1,50	2,84	1										
26	722	2,44	4,84	4										
27	723	1,36	3,52	1										
28	724	1,93	6,11	1										
29	726	2,29	6,04	3										
30	727	0,79	2,15	3										
31	728	1,58	4,56	4										
32	730	0,72	1,91	2										
33	731	2,01	5,66	2										
34	732	2,36	4,93	3										
35	733	2,01	4,70	2										
36	734	1,22	2,93	1										
37	735	2,72	9,13	2										
38	736	2,15	7,52	3										
39	737	2,79	10,10	4										
40	725	1,43	5,83	1										
41														



Planteamiento del problema (5/5)

Turnos elegidos
para el Diseño



Resultados (1/3)

Red diseñada	Costo (US\$/año)	Función objetivo (desv. estándar)
A mano	13 281	3.41
Red 1	13 009	0.07
Red 2	12 838	0.17
Red 3	12 900	0.07

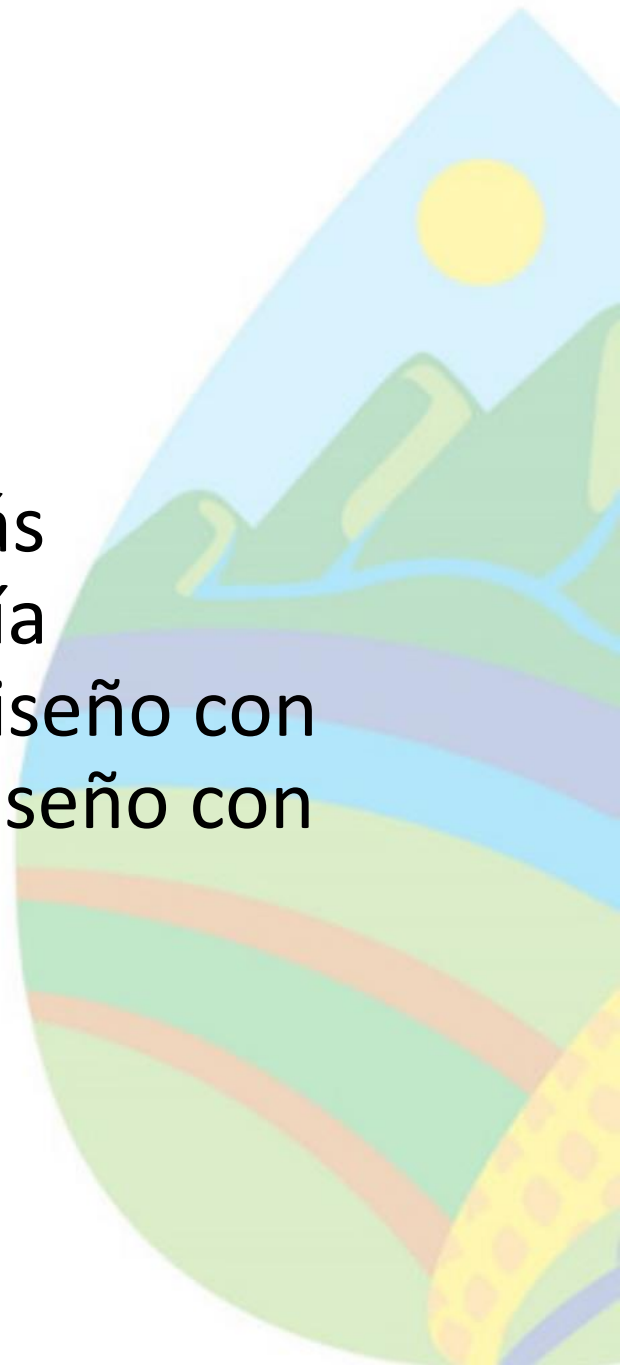


Resultados (2/3)

Metodología	Costo US\$/año
Propuesta	12 838
Clément	16 946
Caudales acumulados	20 412

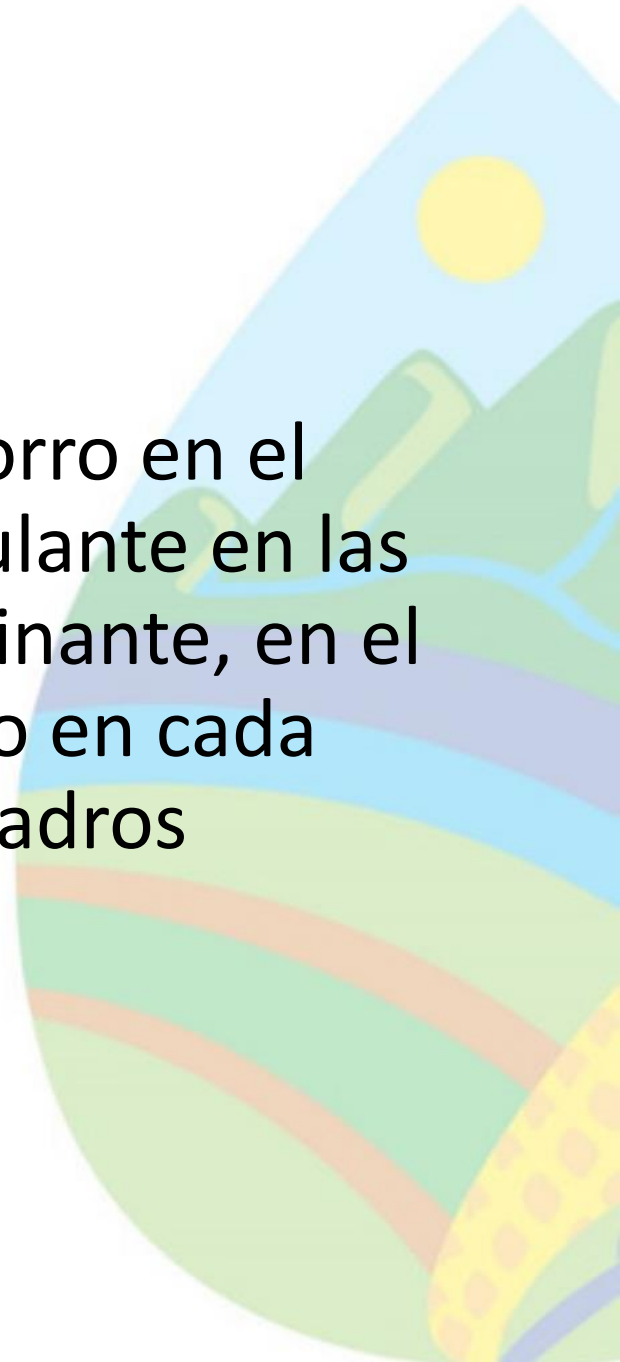
Resultados (3/3)

- Al analizar los resultados anteriores, el diseño más económico es el correspondiente a la metodología propuesta. El ahorro es de 59% con respecto al diseño con caudales acumulados y de 32% con respecto al diseño con caudales de Clément.



Conclusiones (1/3)

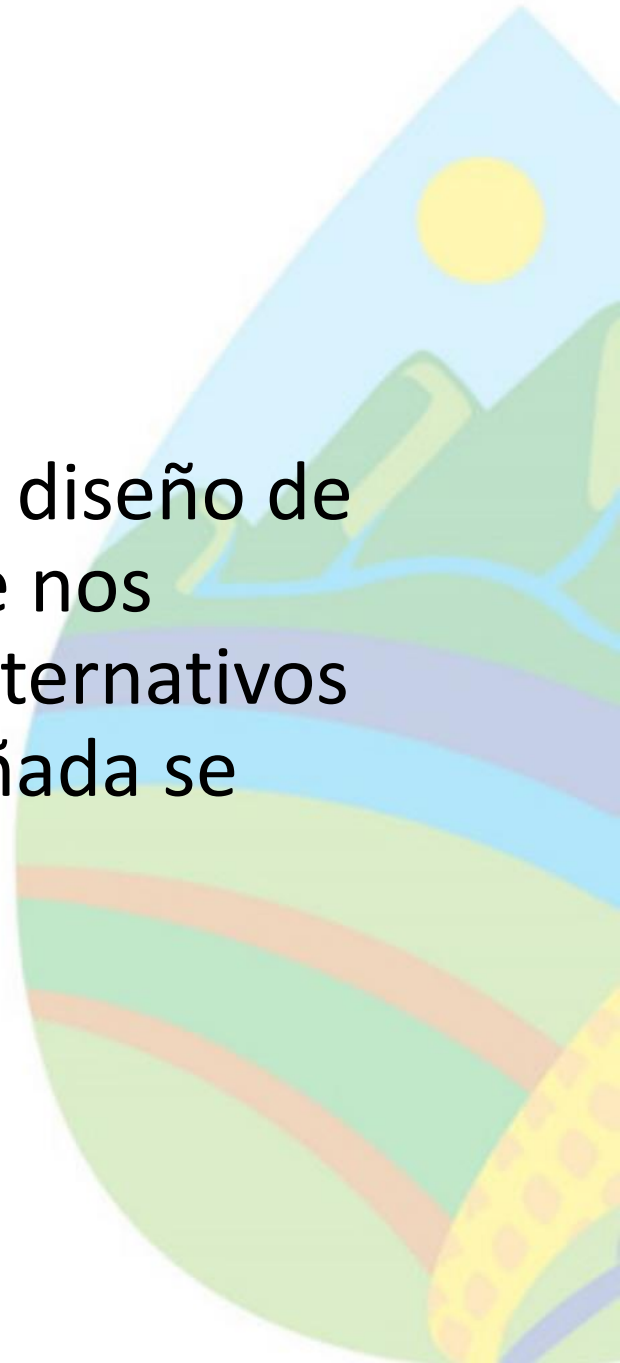
- Con esta metodología se logra un importante ahorro en el diseño de la red colectiva de riego. El caudal circulante en las líneas es el parámetro más importante, y determinante, en el diseño de la red, claro con el equilibrio energético en cada turno; como se refleja en los resultados de los cuadros anteriores.





Conclusiones (2/3)

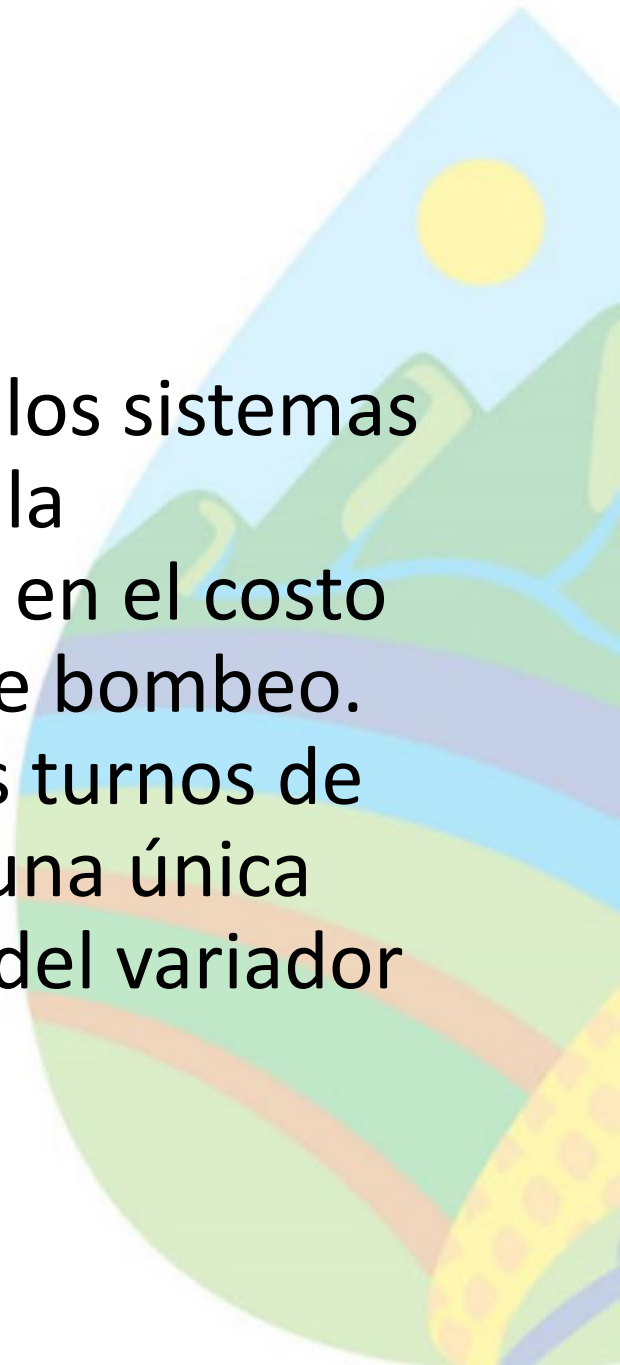
- La metodología descrita es de utilidad tanto en el diseño de la red como en la operación posterior, puesto que nos permite evaluar los posibles cambios de turnos alternativos que pueden ser factibles, una vez que la red diseñada se encuentra en operación.





Conclusiones (3/3)

- De acuerdo a las experiencias en la operación de los sistemas de riego existentes, que se diseñaron con riego a la demanda, se tienen serios problemas sobre todo en el costo de la energía eléctrica utilizada por los equipos de bombeo. Al existir el equilibrio energético en los diferentes turnos de la red, el equipo de bombeo puede trabajar con una única altura de bombeo y con ello se puede prescindir del variador de velocidad.



GRACIAS



Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Nacional de Productores Agrícolas de Agua
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.

Contacto

Benjamín Lara Ledesma*

Sonia Tatiana Sánchez Quispe

Constantino Domínguez Sanchez

Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo

*blarale@hotmail.com

