



EXPERIENCIAS DEMOSTRATIVAS SOBRE LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL USO DEL AGUA DE RIEGO, PARA REDUCIR EL GASTO ENERGÉTICO Y LAS EMISIONES DE GEI

Goñi Labat, M. (1), Puig Arrastia, J.(2), Ederra Gil, I. (3)

¹ Técnico de Sección de Proyectos y Obras Privados, División Riegos e Infraestructuras, INTIA, mgoni@intiasa.es

² Jefe de Sección de Proyectos y Obras Privados, División Riegos e Infraestructuras, INTIA, jpuig@intiasa.es

³Técnico de Sección de Asistencia Técnica a Explotación y Empresas Agrícolas, División ITG (Innovación, Tecnología y Gestion), INTIA, iederra@intiasa.es

Resumen

La elección de un marco de riego y el estudio de materiales que permitan reducir las pérdidas de carga de una instalación, de manera que se consiga reducir la demanda de presión y por tanto la factura eléctrica con la misma efectividad de riego es clave, teniendo en cuenta que su vida útil es mayor de 20 años. Esto supondrá un ahorro continuado en el tiempo de explotación de la instalación. Además de este factor energético, es crucial determinar la Huella de Carbono de las instalaciones de riego, así como establecer la comparativa de la Huella de Carbono de los materiales utilizados en los dos marcos de riego (18 x 15T vs 12 x 15T) con sus diferentes variantes de instalación.

1) Introducción, Objetivos

Una parte importante de las zonas que tienen implantados sistemas de riego a presión son dependientes de energía. El coste económico que supone este consumo, en aquellos regadíos dependientes de energía, es cada vez mayor, de hecho los costes energéticos han ido aumentando de manera constante durante los últimos años.

Por otra parte, el cambio climático sigue siendo una preocupación a nivel mundial para gobiernos, empresas y ciudadanos y es el cálculo de la Huella de Carbono la herramienta que da respuesta a los motivos de dicha modificación climática.

El objetivo general de este trabajo es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través de la reducción del gasto energético que supone una gestión sostenible del agua de riego. Se establecen tres ámbitos de estudio:

1.1.- Ámbito Parcela de Riego

Los objetivos principales de este ámbito son fundamentalmente tres; en primer lugar comparar los marcos de riego 18 x 15T vs. 12 x 15T en distintas condiciones de viento con el objetivo de determinar la uniformidad de riego de ambos y además realizar la comparativa entre los marcos de riego 18 x 15T vs. 12 x 15T desde el punto de vista económico y de materiales. La segunda parte consiste en obtener una clasificación energética del sistema de riego en función de los materiales empleados y finalmente se calcula la Huella de

Carbono de todos los materiales, así como de los marcos de riego estudiados en este ámbito.

1.2.- Ámbito Red Colectiva de Riego.

En este ámbito se estudia la repercusión, tanto desde el punto de vista económico como medioambiental, que tendría en el cálculo de una Red de Riego Colectiva el menor requerimiento de presión necesaria en cabecera de parcela, dato obtenido en el Ámbito Parcela.

1.3.- Ámbito Global

En este ámbito se relacionan todos los conceptos estudiados, tanto a nivel de parcela y de red colectiva de riego, con el objetivo de una vez contempladas las distintas variantes estudiadas poder determinar qué diseño global es el más eficiente desde el punto de medioambiental y poder determinar de esta manera la Huella de Carbono del conjunto.

2) Materiales y métodos

2.1.- Ámbito Parcela.

2.1.1.- Comparativa de marcos de riego 18 x15T vs 12 x 15T.

a) Análisis de Uniformidad de riego.

La comparación de marcos (18 x15T vs 12 x 15T) en función de la uniformidad de riego se realiza mediante ensayos de pluviometría. La experiencia consiste en instalar en un mismo sector de riego los dos marcos de riego y en cada uno de ellos colocar una malla de pluviómetros, una por cada marco de riego, con un espaciamiento entre los pluviómetros de dos metros. La superficie a abarcar con la malla es como mínimo la del marco de riego a estudiar. La duración del ensayo es de 1 hora, según la norma internacional ISO 7749-2. Cada 10 minutos se toman medidas de velocidad con la ayuda de un anemómetro.

Al colocar las dos mallas en un mismo sector de riego, los ensayos se realizan simultáneamente; de esta forma se consigue que la influencia del viento sea la misma para ambos marcos. Las presiones de prueba son de 25, 28, 30, 32 y 34 m.c.a. con 3 repeticiones para cada presión, excepto en el caso de presión de 30 m.c.a., para el que se realizaron 4 repeticiones debido a las condiciones de viento elevado en dos de los ensayos.

El tamaño de las boquillas de los aspersores utilizados varía según el marco de riego (Tabla 1).

Tabla 1. Características de los aspersores

	MARCO 12 X 15T	MARCO 18 X 15T
BOQUILLAS ASPERSOR CIRCULAR	3,5 mm y 2,4 mm	4,4 mm y 2,4 mm
BOQUILLA ASPERSOR SECTORIAL	3,5 mm	4 mm
PLUVIOMETRÍA	6,50 l/m2h	6,63 l/m2h

La uniformidad de riego se mide mediante el Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU).



Como software se ha utilizado la aplicación informática CATCH 3D (Sprinkler Catch Can overlap Program, Richard G. Allen, Biological and Irrigation Engineering Department. Utah State University, Logan, Utah U.S.A.).

b) Análisis económico y de materiales.

Para realizar esta comparativa se diseñan en total 144 ha, 72 ha con el marco de riego 12 x 15T y 72 ha con el marco de riego 18 x 15T. Las parcelas elegidas están ubicadas en la zona regable de la primera fase del Canal de Navarra. En total son 22 unidades de riego con superficies que van desde 5 ha hasta 10,5 ha.

Para el diseño del marco 12 x 15T se supone que se parte de una presión disponible en cabecera de 5 m.c.a. menos que para el marco 18 x 15T y las mismas condiciones de caudal en hidrante para ambos marcos.

El Software utilizado para el diseño hidráulico de las parcelas es el programa WCADI (Weizman-Computer Aided Design Irrigation).

2.1.2. - Clasificación energética

Para desarrollar este apartado se realizan ensayos de pérdidas de carga para diferentes materiales empleados en las instalaciones de riego en parcela:

Se prueban cuatro tipos de conexiones de hidrante:

- Conexión de PE Ø 110 PN 16 SDRM y Conexión de PE Ø 125 PN 16 SDRM.
- Conexión de calderería 3" y Conexión de calderería 4".

Y cinco tipos de nudos de válvulas:

- Nudo de válvulas de PE Ø 90 PN 16 SDRM, PE Ø 110 PN 16 SDRM y PE Ø 125 PN 16 SDRM
- Nudo de válvulas de calderería 3" y de calderería 4"

Estas pruebas se llevan a cabo en el Banco de Ensayo que la empresa AGUACANAL (Sociedad Concesionaria del la primera fase del Canal de Navarra) tiene instalado en la Zona regable del Canal de Navarra). Se ha seguido el mismo esquema de colocación que tiene lugar al acometer una cobertura de riego en parcela. Se colocan 2 manómetros de presión, uno aguas arriba de las conexiones/nudos y el otro manómetro aguas abajo y se va variando el caudal circulante desde 5 l/s hasta 34 l/s. Para cada tratamiento, se van anotando las medidas de presión. La diferencia entre estas dos medidas nos dará la pérdida de carga de la instalación.

2.1.3.- Cálculo Huella de Carbono

Para establecer la comparativa de la Huella de Carbono de los materiales utilizados en los dos marcos de riego a estudiar se calcula la huella de Carbono llamada "cradle-to-gate" (desde el nacimiento hasta la puerta), donde incluiríamos las emisiones aportadas desde la producción de las materias primas, su transporte desde el origen a la fábrica, el proceso de transformación, hasta la salida de fábrica.

El cálculo de la Huella de Carbono se ha realizado mediante la siguiente fórmula:



HC= Datos de actividad (unidad de masa, km...) x Emisión de CO₂ (CO₂ equivalente por unidad de actividad).

Para definir los datos de actividad, se calculan los kg de todos los materiales que intervienen en la instalación de riego, en unidad de kg/ha de riego instalada. Para ello, se seleccionan una muestra de materiales cuyas características son representativas de los materiales utilizados con distintas alternativas y variables en la instalación.

El análisis se realiza en una muestra de 22 unidades de riego, 144 ha, con superficies que van desde 5 ha hasta 10,5 ha. Estas unidades se estudian con los marcos de riego de 12 X 15T y 18x15T y la tipología de las parcelas elegidas se pueden considerar representativas de la zona regable del Canal de Navarra. Dentro de estos dos marcos se estudiarán también las distintas alternativas de materiales empleados en la instalación de riego.

Existen diferentes fuentes donde recopilar los factores de emisión de CO₂. En este estudio se utilizan los datos provenientes del banco BEDEC del ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña).

2.2.- Ámbito Red Colectiva de Riego.

Para el desarrollo de este apartado se analizan tres alternativas distintas para el diseño y funcionamiento de las redes colectivas, en cuanto al valor de consigna considerado en el hidrante (presión aguas arriba de hidrante).

- 54 m.c.a. en los hidrantes (Alternativa A). correspondiente al marco 18 x 15T.
- 49 m.c.a. en los hidrantes desfavorables de la red (Alternativa B)
- 49 m.c.a. en los hidrantes (Alternativa C). correspondiente al marco 12 x 15T.

La zona seleccionada es la zona regable del Canal de Navarra en su primera fase, con una superficie de 22.444 hectáreas (dato 2014). Se han estudiado 26 redes colectivas que suman 754 Km de tuberías y 3.621 hidrantes.

El Software utilizado es el paquete de simulación de sistemas presurizados de distribución de agua "GESTAR 2010 – PREMIUM", orientado al diseño y análisis de sistemas de riego mediante un interface gráfico. El simulador genera 1.000 escenarios aleatorios de hidrantes abiertos y cerrados, en el "diseño original" de la red, para un grado de simultaneidad de la demanda fijado en 30% y para las tres variantes de consigna de presión en hidrantes (alternativa A, B y C). El software simula el funcionamiento de la red, determinando las presiones disponibles en cada hidrante y encuentra los casos críticos que presentan alarmas (presión disponible inferior a la consigna en hidrante).

Con los datos del dimensionado de la red en las tres alternativas (A, B y C), se conseguirán resultados comparativos en cuanto a los siguientes apartados:

2.2.1. Cálculo de la Huella de Carbono

El cálculo de la Huella de Carbono de la red colectiva de riego se ha realizado al igual que en el apartado 2.1.3. mediante la siguiente fórmula:

HC= Datos de actividad (unidad de masa) x Emisiones de CO₂ (CO₂ equivalente por unidad de actividad).

Para definir los datos de actividad, se calculan los kilogramos de todos los materiales que intervienen en las redes de riego calculadas y diferentes alternativas. Este dato obtenido se referencia a kilogramos por hectárea (kg/ha) y los factores de emisión de CO₂ se obtiene del banco BEDEC del ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña).

2.2.2. Optimización económica

En este apartado se determina la repercusión económica que tendría el dimensionado de la red colectiva bajo las tres alternativas de presión descritas y el efecto económico que estas presiones de consigna supondrían en la factura eléctrica, año tras año.

2.3.- Ámbito Global

Para determinar la diferencia de emisiones de CO₂ que supondría diseñar toda una zona Regable con el marco de riego 12 X 15T respecto al marco 18x 15T se consideran tres factores:

2.3.1.- Variación de emisiones de CO₂ en instalación en parcela entre los dos marcos de riego.

$$\frac{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{ha}} \text{ para } 18 \times 15T - \frac{\text{kgCO}_2}{\text{ha}} \text{ para } 12 \times 15T}{\text{vida útil (30 años)}}$$

2.3.2.- Variación de emisiones de CO₂ en la red colectiva de riego entre las dos alternativas de presión.

$$\frac{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{ha}} \text{ para PC } 54 \text{ m.c.a.} - \frac{\text{kgCO}_2}{\text{ha}} \text{ para PC } 49 \text{ m.c.a.}}{\text{vida útil (30 años)}}$$

2.3.3.- Terminó energético. Variación en la altura de bombeo.

Para conocer el factor de conversión entre Kwh y Kg CO₂ se ha utilizado la Fuente del Observatorio de la Electricidad de WWF.

3) Resultados y discusión

3.1.- Ámbito parcela

3.1.1.- *Comparativa de marcos de riego.*

a) *Análisis de Uniformidad de riego.*

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en los ensayos. Para presiones en boquilla de 25 m.c.a. se observa que el CU da valores más altos para el marco de riego 12 x 15 T tanto en presencia como en ausencia de viento. Con vientos fuertes de 7 m/s la diferencia de CU es de 2 puntos entre ambos marcos pero los valores de uniformidad son muy bajos. Con vientos débiles de 0.36 m/s, la diferencia de CU es de 3.4 puntos entre ambos marcos.

Para presiones en boquilla de 28 m.c.a. se observa que el CU da valores más altos para el marco de riego 12 x 15 T tanto en presencia como en ausencia de viento siendo la diferencia de CU de 3 puntos.

Tabla 2. Coeficientes de uniformidad de los ensayos

Presión	Marco	Viento (m/s)	CU	Presión	Marco	Viento (m/s)	CU
2.5	12x15	7.35	70.00%	3.0	12x15	7.00	72.40%
2.5	18x15	7.35	67.90%	3.0	18x15	7.00	65.80%
2.5	12x15	0.36	88.60%	3.0	12x15	0.00	88.30%
2.5	18x15	0.36	85.20%	3.0	18x15	0.00	91.80%
2.5	12x15	2.36	78.50%	3.2	12x15	0.86	84.10%
2.5	18x15	2.36	73.60%	3.2	18x15	0.86	87.60%
2.8	12x15	5.85	89.20%	3.2	12x15	0.93	89.10%
2.8	18x15	5.85	86.00%	3.2	18x15	0.93	92.80%
2.8	12x15	1.00	89.00%	3.2	12x15	0.14	89.00%
2.8	18x15	1.00	85.90%	3.2	18x15	0.14	89.40%
2.8	12x15	5.28	74.10%	3.4	12x15	2.29	81.70%
2.8	18x15	5.28	76.90%	3.4	18x15	2.29	83.60%
3.0	12x15	0.00	89.10%	3.4	12x15	0.14	88.60%
3.0	18x15	0.00	90.00%	3.4	18x15	0.14	92.50%
3.0	12x15	6.50	71.90%	3.4	12x15	1.93	88.90%
3.0	18x15	6.50	69.50%	3.4	18x15	1.93	90.20%

Para presiones en boquilla de 30 m.c.a. se observa diferencia en los CU entre los dos marcos en presencia o ausencia de viento, de manera que para vientos fuertes de 6.5 m/s y 7 m/s se obtiene mejor uniformidad con el marco 12 x 15T, siendo la diferencia de CU de 2.4 y de 6.6 puntos respectivamente. En ausencia de viento, los valores más altos de uniformidad se obtienen con el marco de riego 18 x 15T, con una diferencia de 3.5 y 0.9 puntos con el marco de riego 12 x 15T. Para presiones en boquilla de 32 m.c.a. todos los ensayos se realizaron con vientos débiles y en todas las repeticiones el valor más alto de CU fue para el marco de riego 18 x 15 T, estando la diferencia en torno a 3-4 puntos. Para presiones en boquilla de 34 m.c.a., se observa que el CU da valores más altos para el marco de riego 18x15 tanto en presencia de viento moderado como en ausencia de viento con una diferencia de 2 y 4 puntos respectivamente. Destacar que los valores de uniformidad para el marco 12 x 15Tson más estables frente a las variaciones de presión.

En la Figura 1 se representa la comparativa de CU para vientos débiles.

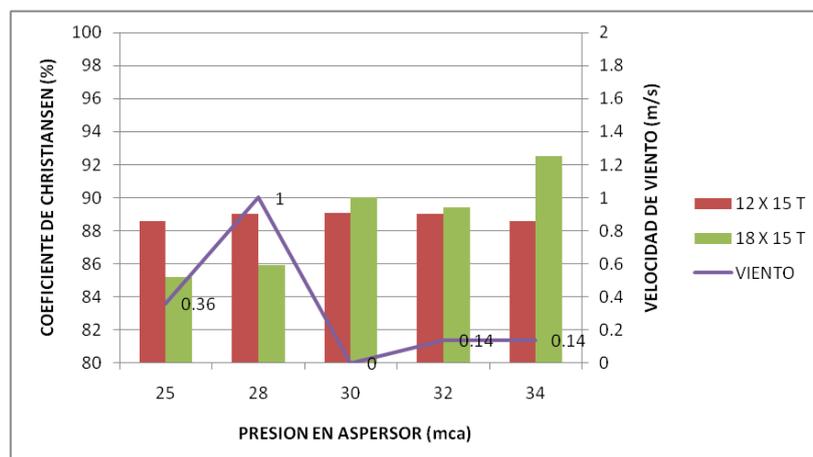


Figura 1. Comparativa de CU para diferentes presiones con vientos débiles.

c) *Análisis económico y de materiales.*

La variación entre los dos marcos se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen de materiales para los marcos 12 x 15T y 18 x 15T

		MEDICIONES		COMPARATIVA DEL 12 X 15T FRENTE AL 18 X 15T
		12 X 15T por ha	18 X 15T por ha	%
m.	APERTURA DE ZANJA PARA PVC/PE EN COBERTURAS	204.60	203.36	1%
Ud.	HOYO PARA ASPERSOR	63.58	44.45	43%
m.	COLOCACION TUBERIA POLIETILENO	628.64	610.20	3%
m.	TUBERIA DE PVC $\varnothing 63$ mm. - 0.6	42.47	36.02	18%
m.	TUBERIA DE PVC $\varnothing 75$ mm. - 0.6	33.46	29.10	15%
m.	TUBERIA DE PVC $\varnothing 90$ mm. - 0.6	43.35	41.35	5%
m.	TUBERIA DE PVC $\varnothing 110$ mm. - 0.6	19.30	25.28	-24%
m.	TUBERIA DE PVC $\varnothing 125$ mm. - 0.6	57.71	61.34	-6%
m.	TUBERIA DE PVC $\varnothing 140$ mm. - 0.6	22.16	22.63	-2%
m.	TUBERIA DE PVC $\varnothing 160$ mm. - 0.6	1.77	1.64	8%
m.	TUBERIA DE POLIETILENO	666.11	651.01	2%
Ud.	CONEXIÓN 80/100mm	0.17	0.17	0%
Ud.	DESAGÜE DE SECTOR $\varnothing 50$ mm.	1.49	1.49	0%
Ud.	VALVULA HIDRAULICA 3" SIMPLE (80 mm)	0.36	0.36	0%
Ud.	VALVULA HIDRAULICA 3" DOBLE (80 mm)	0.32	0.32	0%
Ud.	VALVULA HIDRAULICA 4" SIMPLE (100 mm)	0.07	0.07	0%
Ud.	VALVULA HIDRAULICA 4" DOBLE (100 mm)	0.07	0.07	0%
Ud.	COMPLEMENTO VÁLVULA HIDRAÚLICA 80 ó 100 mm	0.30	0.30	0%
Ud.	ASPERSOR CIRCULAR C.E.	50.97	34.42	48%
Ud.	ASPERSOR SECTORIAL 1000 L/H	12.61	10.03	26%
Ud.	CAÑA PORTAASPERSOR	63.58	44.45	43%
Ud.	CHAPA PROTECTORA EN ASPERSOR	5.25	4.31	22%
Ud.	PROGRAMADOR ELECTRONICO HASTA 12 SECTORES	0.17	0.17	0%
Ud.	SOLENOIDE TIPO LATCH	1.48	1.48	0%

A nivel de económico, la instalación del marco de riego 12 x 15T supone un aumento de coste de un 12,76% con respecto al marco 18 x 15T.

3.1.2. – *Clasificación energética*

La pérdida de carga de las conexiones de hidrante se muestra en la Figura 2 y la de los nudos de válvulas en la Figura 3.

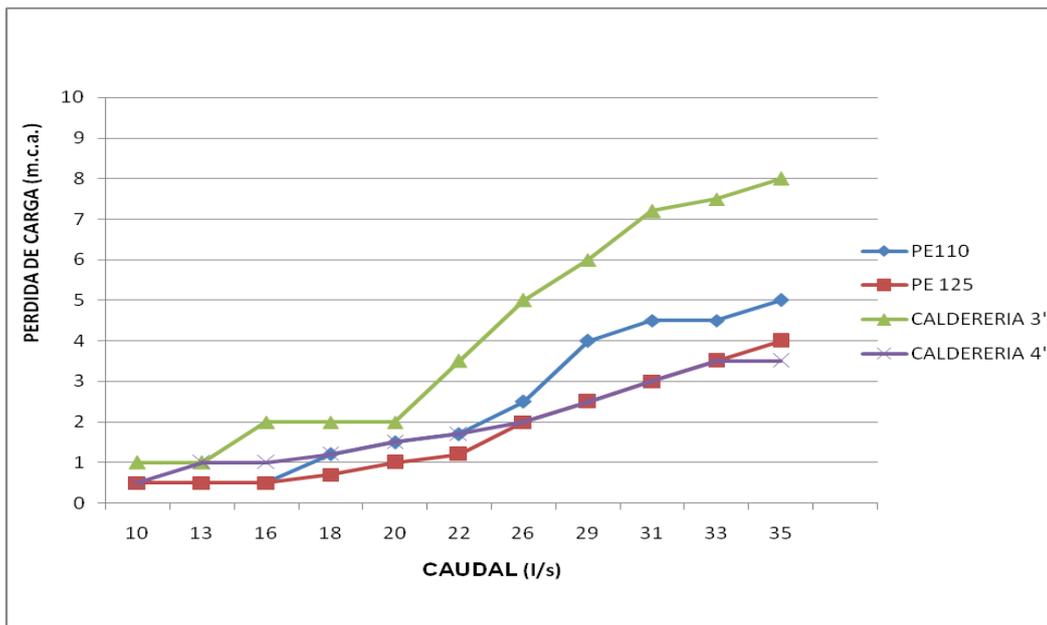


Figura 2. Pérdida de carga en conexiones de hidrante

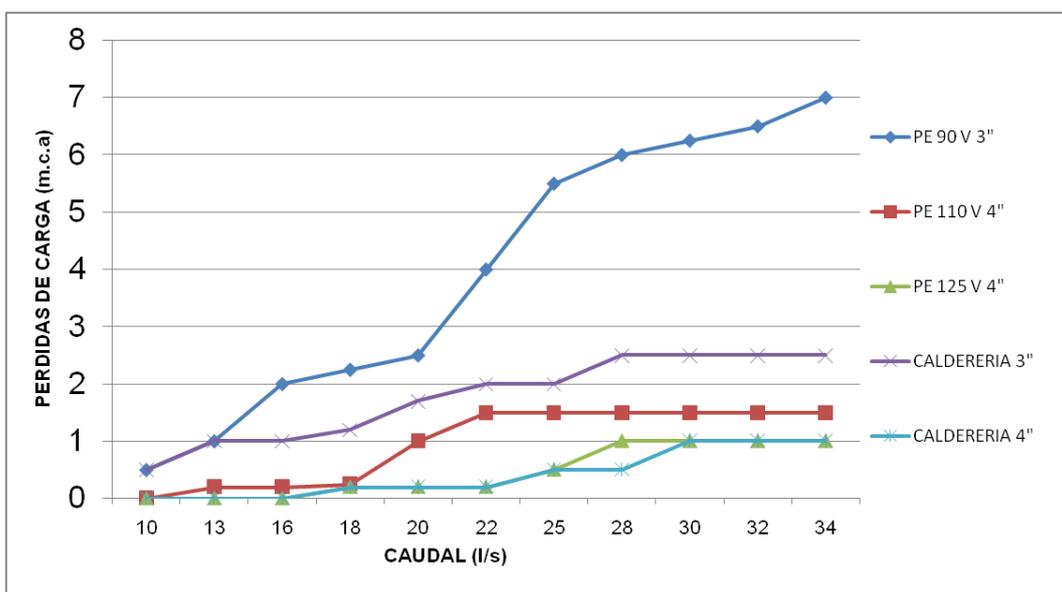


Figura 3. Pérdida de carga en nudos de válvulas

3.1.3.- Cálculo Huella de Carbono

Los materiales empleados en la instalación de riego en parcela par el marco 18 x 15T suponen un total que oscila entre 558,16 kg/ha (alternativa con conexiones y nudos en PE 110) y 594,03 kg/ha (alternativa con conexiones y nudos en calderería 110) mientras que para el marco de riego 12 x 15T se obtienen valores entre 597,96 kg/ha (alternativa con conexiones y nudos en PE 110) y 633,83 kg/ha (alternativa con conexiones y nudos en calderería 110).

En la tabla 4 se muestra el resultado de la Huella de Carbono para los marcos de riego 18 x 15T y 12 x 15T con las distintas alternativas de instalación:

Tabla 4. Emisiones de CO₂ para 18 x 15T y 12 x 15T

	18 X 15T	12 X 15T
ALTERNATIVAS	kg CO ₂ /ha	kg CO ₂ /ha
TOTAL ALTERNATIVA 1 (HID DE 3" Y PE 110 mm)	6.145,24	6439.36
TOTAL ALTERNATIVA 2 (HID DE 3" Y PE 125 mm)	6244.79	6538.91
TOTAL ALTERNATIVA 3 (HID DE 4" Y PE 110 mm)	6138.31	6432.43
TOTAL ALTERNATIVA 4 (HID DE 4" Y PE 125 mm)	6243.88	6538,00
TOTAL ALTERNATIVA 5 (HID DE 3" CON CALDERERIA DE 90 mm)	5906.64	6200.76
TOTAL ALTERNATIVA 6 (HID DE 4" CON CALDERERIA DE 110 mm)	5960.07	6254.19
TOTAL ALTERNATIVA 7 (HID DE 3" CON CALDERERIA DE 110 mm)	5964.11	6258.23

Para todas las alternativas estudiadas el valor de las emisiones de CO₂ en el marco 18 x 15T es menor que en el marco 12 x 15T, siendo el mayor valor de huella de carbono el correspondiente a la alternativa con conexiones y nudos en PE 125, y el menor el correspondiente a la alternativa con conexiones y nudos en calderería de 90 mm. Los valores para el marco 18 x 15T oscilan entre 5.906,64 kg CO₂/ha y 6.244,79 kg CO₂/ha mientras que para el marco de riego 12 x 15T se obtiene valores entre 6.200,76 kg CO₂/ha y 6.538,91 kg CO₂/ha.

3.2.- Ámbito Red Colectiva de Riego.

3.2.1. Cálculo de la Huella de Carbono

Con el diseño de la alternativa C (tras reducir la presión de consigna en hidrante en 5 metros) se reduce la Huella de Carbono un 10,09 % de media respecto a la emisión de CO₂ de los materiales empleados en la alternativa A. Si se traduce este dato por hectárea, supondría una emisión de 402,76 kg CO₂ menos al pasar a la alterativa C. Cuando únicamente se reduce la presión de consigna en los hidrantes desfavorables (paso de la alternativa A a la alternativa B) el ahorro de Huella de carbono no resulta significativo.

3.2.2. Optimización económica

Al volver a dimensionar las redes tras reducir la presión de consigna en hidrante en 5 m.c.a. (paso de la alternativa A a la alternativa C) se consigue un abaratamiento en el coste de la red del 5%, de media. Cuando únicamente se reduce la presión de consigna en los hidrantes desfavorables (paso de la alternativa A a la alternativa B) el abaratamiento no resulta significativo.

Por otro lado, en redes dependientes de la energía para su funcionamiento, disminuir la altura de bombeo en 5 metros también implica un importante ahorro en la factura eléctrica, año tras año. En el 53% de las redes colectivas a presión en Navarra es necesaria una potencia media instalada de 1,54 Kw/ha y un consumo medio de energía de 1.543 Kwh/ha/año (datos 2009) para una altura media de bombeo de 94 m.c.a., siendo el ratio de 16,41 Kwh/m.c.a. por ha y año. En consecuencia, se puede pensar en una cifra de ahorro anual de 11 €/ha.

3.3.- Ámbito Global

Según los cálculos obtenidos, el paso de un marco de riego 18 X 15T a un marco de 12 X 15T en un regadío dependiente de energía, supondría un ahorro global de CO₂ de:



Ahorro Global de CO₂= -9,8 kg CO₂/ha y año + 13,42 kg CO₂/ha y año +13,73 kg CO₂/ha y año = 17,35 kg CO₂/ha y año

4) Conclusiones y recomendaciones

- En redes de riego existentes, el marco de riego 12 x 15T se consolida como una alternativa para presiones de funcionamiento en aspersor desde 25 a 30 m.c.a., presentando altos valores de uniformidad, y siendo estos más estables frente a las variaciones de presión que los valores del marco 18 x 15T.

- El valor de la pluviometría es muy similar en ambos marcos (6,63-6,5 l/m² h).

- A nivel de parcela, la instalación del marco 12 x 15T supone un encarecimiento del 12,46% con respecto al 18 x 15T, pero este encarecimiento se verá compensado durante el tiempo de explotación de la parcela. La mayor diferencia entre ambos marcos en cuanto a materiales se da en la partida de aspersores tanto circulares como sectoriales y derivado de esto en el número de cañas, hoyos y chapas de sectoriales.

- Las opciones más eficientes desde el punto de vista de pérdidas de carga serían las instalaciones de PE 125 mm y la calderería de 110 mm.

- Desde el punto de vista exclusivamente de materiales, el cambio de un marco de riego 18 x 15T a un marco 12 x 15T, se traduce en un incremento de Huella de Carbono de 294 kg CO₂/ha (aproximadamente 5%). El mayor valor de Huella de Carbono, desde el punto de vista de materiales, es el correspondiente a la alternativa con conexiones y nudos en PE 125.

- A nivel de red colectiva de riego, reducir la presión de consigna en hidrante en 5 m.c.a. se traduce en una reducción de la Huella de Carbono en un 10,09 % de media respecto a la emisión de CO₂ de los materiales empleados en la alternativa con 5 m.c.a. más. Si traducimos este dato por hectárea, supondría un ahorro de 402,76 kg CO₂.

- En redes nuevas de riego el proyectista dispondrá de una nueva herramienta para el diseño (marco 12 x 15T y marco 18 x 15T); el dimensionamiento de la red para el marco 12 x 15T equivaldría a un ahorro de presión de 5 m.c.a.; reducir el valor de consigna en hidrante en 5 metros, supondría un abaratamiento en el coste de la red del 5%, de media y de 11 €/ha y año en la factura eléctrica (en redes dependientes de energía).

- En regadíos dependientes de energía, el ahorro global de CO₂ que supondría pasar de un diseño de parcelas con el marco de riego 18x15T a 12x 15T considerando tanto el término de materiales como el energético sería de 17,35 kg CO₂/ha y año.

5) Bibliografía

- M. P. Mercader, A. Ramirez de Arellano, M. Olivares (2012). Modelo de cuantificación de las emisiones de CO₂ producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. *Informes de la Construcción*, 64, 401-414.
- P. Planells, J.F. Ortega, M. Valiente, J. Montero y J.M. Tarjuelo (1999). Criterios para el diseño de redes colectivas de riego. *Ingeniería del agua*, 6, 27-36.
- G. Garcia, (2013). Huella de Carbono. Asociación Española para la calidad AEC.
- J.A. Rodríguez Díaz (2009). Alternativas para el ahorro energético en redes de riego a presión. *Jornadas Ingeniería del Agua*. Madrid.
- El diseño de proyectos y su relación con el ahorro energético.
- Nery Zapata (2014). *Jornadas Riegos del Alto Aragón*. Huesca.



XXXIII Congreso Nacional de Riegos
Universitat Politècnica de València, Valencia 2015
DOI:<http://dx.doi.org/10.4995/CNRiegos.2015.1448>

La innovación en el regadío. Nuevas tecnologías y optimización del binomio agua-energía.
Enrique Playán Jubillar (2014). XIII Congreso Nacional de Comunidades de Regantes.
Huelva.