

## **Diseño mecánico de un canal Parshall de 9" de garganta para medición de flujo volumétrico**

## **Mechanical design of a 9" throat Parshall channel for volumetric flow measurement**

Malcom-Irving Villanueva-Portugal<sup>1</sup>, Marcos-Octavio Osuna-Armenta<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México – ITS de Guasave, Sinaloa, México.

---

Recibido: 25-10-2023

Aceptado: 11-12-2023

Autor correspondal: [malcom.vp@guasave.tecnm.mx](mailto:malcom.vp@guasave.tecnm.mx)

## Resumen

El objetivo de este proyecto fue diseñar un aforador de canal Parshall para el seguimiento de flujos volumétricos en canales abiertos, con el fin de mejorar el uso del agua en la región de Guasave, Sinaloa. Para ello, se realizó una encuesta a 372 productores de la zona para evaluar la demanda y la factibilidad de una herramienta que permita supervisar el flujo de líquidos, se diseñó un prototipo mecánico que permite controlar el flujo volumétrico del agua a la hora de suministrarla, se calculó un canal triangular ubicado en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave como modelo de prueba para estimar el caudal máximo que podría pasar por el campo experimental de dicha institución y en función de eso seleccionar un dispositivo en un rango de caudal adecuado. Además, se diseñó en SolidWorks 2018® el canal Parshall con dimensiones para una garganta de 9", que consiste en una sección convergente, una garganta y una sección divergente, diseñado para permitir una medición sencilla utilizando únicamente la altura del fluido. Se realizó el análisis de materiales para su elaboración, sugiriendo el acero galvanizado, por su durabilidad, flexibilidad, alto grado de resistencia a la corrosión y su costo. Este diseño permite optimizar el espacio, el peso y el rendimiento del aforador.

**Palabras clave:** Canal Parshall, Flujo Volumétrico, Sistema de riego.

## Abstract

The objective of this project was to design a Parshall channel flume for monitoring volumetric flows in open channels, in order to improve water use in the Guasave region, Sinaloa. To do this, a survey was conducted with 372 producers in the area to assess the demand and feasibility of a tool that allows monitoring the flow of liquids, a mechanical prototype was designed that allows controlling the volumetric flow of water when supplying it, a triangular channel located at the Higher Technological Institute of Guasave was calculated as a test model to estimate the maximum flow that could pass through the experimental field of said institution and based on that select a device in a range of adequate flow. In addition, the Parshall channel was designed in SolidWorks 2018® with dimensions for a 9" throat, which consists of a convergent section, a throat and a divergent section, designed to allow a simple measurement using only the height of the fluid. The material analysis for its elaboration was carried out, suggesting galvanized steel, for its durability, flexibility, high degree of corrosion resistance and its cost. This design allows optimizing the space, weight and performance of the flume.

**Keywords:** Parshall Channel, Volumetric Flow, Irrigation system.

## Introducción

El agua, que tiene propiedades excepcionales que la hacen vital para la vida, es el elemento que domina más del 70% de la superficie del planeta. Se presenta en diversas formas: en los océanos, los lagos, los ríos; en el aire, en el suelo. Es la base y el apoyo de la vida, participa en regular el clima del mundo y con su enorme fuerza transforma la Tierra, *Fernández* (2012). Es uno de los elementos más utilizados en los procesos de las industrias, sobre todo en actividades relacionadas con la producción de alimentos. En este sentido la ONU citando a Maguey (2018) señala que la distribución del agua en México y en la mayor parte del planeta se clasifica en tres tipos: personal, industrial y agrícola el 22% del agua se destina a la industria, el 8% al consumo personal y el 70% a la agricultura.

Ruiz (2022) afirmó que “la prioridad del agua debe ser el uso humano y no el uso productivo. Pero a nivel mundial, se le otorga a la agricultura hasta el 80% y en Sinaloa, se le da hasta el 94% de agua para riego superficial, lo que representa una presión hídrica altísima”, citando a Diana Escobedo Urías, investigadora del CIIDIR Sinaloa. Es por ello, que diseñar dispositivos que permitan mejorar el uso de este valioso recurso, es una tarea imprescindible. Sobre todo, en regiones como Sinaloa, donde la agricultura es una de las actividades económicas principales.

Según Ávila (2017), en la ciudad de Guasave, Sinaloa se consume el 90% de agua para crecer sus cultivos, mismo que pierde el 40% en evaporación después de ser utilizados, por lo que es importante atender dicha problemática.

## Materiales y métodos

### *Estudio de factibilidad*

La investigación utilizó la encuesta como instrumento de recolección de datos, para medir la factibilidad del dispositivo, caracterizando la actividad de riego de los agricultores locales. Según Kuznik, Hurtado Albir y Espinal (2010), la encuesta es una técnica de recopilación de datos que constituye una forma específica y práctica de llevar a cabo procedimientos de investigación. Esta metodología se engloba en los diseños de investigación empírica no experimentales y cuantitativa. Al emplear encuestas, es posible organizar y cuantificar los datos recolectados, además de generalizar los resultados a la población total estudiada.

Se diseño y aplico una encuesta a 372 productores de la región donde los resultados más

significativos fueron que un 94% de los productores indicaron que seria importante contar con un sistema que monitore el flujo volumétrico que pasa por los canales abiertos ya que mas del 40% riegan por medio de este método lo cual es importante destacar ya que en promedio por agricultor se siembra 50 hectáreas lo cual es considerablemente importante destacar ya que solamente un 45% de productores solo realizan monitoreos de el uso del agua por otros métodos que no es gravedad.

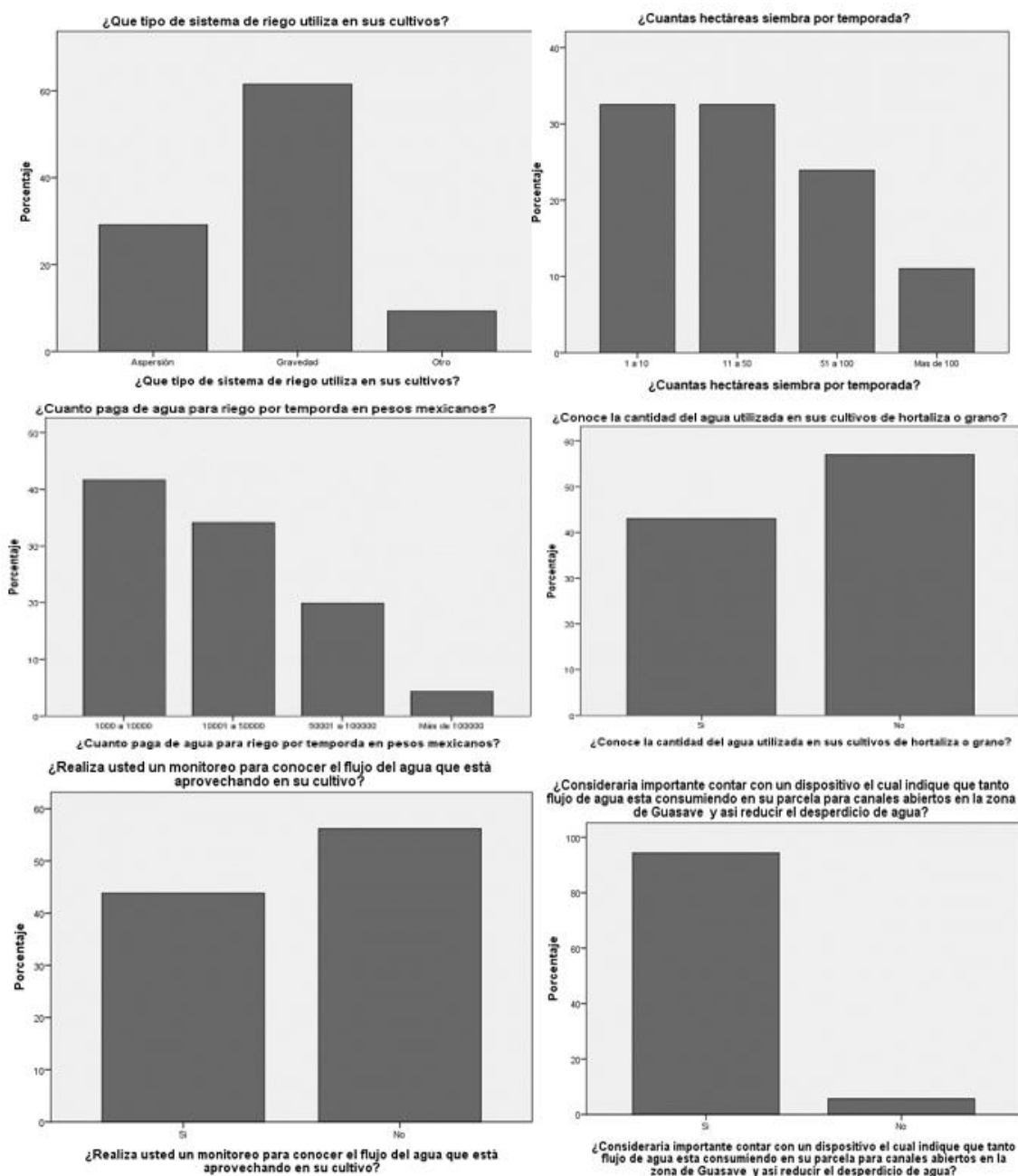


Figura 1. Grafica de barras del resultado de la encuesta aplicada

Fuente. Los autores

### *Diseño mecánico del dispositivo*

Existe una alternativa para poder monitorear el flujo de un canal de riego por gravedad y así conocer el flujo volumétrico que ocupa un sembradío, esta solución es diseñar un canal Parshall. Según Lux (2010), la estructura hidráulica conocida como canal Parshall, también referida como medidor Parshall, desempeña la función de cuantificar el caudal de agua que fluye por una sección específica de un canal.

Diseñado por Ralph L. Parshall, un ingeniero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, este dispositivo opera en régimen crítico y su concepción se muestra en la Figura 2.

Los medidores Parshall son designados en función del ancho de su garganta; por ejemplo, un medidor Parshall de 9 pulgadas corresponde a una dimensión de 0.23 m.



Figura 2. Ralph Parshall tomando lectura del flujo en 1946.

Fuente: Imagen tomada del portal [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3165\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3165_C.pdf)

Una vez determinadas las variables de la actividad de riego de los agricultores locales, se optó por hacer el diseño mecánico del dispositivo (canal Parshall) el cual consiste principalmente en la elaboración de planos en 2d y 3d en el software SolidWorks 2018 ®. Para iniciar el dibujo se utilizó la Tabla 1 donde vienen como datos las medidas ya establecidas para cada canal Parshall de diferentes anchos de garganta, Oliveras (2016).

Tabla 1. Medida estándar de la canal Parshall

W	A	a	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R	X	Y
Dimensiones en mm															
25.4	363	242	356	93	167	229	76	203	19	---	29	---	---	8	13
50.8	414	275	406	135	214	254	114	254	22	---	43	---	---	16	25
76.2	467	311	457	178	259	457	152	305	25	---	57	---	---	25	38
152.4	621	414	610	394	397	610	305	610	76	305	114	902	406	51	76
228.6	879	587	864	381	575	762	305	457	76	305	114	1080	406	51	76
Dimensiones en m															
0.3048	1.372	0.914	1.343	0.610	0.845	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.492	0.508	0.051	0.076
0.4572	1.448	0.965	1.419	0.762	1.026	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.676	0.508	0.051	0.076
0.6096	1.524	1.016	1.495	0.914	1.206	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	1.854	0.508	0.051	0.076
0.9144	1.676	1.118	1.645	1.219	1.572	0.914	0.610	0.914	0.076	0.381	0.229	2.222	0.508	0.051	0.076
1.2192	1.829	1.219	1.794	1.524	1.937	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	2.711	0.610	0.051	0.076
1.5240	1.981	1.321	1.943	1.829	2.302	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.080	0.610	0.051	0.076
1.8288	2.134	1.422	2.092	2.134	2.667	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.442	0.610	0.051	0.076
2.1336	2.286	1.524	2.242	2.438	3.032	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	3.810	0.610	0.051	0.076
2.4384	2.438	1.626	2.391	2.743	3.397	0.914	0.610	0.914	0.076	0.457	0.229	4.172	0.610	0.051	0.076
3.0480	2.7432	1.829	4.267	3.658	4.756	1.219	0.914	1.829	0.152	---	0.343	---	---	0.305	0.229
3.6580	3.0480	2.032	4.877	4.470	5.607	1.524	0.914	2.438	0.152	---	0.343	---	---	0.305	0.229
4.5720	3.5052	2.337	7.620	5.588	7.620	1.829	1.219	3.048	0.229	---	0.457	---	---	0.305	0.229
6.0960	4.2672	2.845	7.620	7.315	9.144	2.134	1.829	3.658	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
7.6200	5.0292	3.353	7.620	8.941	10.668	2.134	1.829	3.962	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
9.1440	5.7912	3.861	7.925	10.566	12.313	2.134	1.829	4.267	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
12.1920	7.3152	4.877	8.230	13.818	15.481	2.134	1.829	4.877	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229
15.2400	8.8392	5.893	8.230	17.272	18.529	2.134	1.829	6.096	0.305	---	0.686	---	---	0.305	0.229

Fuente. Imagen tomada del portal <https://www.iagua.es/blogs/jordi-oliveras/canal-parshall-aforador-casi-siglo-historia>

Para determinar las dimensiones adecuadas, se llevaron a cabo mediciones en el canal secundario presente en el campo experimental donde se implementó el sistema. Este canal triangular desempeña la función de transportar agua a los sembradíos. Se recopilaban medidas de la altura y el ángulo del canal, con el propósito de estimar el caudal aproximado. Estos datos resultaron esenciales para la elección del ancho de garganta del canal Parshall.

Aplicación de la formula con los datos obtenidos

Datos:

H= Altura = 0.48 m

$Q = \text{Caudal} = \left( \frac{m^3}{s} \right)$

$\theta = \text{Angulo de corte del canal} = 60^\circ$

Ec.1

$$Q = 1.43H^{5/2}$$

$$Q = 1.43(.48m)^{5/2}$$

$$Q = 0.228 \frac{m^3}{s} = 8.0517 \frac{ft^3}{s}$$

Ya obtenido el caudal aproximado se utilizó la Tabla 2 para conocer el ancho de garganta y la fórmula de caudal que corresponde al ancho de garganta seleccionado.

Tabla 2. Medida estándar de la canal Parshall

Ecuaciones de descarga para canales aforadores Parshall			
Ancho de garganta (L)	Rango de flujo $\frac{ft^3}{s}$		Ecuación $\frac{ft^3}{s}$
	Min	Max	(HyLen ft. Q en) s
3 in	0.03	1.9	$Q=0.992H^{1.547}$
6 in	0.05	3.9	$Q=2.06H^{1.58}$
9 in	0.09	8.9	$Q=3.07H^{1.53}$
1 ft	0.11	16.1	$n=1.55$
2 ft	0.42	33.1	$n=1.55$
4 ft	1.3	67.9	$Q=4.00H^n$ $n=1.58$
6 ft	2.6	103.5	$n=1.59$
8 ft	3.5	139.5	$n=1.61$
10 ft	6	200	$Q=(3.6875L+5.2)H^{1.6}$
20 ft	10	1000	
30 ft	15	1500	
40 ft	20	2000	
50 ft	25	3000	

Fuente. Mott, R. L. (2006). Mecánica De Fluidos

El ancho de garganta es de 9 pulgadas, donde se obtiene un rango de flujo de 0.09 a 8.9 pies cúbicos sobre segundo. La Tabla 3 indica las dimensiones exactas que se utilizaron para la elaboración del canal Parshall.

Tabla 3. Medidas para el diseño del canal Parshall de una garganta de 9"

Variable	Nomenclatura	Dimensión (mm)
W	Ancho de garganta	228.6
A	Longitud de paredes de la sección convergente	879
a	Ubicación del punto de medición $H_a$	587
B	Longitud de sección convergente	864
C	Ancho de salida	381
D	Ancho de entrada de la sección convergente	875
E	Profundidad total	762
T	Longitud de la garganta	305
G	Longitud de la sección divergente	457
K	Longitud de las paredes de la sección divergente	76
M	Longitud de la transición de entrada	305
N	Profundidad de la cubeta	114
P	Ancho de la entrada de la transición	1080

R	Radio de curvatura	406
X	Abscisa del punto de medición $Hb$	51
Y	Ordenada del punto de medición $Hb$	76

Fuente. Los autores

Ya con base a esos fundamentos se hizo el diseño en SolidWorks 2018 ®. La Figura 3 muestra el plano del diseño elaborado para un canal Parshall de 9 pulgadas de garganta.

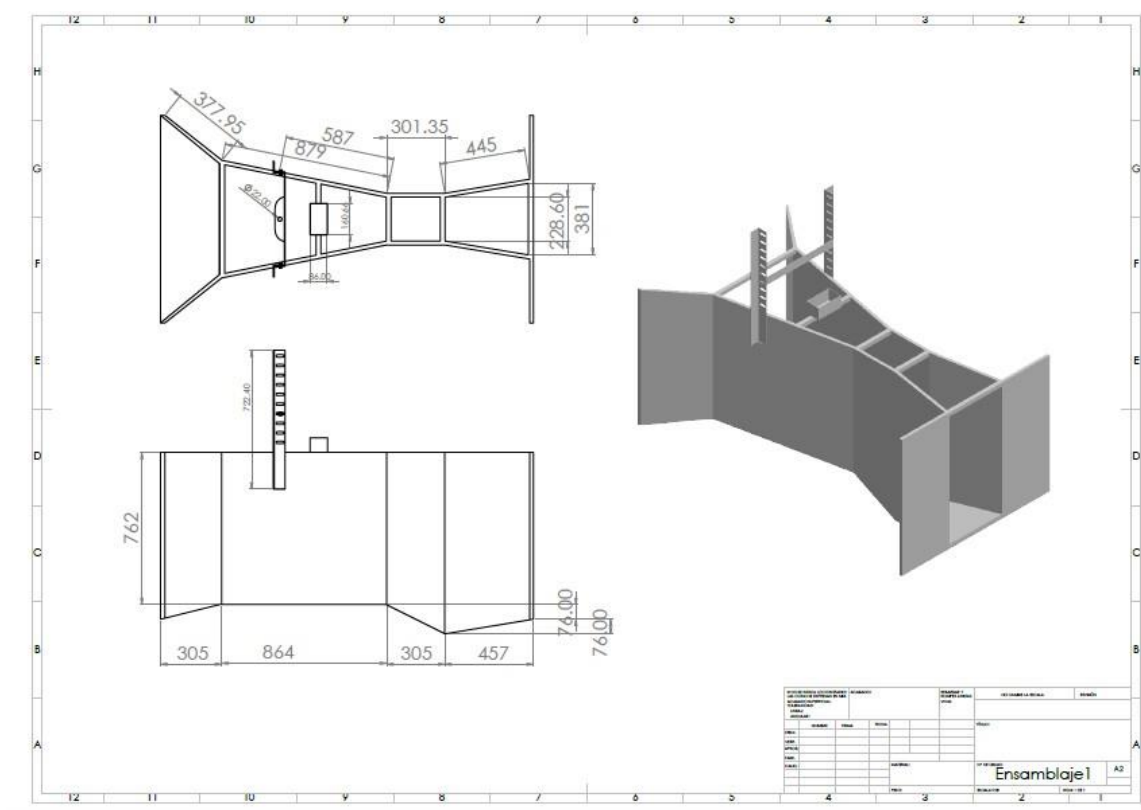


Figura 3. Plano en 2d del canal Parshall

Fuente: Los autores



La Figura 4 es una representación gráfica del diseño en 3d elaborado en SolidWorks 2018®.

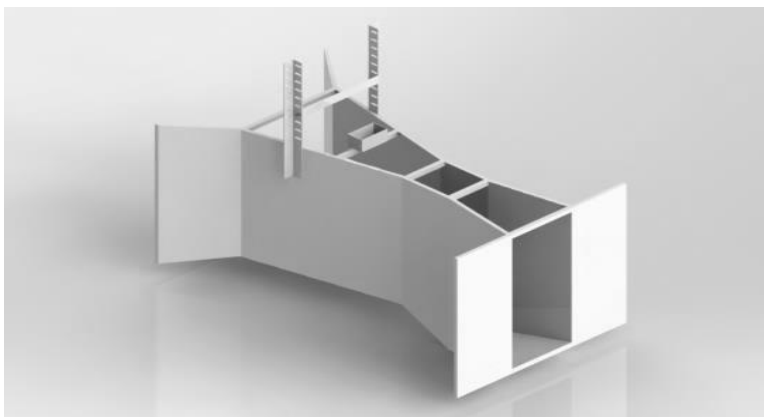


Figura 4. Plano en 3d del canal Parshall  
Fuente: Los autores

Como parte del diseño y para la viabilidad del prototipo se analizan algunos materiales para su construcción, recomendando el acero galvanizado ya que es un material fácil de trabajar y accesible económicamente para el dispositivo. Para las uniones se considera el uso de tornillos M10x1.5 ya que comercialmente es uno de los más comunes, y su ajuste es más preciso ya que tiene una brida como apoyo en la superficie entre la solera y el canal Parshall.

### Conclusiones

Es posible diseñar y fabricar un dispositivo medidor de caudales para canales abiertos dentro de los rangos específicos a las necesidades de operación, que mejore el uso del agua en el proceso de riego de sembradíos en la actividad de agricultura, representando una opción para las personas que no tienen los recursos necesarios para un sistema de riego por goteo o aspersión, representando una opción válida para optimizar el líquido vital. El prototipo del canal Parshall se podría construir con acero galvanizado por ser un material liviano y resistente a la corrosión, por otra parte, por su flexibilidad es fácil de manejar, además de que económicamente es de bajo costo.

En definitiva, la creación y el uso de dispositivos eficientes en el riego agrícola son esenciales para la conservación del agua, la sostenibilidad ambiental, la productividad agrícola, el ahorro de costos y la adaptación al cambio climático. Ayudan a garantizar que el agua, un recurso crítico, se utilice de manera responsable y sostenible en la agricultura.

## Referencias bibliográficas

- Ávila, R. (2017/03/22). Arraigada la cultura del desperdicio de agua. El Debate. URL: <https://www.debate.com.mx/guasave/Arraigada-la-cultura-del-desperdicio-de-agua-20170322-0069.html>
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. Química Viva, 11(3), 147-170.
- Kuznik, A., Hurtado Albir, A., & Espinal Berenguer, A. (2010). El uso de la encuesta de tipo social en Traductología. Características metodológicas. MonTI. Monografías de Traducción e Interpretación, (2), 315-344. Universidad de Valencia, Alicante, España.
- Lux, M. (2010). Medición de flujos en canales abiertos. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Maguey, H. (2018, 29 de octubre). Crisis del agua. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-industria/>.
- Mott, R. L. (2006). Mecanica De Fluidos (6a. Ed., 1a. Reimp.). Mexico: Pearson Educacion.
- Oliveras, J. (2016, 12 de julio). Canal Parshall: un aforador con casi un siglo de historia. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/jordi-oliveras/canal-parshall-aforador-casi-siglo-historia>.
- Ruiz, F. (2022/11/01). En Sinaloa se destina el 94% de agua superficial a la agricultura. El Debate. URL: <https://www.debate.com.mx/sinaloa/agro/En-Sinaloa-se-destina-el-94-de-agua-superficial-a-la-agricultura-20221101-0020.html>