



Quinto  
Congreso Nacional  
de Riego y Drenaje  
**COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



**SITEA**  
SOLUCIONES EN INGENIERÍA  
Y TECNOLOGÍAS DEL AGUA S.A. DE C.V.

# GABBIONI: UNA HERRAMIENTA PARA EL DISEÑO DE PRESAS DE GAVIONES

EDUARDO JIMÉNEZ HERNÁNDEZ; YESSICA A. GÓMEZ PÉREZ; MAURICIO  
CARRILLO GARCÍA

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





# Contenido

- Introducción
- Métodos y Materiales
- Resultados y Discusión
- Conclusiones



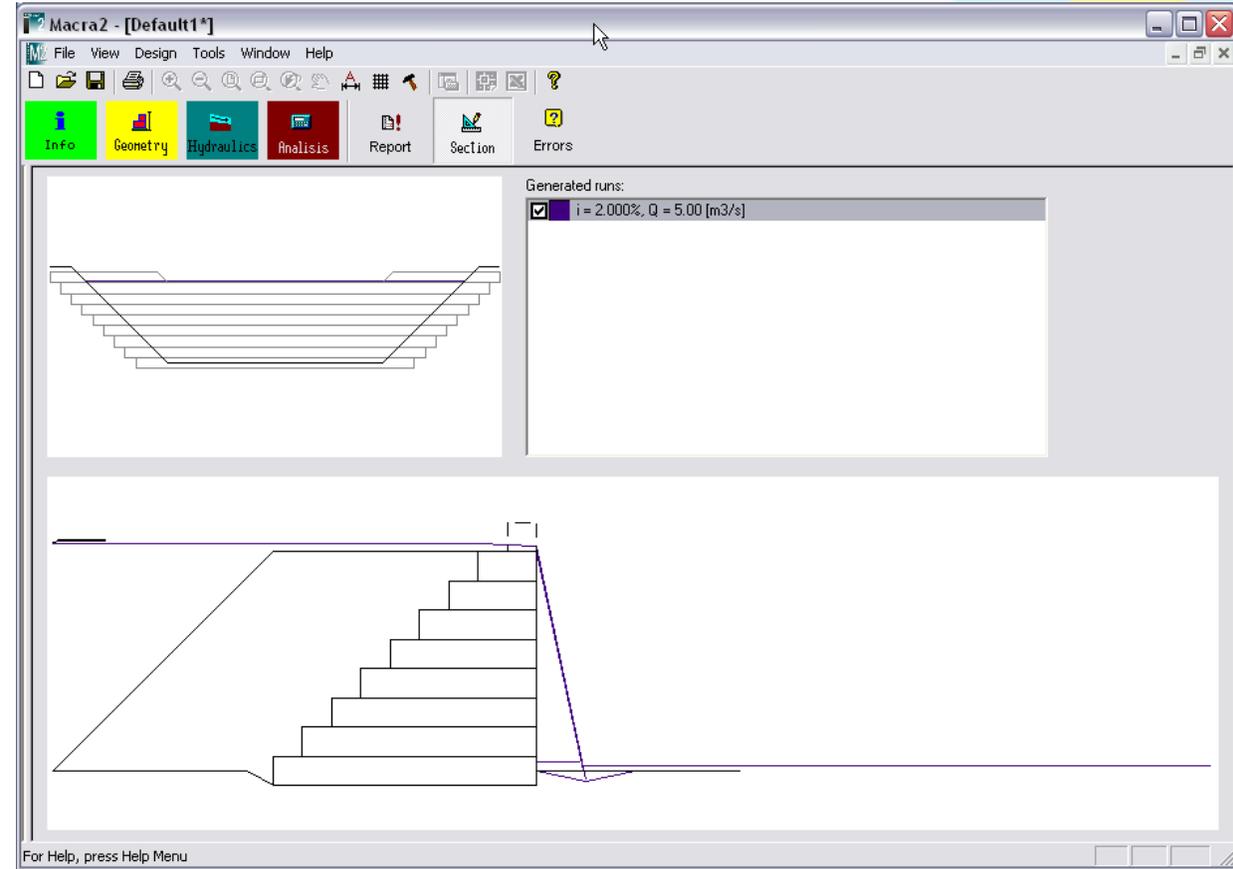
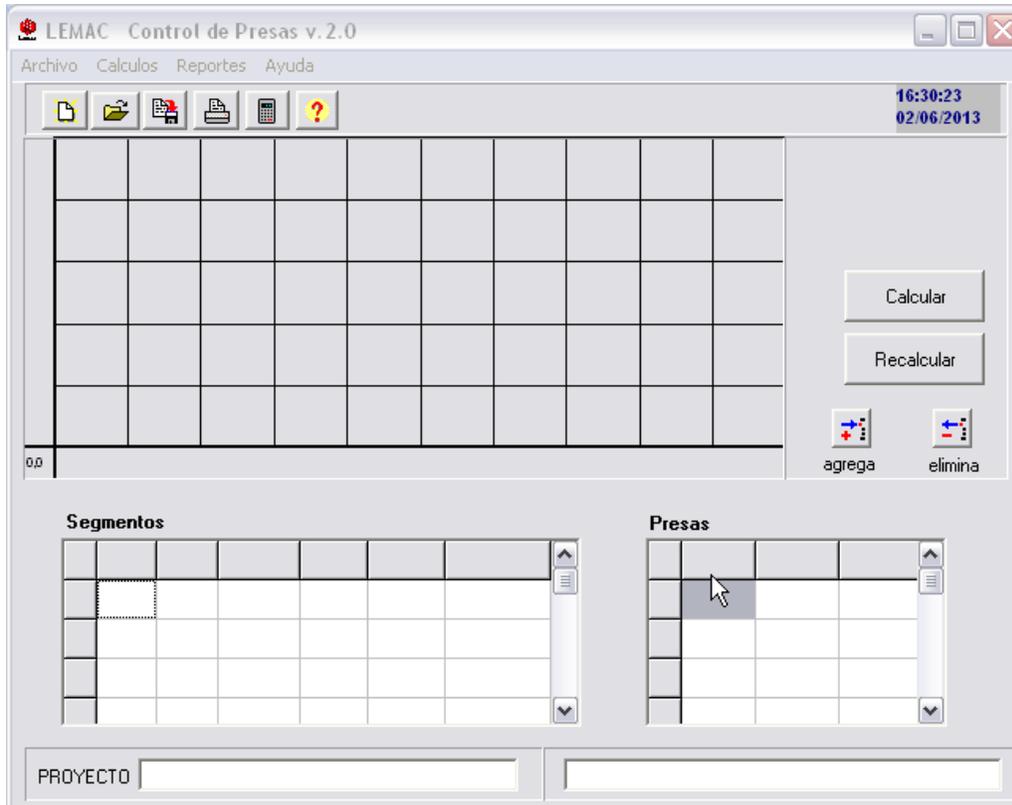
# Introducción

- Las presas pequeñas de gaviones son efectivas en la reducción de la erosión hídrica.
- Ayudan en la estabilización de los cauces, los tramos aguas arriba de las presas se vuelven más planos y más anchos, lo que reduce la capacidad de transporte de sedimentos y previene la erosión (Liu, 1992).





# Software para diseño



- Software para diseño de presas de gaviones antiguo e incompatible con SO modernos.
- Se usan programas de: hoja de cálculo + CAD + texto

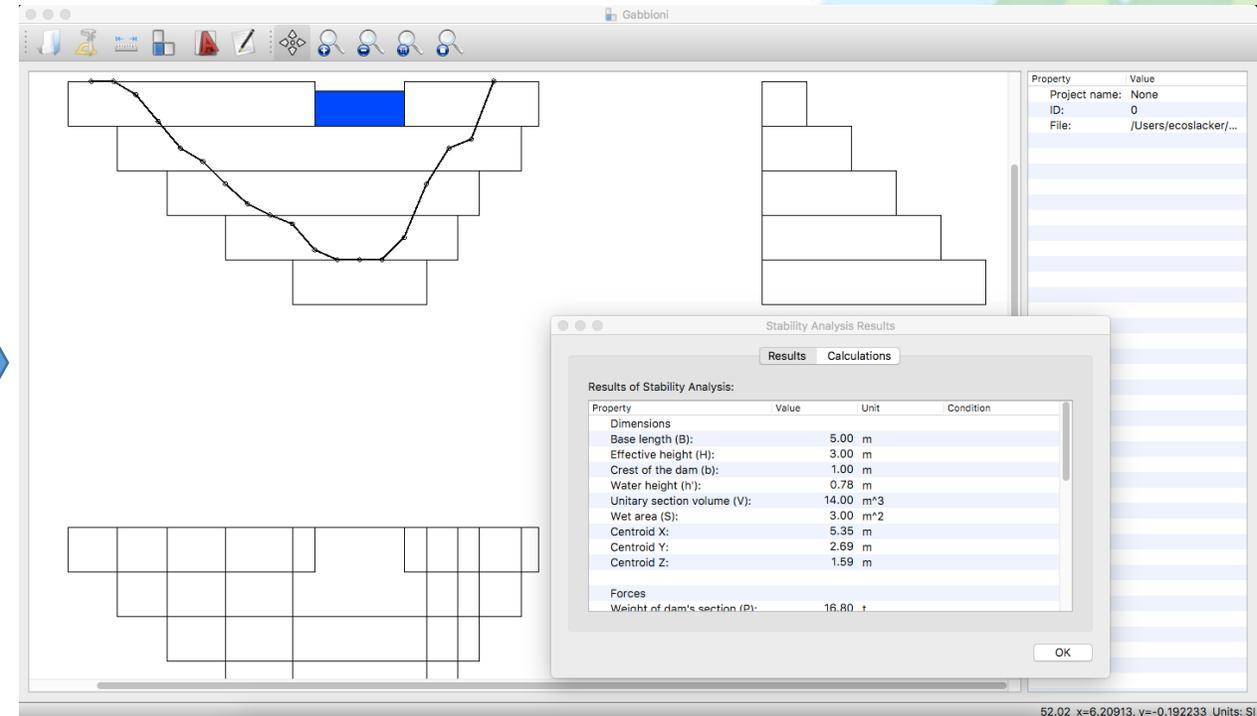
# Métodos y Materiales

## Plataforma de desarrollo

- Lenguaje de programación C++ Standard 2011
- Librerías gráficas Qt 5.9 LTS
- SO de desarrollo y pruebas: Windows 10, macOS 10.12 y Linux 4.4
- Arquitecturas de 32 y 64 bits
- Paradigma de programación orientada a objetos
- Modelo de desarrollo abierto (Open Source)
- Licencia de *software libre* General Public License (GPL) v2
- <http://www.irriapps.com/gabbioni>
- Versiones compiladas para Windows y macOS, manuales y ayuda del programa, los cuales se pueden descargar de manera **libre y gratuita**.



## Sistema *Gabbioni*



# Algoritmo de diseño

**SAGARPA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

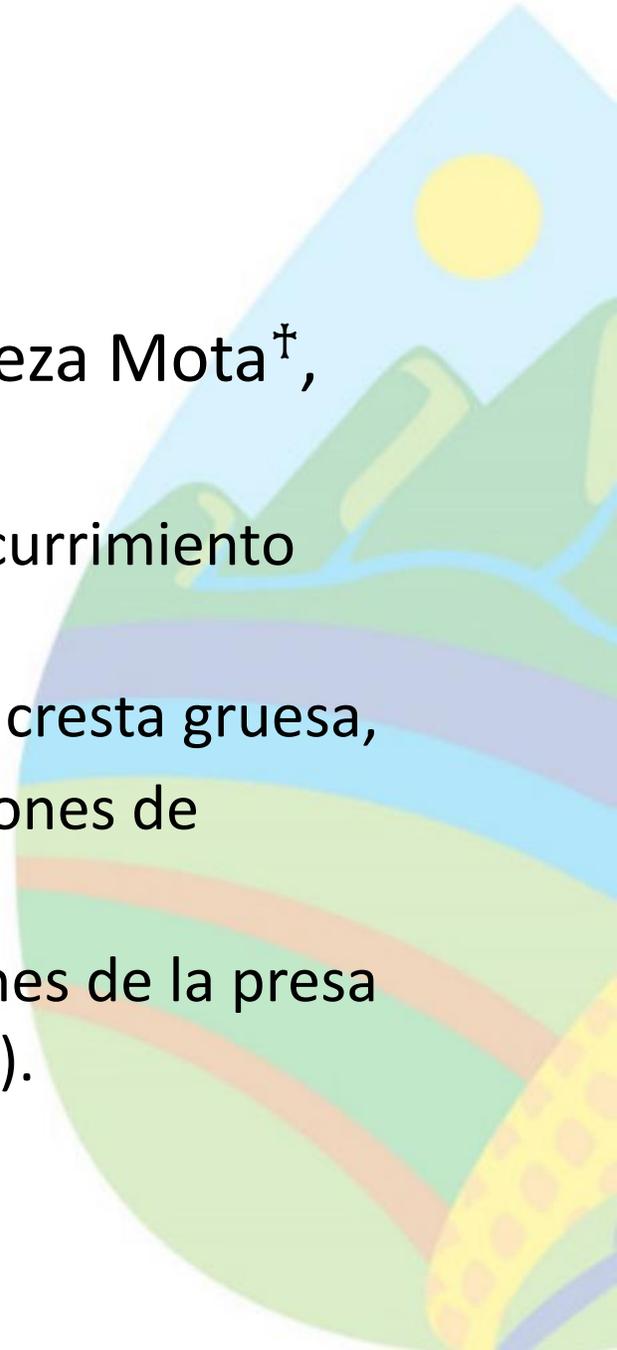
“SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA,  
DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN”  
Subsecretaría de Desarrollo Rural  
Dirección General de Apoyos Para el Desarrollo Rural”

**Presas de Gaviones**



**CP**

- Algoritmos de López Martínez & Oropeza Mota<sup>†</sup>, (2009).
  - a) estimación del caudal de diseño o escurrimiento máximo del cauce,
  - b) el diseño del vertedor rectangular de cresta gruesa,
  - c) el análisis de estabilidad para condiciones de deslizamiento y volcamiento, y
  - d) creación automática de las dimensiones de la presa (reglas empíricas, condiciones lógicas).



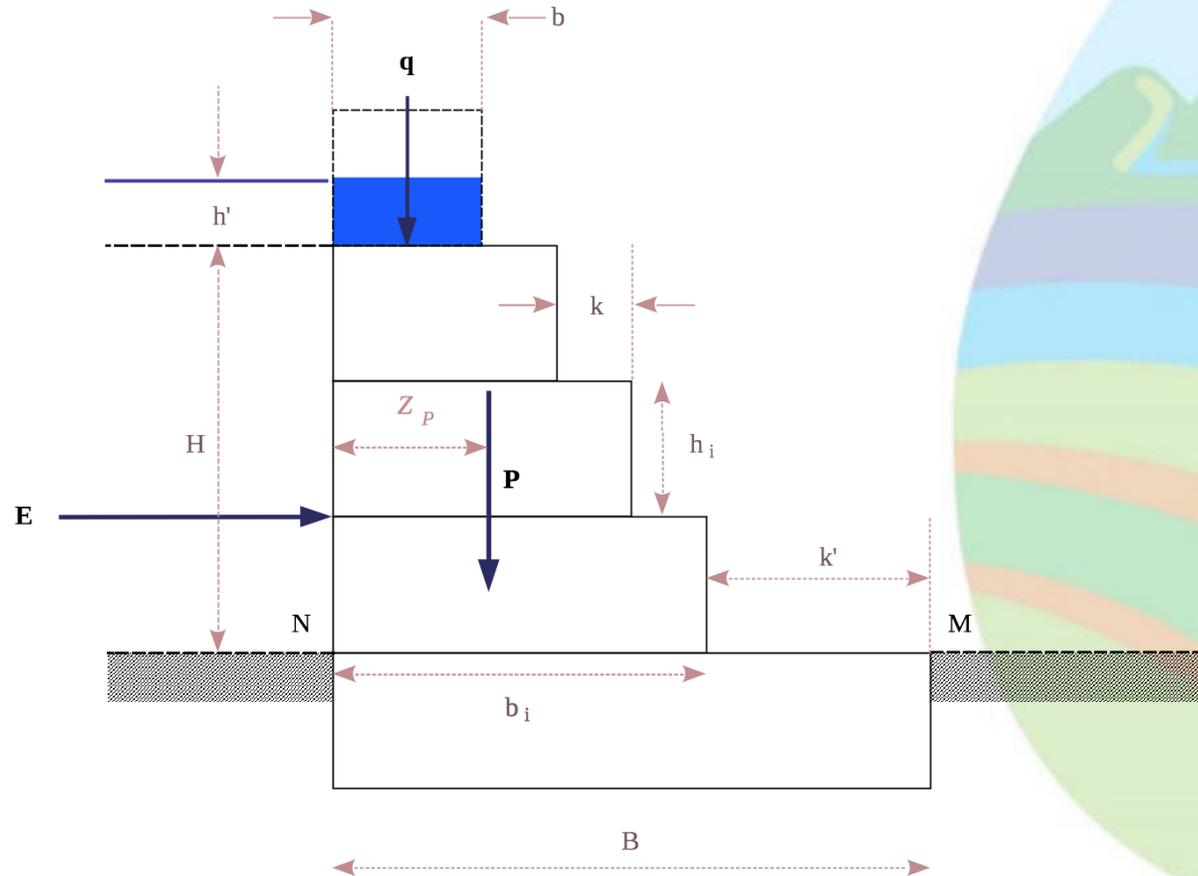
# Análisis de estabilidad

- Los autores consideran que una presa de gaviones es estable si cumple con:

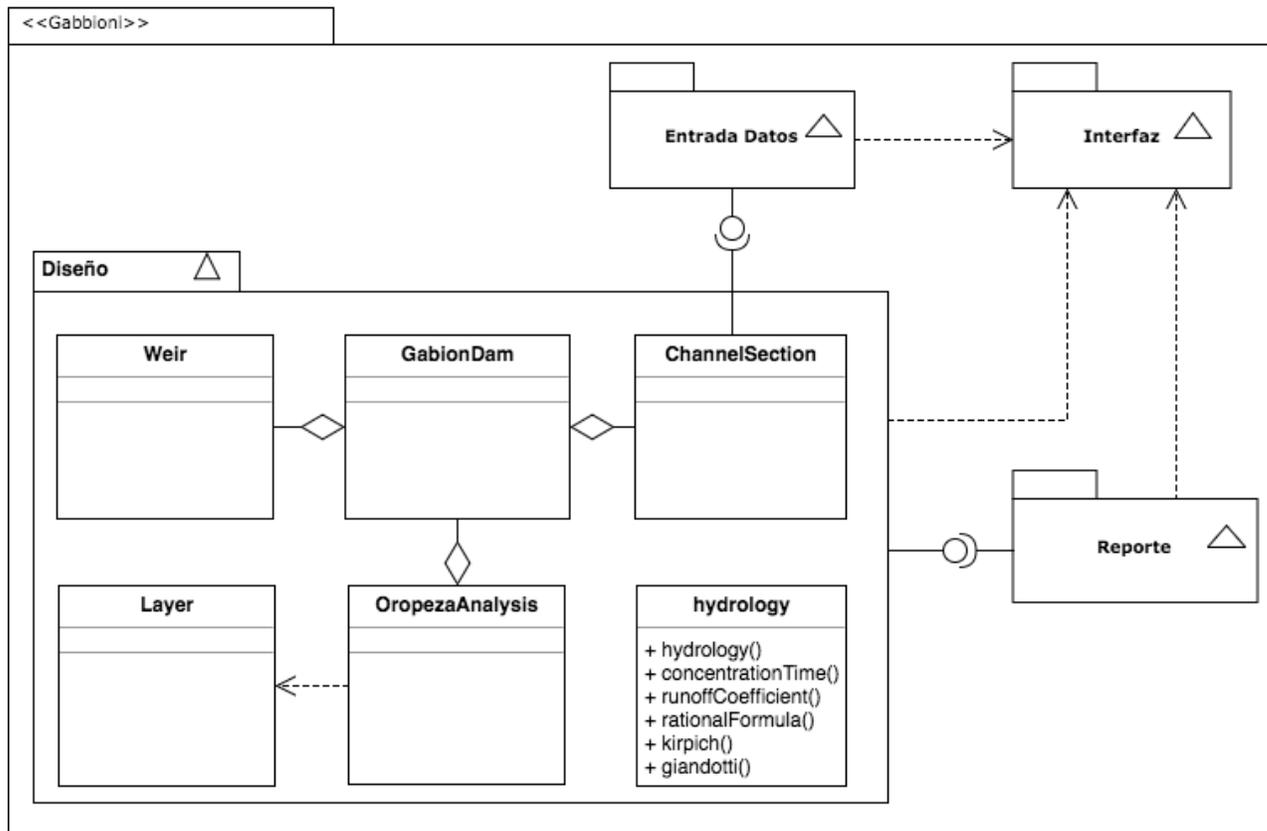
$$\frac{(q + P)\mu}{E} \geq FS_d$$

$$\frac{P \cdot (X_P) + q(X_q)}{E \cdot (X_E)} \geq FS_v$$

$$q \cdot (X_q) + P \cdot (Z_P) + E \cdot (X_E) \leq \frac{2}{3} (q + P)B$$

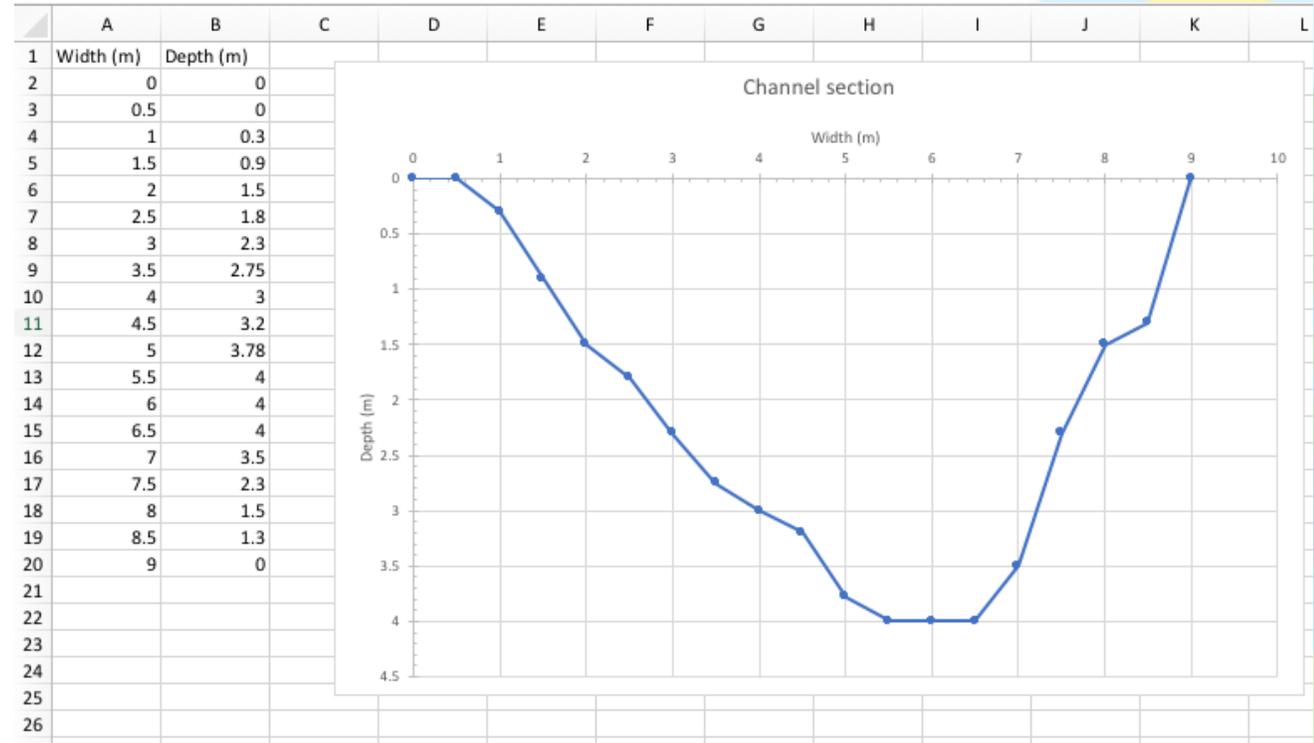


# Resultados y Discusión



- La clase ***GabionDam*** representa a una presa de gaviones.
- Hereda características de ***Weir***, ***ChannelSection***, que representan a un vertedor y una sección de cauce.
- La clase ***OropezaAnalysis*** es un objeto abstracto que se utiliza para el análisis de estabilidad.
- La clase ***hydrology*** es una clase externa, que representa el área de captación y contiene operaciones para estimar el escurrimiento máximo de agua en el cauce.

# Levantamiento de datos



Levantamiento de sección transversal del cauce con GPS, cinta métrica, etc.

Captura de los datos de **ancho** y **profundidad** (**coordenadas  $x, y$** ) del cauce en una hoja de cálculo



# Entrada de datos

Channel data

	Width [m]	Depth [m]
1	0.0	0.0
2	1.0	0.1
3	2.0	1.1
4	2.6	1.4
5	3.0	2.1
6	3.3	2.8
7	4.0	3.1
8	4.2	3.9
9	5.5	4.1
10	6.8	4.0

File:

Open

Save

Rows:

Add

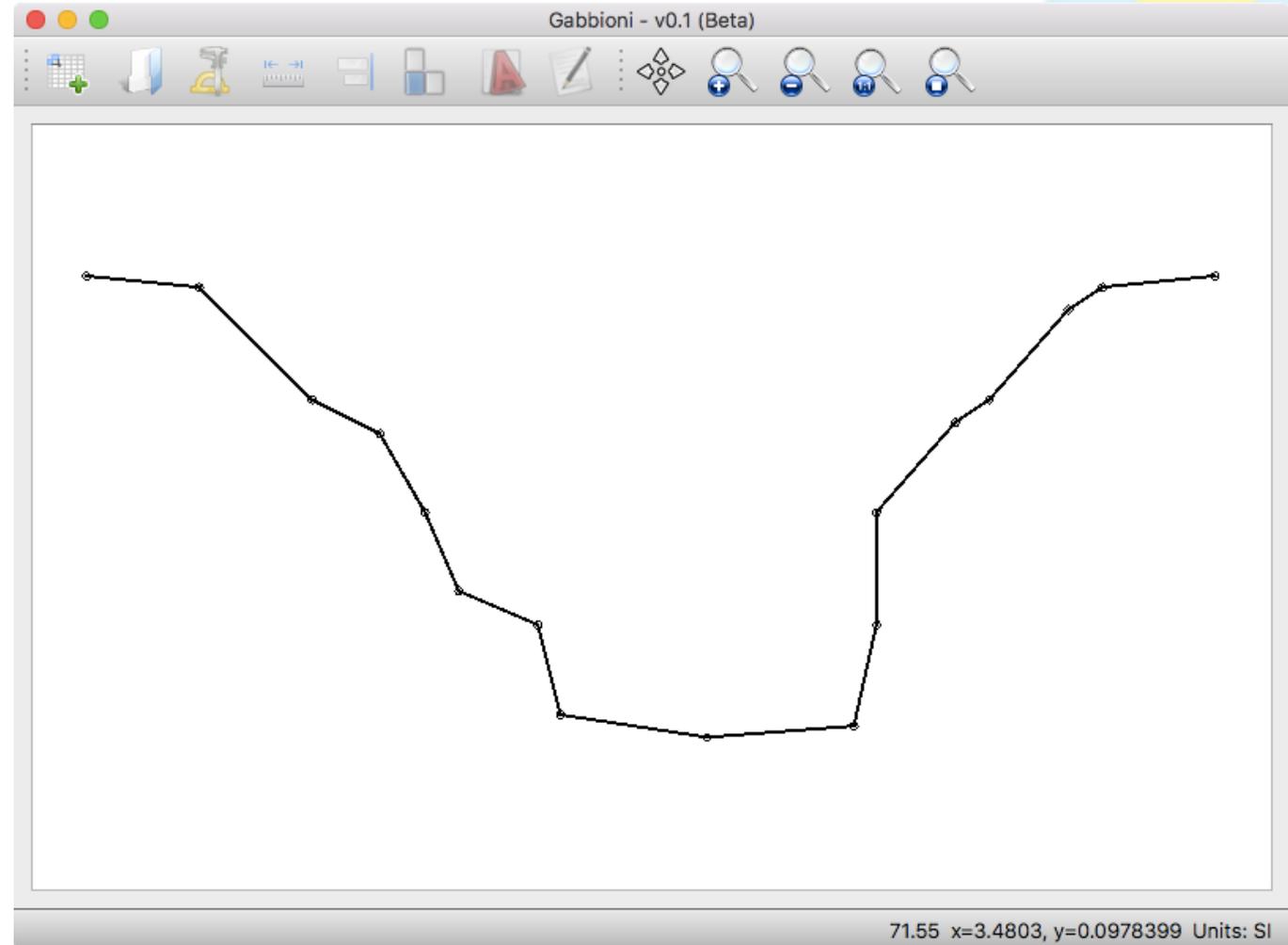
Remove

OK

Cancel

Los datos se pueden introducir:

- Directamente,
- Desde archivo de texto (*csv*, *txt*, etc.),
- Copiando y pegando desde Excel





# Gasto de diseño

Se pueden usar dos métodos para estimar el gasto:

- Área velocidad (Chezy-Manning)
- Método racional

Rational formula

Catchment area [ha]:

Rainfall intensity [mm h<sup>-1</sup>]:

Runoff coefficient:  ...

Time of concentration maybe needed for rainfall intensity:

Legth of main stream [m]:

Rise of the stream [m]:

Time of concentration [min]:

Runoff (discharge) [m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>]:

Runoff coefficient

Land use:

Soil type:

Annual precipitation [mm]:

Runoff coefficient:

NOM-011-CONAGUA-2015

Chezy-Manning equation

Using the Chezy-Manning equation to compute discharge:

Data

Roughness coefficient "n":  ...

Stream slope [m m<sup>-1</sup>]:

Water height [m]:

A<sub>1</sub> A<sub>2</sub> ... A<sub>8</sub>  
Hydraulic area  
Water height  
Wetted perimeter

Results

Hydraulic area [m<sup>2</sup>]:

Wetted perimeter [m]:

Hydraulic radius [m]:

Flow velocity [m s<sup>-1</sup>]:

Discharge [m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>]:

# Ventana de diseño

Simple design

Runoff Layers Weir Stability

Layer's height:  [m]

Abutment:  [m]

Step constant length (k):  [m]

Length of stilling basin (k'):  [m]

Apply step every:  layers.

Cancel OK

Simple design

Runoff Layers Weir Stability

Design of broad-crested rectangular weir:

Width (w):  [m]

Coefficient:  [dimensionless]

Results:

Water head (h):  [m]

Height (H):  [m]

Freeboard (b):  [m]

Gabion layers:  [none]

Cancel OK

Simple design

Runoff Layers Weir Stability

Factors for the stability analysis of the gabion dam:

Specific gravity of water with sediment ( $\omega$ ):  [ $t\ m^{-3}$ ]:

Specific gravity of stone ( $\delta$ ):  [ $t\ m^{-3}$ ]:

Friction coefficient of stone ( $\mu$ ):  [dimensionless]

Safety factor:  [dimensionless]

Analysis method:  [SI units]

The method by López Martínez & Oropeza Mota (2009), analyzes the stability of the dam under the effect of three forces: the weight of the water over the nappe ( $q$ ), the weight of the dam body ( $P$ ) and the hydrostatic pressure ( $E$ ) of water and sediments retained by the dam.

Cancel OK

Se define:

- Altura de gaviones (comerciales)
- Empotramiento
- Escalón
- Colchón amortiguador

Diseño de un vertedor rectangular de cresta gruesa proponiendo el ancho.

Parámetros del análisis de estabilidad:

- Peso específico
- Factor de fricción
- Factor de seguridad



# Diseño final de una presa

The screenshot shows the Gabbioni software interface (v0.1 Beta) with a dam design and its properties. The main window displays a cross-section of a dam with a blue spillway and a gabion structure. A smaller window shows the dam's profile. The Properties window lists the following data:

Property	Value	Unit/Other
Project name:	None	
ID:	0	
X coord:	{0.00, 1.00, 2...	m
Y coord:	{0.00, 0.10, 1...	m
Channel depth:	4.10	m
Channel width:	10.00	m
Layers height:	1.00	m
Levels:	4	
Stream bed:	5.50	m
Flow rate:	2.9090	m <sup>3</sup> /s
Method:	Chezy-Mann...	2
Weir (Spillway)		
Width:	4.00	m
Height:	1.00	m
Coefficient:	1.45	
Water head:	0.63	m
Freeboard:	0.37	m
Gabion layers:	1	
Dimensions		
Base length (B):	7.00	m
Effective height (H):	3.00	m
Crest of the dam (b):	1.00	m
Water height (h')	0.63	m
Unitary section volume (V):	16.00	m <sup>3</sup>
Dam total volume (Vt):	88.00	m <sup>3</sup>
Wet area (S):	3.00	m <sup>2</sup>
Centroid X:	5.25	m
Centroid Y:	3.15	m
Centroid Z:	2.09	m
Forces		
Weight of dam's section (P):	19.20	t
Nappe weight (q):	0.76	t
Hydrostatic pressure (E):	5.40	t
Dam's weight lever (Zp):	2.44	m
Nappe lever (Xq):	0.50	m
Hydrostatic lever (XE):	1.00	m
Front dam's weight lever (Xp):	4.56	m
Parameters		
Spec. gravity water-sediment:	1.20	t/m <sup>3</sup>

A summary of data and results will be updated when required.

The screenshot shows the Stability Analysis Results window. The Results tab is selected, displaying the following data:

Property	Value	Unit	Condition
Results of Stability Analysis:			
Parameters			
Spec. gravity water-sediment:	1.20	t/m <sup>3</sup>	
Specific gravity stone (delta):	2.40	t/m <sup>3</sup>	
Apparent specific gravity:	1.20	t/m <sup>3</sup>	
Friction factor (f):	0.75		
Security factor:	1.00		
Stability conditions			
Sliding condition:	2.77	> 1.00 :	true
Overturning condition:	16.22	> 1.00 :	true
Middle third condition:	4.67 m	> 2.72 m :	true
Resulting forces:	93.14 t	> 52.58 t :	true

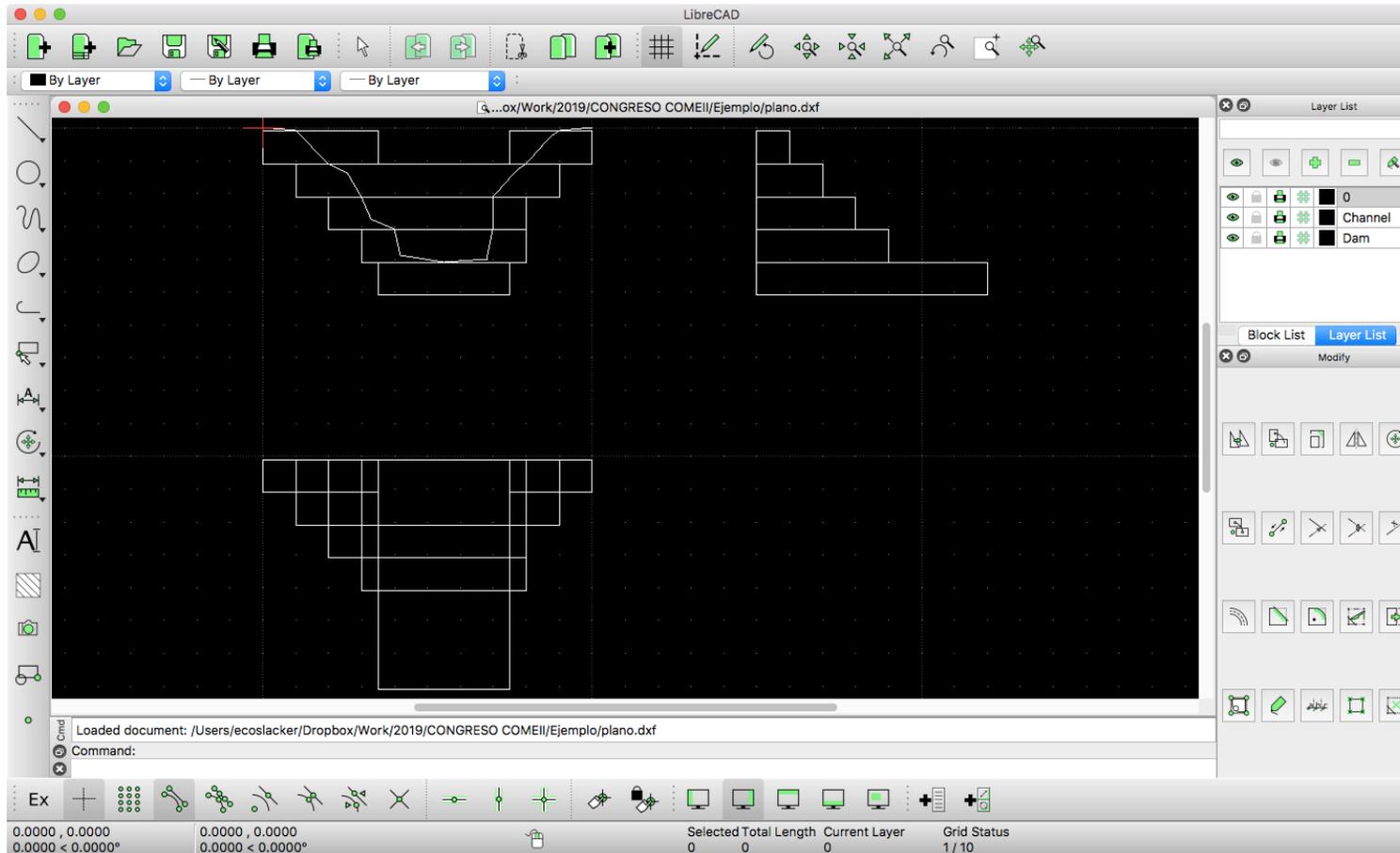
OK

Resultados:

- Dimensiones de la presa
- Análisis de estabilidad (pasa o no-pasa)



# Exportar plano y reporte



reporte.csv

Home Insert Draw Page Layout Formulas Data Review >> Share Comments

Paste Font Alignment Number Conditional Formatting Format as Table Cell Styles Cells Editing Ideas

A1 Design of a gabion dam.

	A	B	C	D	E	F
46	weir (Spinnway)					
47	Width:	4 m				
48	Height:	1 m				
49	Coefficient:	1.45				
50	Water head:	0.63 m				
51	Freeboard:	0.37 m				
52	Gabion layers:	1				
53	Dam layers dimensions					
54	Length	Width	Height	x-coord	y-coord	
55		7	4	1	3.5	4.1
56		4	5	1	3	3.1
57		3	6	1	2	2.1
58		2	8	1	1	1.1
59		1	3.5	1	-3.55E-15	0.1
60		1	2.5	1	7.5	0.1
61						
62	Dimensions					
63	Base length (B):	7 m				
64	Effective height (H):	3 m				
65	Crest of the dam (b):	1 m				
66	Water height (h')	0.63 m				
67	Unitary section volume (V):	16 m <sup>3</sup>				
68	Dam total volume (Vt):	88 m <sup>3</sup>				
69	Wet area (S):	3 m <sup>2</sup>				
70	Centroid X:	5.25 m				
71	Centroid Y:	3.15 m				
72	Centroid Z:	2.09 m				
73						

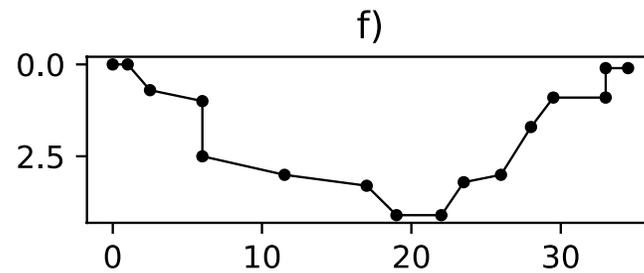
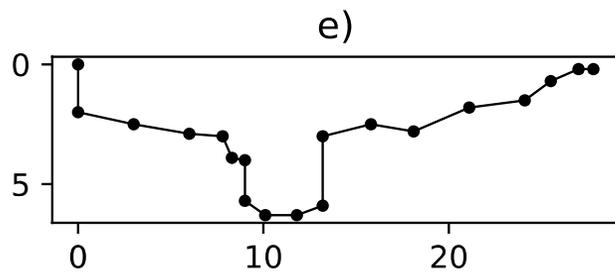
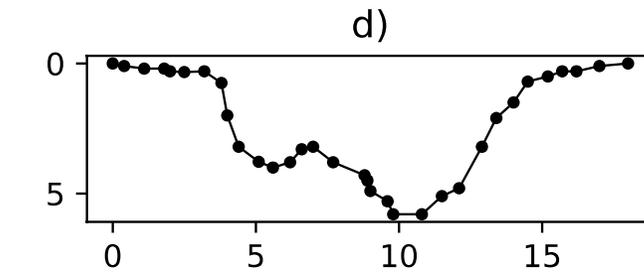
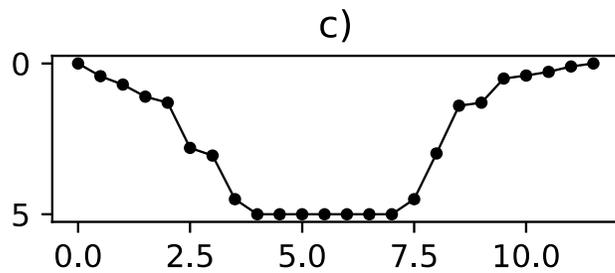
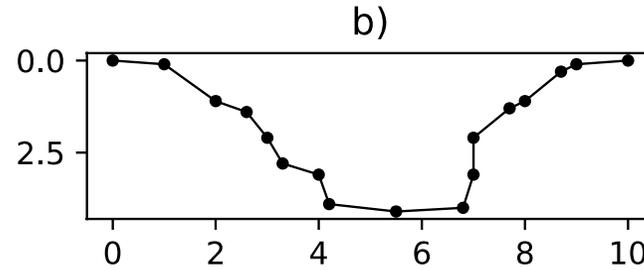
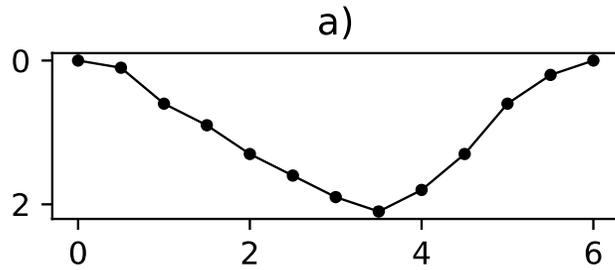
reporte +

Ready 140%

## Resultados:

- Vistas: frontal, perfil, planta
- Reporte en CSV (Excel)
- Plano en DXF

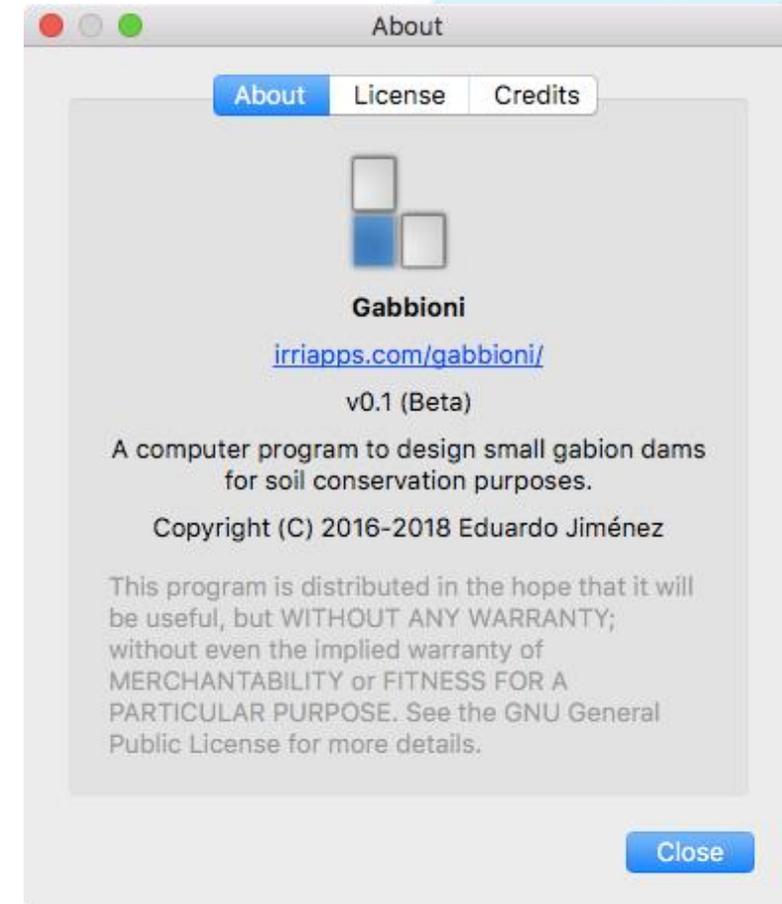
# Pruebas, limitantes y ventajas



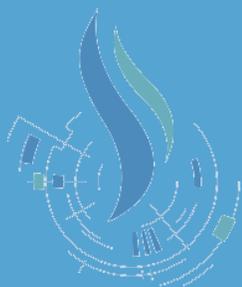
- Robustez en manejo de secciones de cauce especiales (forma de “U”, “V”, “W”).
- La metodología considera algunos supuestos que simplifican el diseño pero omite algunos criterios.
- Grimaldi *et al.*, (2015) consideran un análisis de estabilidad para condiciones de presa llena y presa vacía.
- Camargo Hernández & Franco, (2001), consideran más fuerzas actuantes sobre el cuerpo de la presa y condiciones hidráulicas adicionales.

# Conclusiones

- Se desarrolló una herramienta computacional para el diseño de presas de gaviones “*Gabbioni*” bajo un modelo de código abierto.
- Multiplataforma, capaz de ejecutarse: Windows, macOS y Linux.
- El programa puede ser actualizado para adaptarlo a los cambios tecnológicos futuros, de manera que no se vuelva obsoleto.
- Su diseño modular y abierto permite su modificación para adaptarlo a necesidades específicas (agregar métodos de análisis de estabilidad).
- Reduce tanto el tiempo de diseño de una estructura, así como la ocurrencia de errores causados por descuidos.
- Es necesario realizar pruebas y comparaciones exhaustivas para evaluar la robustez y confiabilidad del programa, con la finalidad de introducir su uso en ambientes de producción.



GRACIAS



**SITEA**

SOLUCIONES EN INGENIERÍA  
Y TECNOLOGÍAS DEL AGUA S.A. DE C.V.

[www.sitea.mx](http://www.sitea.mx)



Quinto  
Congreso Nacional  
de Riego y Drenaje  
**COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



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

## Contacto

M.I. Eduardo Jiménez Hernández

Soluciones en Ingeniería y Tecnologías  
del Agua S.A. de C.V

[eduardo.jimenez@sitea.mx](mailto:eduardo.jimenez@sitea.mx)

