



# 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.

## COMPLEMENTO DE EXCEL PARA EL CALCULO DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN TUBERÍAS CIEGAS Y CON SALIDAS MÚLTIPLES

**SERGIO IVAN JIMENEZ JIMENEZ**

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



**SINALOA**  
SECRETARÍA DE  
AGRICULTURA  
Y GANADERÍA

**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.

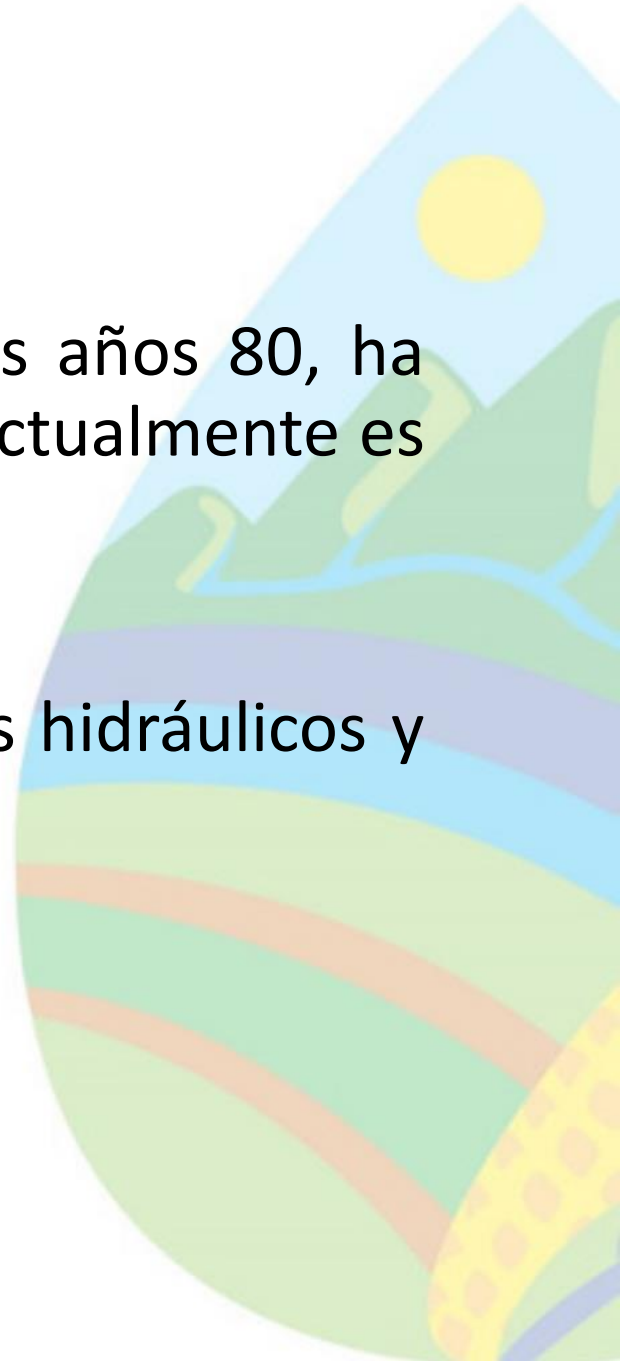


**UNIVERSIDAD  
DE LOS MOCHIS**



# Introducción

- Desde la aparición de Microsoft Excel® a finales de los años 80, ha venido ganando gran posición dentro de la sociedad y actualmente es de las más usadas dentro y fuera de las organizaciones.
- El Excel es un programa muy práctico y sencillo de usar.
- El complemento se pensó para los reportes de Cálculos hidráulicos y agronómicos
- Opción de guardar ajustes.
- Se queda en Excel desde su instalación



# Metodología

Custom UI Editor For Microsoft Office

```
<customUI xmlns="http://schemas.microsoft.com/office/2009/07/customui">
  <ribbon>
    <tabs>
      <tab id="HFRIego" label="HF RIEGO" insertAfterMso="TabView"
        keytip="H" >
        <group id="HFAGRONOMIA" label="AGRONOMIA" >
          <button id="E1" label="EVAPOTRANSPIRACIÓN"
            imageMso="PictureBrightnessGallery" onAction="GENERAL2.llamaE1"
            size="large" screentip="Evapotranspiración de la Evapotranspiración de Referencia (ETo) con Evaporímetro Tipo A" keytip="A" />
          <button id="K1" label="CULTIVO"
            image="cul" onAction="GENERAL2.llamaK1"
            screentip="Coeficiente de cultivo" supertip="Fórmula de cultivo según la FAO del boletín 56" keytip="C" />
          <button id="P1" label="EFECTIVA"
            image="LogoPE" onAction="GENERAL2.llamaP1"
            screentip="Precipitación Efectiva" supertip="Precipitación efectiva" keytip="C" />
        </group>
        <group id="HFAGRONOMIA" label="AGRONOMIA" >
          <button id="A1" label="HORARIA"
            image="G1" onAction="GENERAL2.llamaA1"
            screentip="Lámina de riego" supertip="Fórmula de un sistema de riego localizado" keytip="H" />
          <button id="Q1" label="SISTEMA"
            image="q1" onAction="GENERAL2.llamaQ1"
            screentip="Lámina de riego" supertip="Fórmula de un sistema de riego localizado" keytip="S" />
        </group>
      </tab>
    </tabs>
  </ribbon>
</customUI>
```

Visual Basic para aplicaciones

```
Private Sub LH_calcular_Click()
    Dim areamojada, se, sl, QE
    If LH_qe.Text = "" Or LH_se.Text = "" Or LH_sl.Text = ""
        MsgBox "Faltan datos o datos incorrectos"
    ElseIf LH_qe.Text = 0 Or LH_se.Text = 0 Or LH_sl.Text = 0
        MsgBox "Faltan datos o datos incorrectos"
    Else
        QE = LH_qe.Text
        se = LH_se.Text
        sl = LH_sl.Text
        areamojada = se * sl
        LaminaH.Text = FormatNumber(areamojada, 2)
    End If
End Sub
```

Herramienta RegisterU2DF7

DLLname	DLLproc	ArgType	FunText
user32.dll	CharNextA	PRRR#	Perdida
user32.dll	CharPrevA	PR#	Fchristiansen
user32.dll	CharNextExA	PR#	LongMaxRegante
user32.dll	CharNextW	PR#	PrecipitacionEfectiva
user32.dll	CharPrevExA	PR#	Fjensen
user32.dll	CharPrevW	PRRR#	PotenciaBomba

# Cinta de opciones

- Primero se creó un libro de Excel con Extension xlam, y sobre dicho documento se generó el código XML (Extensible Markup Language), en Custom UI Editor

Secciones	Botones	Descripción
Evapotranspiración	ETo	Determina la evapotranspiración con el método del tanque evaporímetro en donde el coeficiente de tanque se puede determinar con tres distintas fórmulas.
	Coeficiente de cultivo	Es un buscador de coeficientes de diversos cultivos, los datos fueron tomados del boletín 56 de la FAO
	Precipitación Efectiva	Calcula la precipitación efectiva con cuatro ecuaciones diferentes, las formulas fueron tomadas del boletín 56 de la FAO
Agronómico	Lámina Horaria	Formula que determina la lámina horaria de un emisor en base a su arreglo
	Gasto del sistema	Formula que determina el caudal de una sección de riego en base a la lámina horaria y a la superficie de la sección
	Gasto mínimo por sección	Formula que determina el caudal mínimo necesario para regar una cierta superficie en base a las horas de riego disponible y a la Evapotranspiración del cultivo
	Diseño agronómico	Es un formulario que determina los parámetros de un diseño agronómico para sistemas de riego localizado
Hidráulico	FSM Christiansen	Formula que termina el Factor de Salidas Múltiples (FSM) de una tubería cuando la distancia a la primera salidas es igual a la separación entre salidas consecutivas ( $S_o=S$ ).
	FSM Jensen y Fratini	Formula que termina el Factor de Salidas Múltiples (FSM) de una tubería cuando la distancia a la primera salida es igual a la mitad del espaciamiento entre salidas consecutivas ( $S_o=S/2$ ).
	FSM Scalopi	Formula que termina el Factor de Salidas Múltiples (FSM) cuando la distancia a la primera salida es cualquier distancia
	Tubería con salidas múltiples	Tiene dos módulos de cálculo, uno para determinar la longitud máxima y el otro para determinar la pérdida de carga en tuberías con salidas múltiples
	Tubería con salidas múltiples telescópicas	Determina los diámetros, longitudes y pérdidas de carga de tuberías telescópicas, se limita a encontrar dos diámetros
	Tubería Ciega	Determina la pérdida de carga por fricción de tuberías ciegas o simples.
	Accesorios	Determina la perdida de carga en accesorios, se pueden sumar las pérdidas de carga
General	Textura	Formula que determina le textura de un suelo en base al porcentaje de arena, limo y arcilla
	Potencia	Formula que determina la potencia del motor de un equipo de bombeo
	Zanja	cuantifica la cantidad de volumen de excavación y relleno en base al diámetro de la tubería a instalar
Configuración	Configuración	Permite configurar distintos métodos de cálculo, agregar o modificar coeficientes de fricción, diámetros, etc.
Ayuda	Ayuda	Muestra la ayuda de cómo usar el complemento en términos generales.
	Acerca de	Breve descripción del complemento

# Código VBA

- La mayoría de las formulas y metodologías se obtuvieron de libros. Con la cual se generaron además los formularios
- El caso de la sección “**Evapotranspiración**”, las fórmulas para determinar los coeficientes de tanque y la evapotranspiración se obtuvieron del **libro Calendarización del Riego** (Ojeda & Ruiz, 2016); la relación de coeficientes de cultivo (Kc) se tomó de la base de datos que se presentan en el boletín **56 de la FAO** (FAO, 2006); las fórmulas para determinar la **precipitación efectiva** se adquirieron del manual de **CropWat** (FAO, 2018).
- En el caso de la sección “Agronómico” las formulas fueron tomados del manual para la elaboración y revisión de proyectos ejecutivos de sistemas de riego parcelario publicado por la CONAGUA (CONAGUA, 2002).
- Para la sección “Hidráulico”, las fórmulas seleccionadas para calcular la perdida de carga por fricción fueron las de Hazen-Williams, Manning y Scobey.
- Para las **tuberías ciegas** se propusieron dos criterios de diseño, estos son: **método de pérdida de carga unitaria y método de velocidad permisible**. El primero consiste en seleccionar los diámetros de las tuberías, de manera que no se exceda una cierta perdida en una longitud determinada. En el segundo caso consiste en seleccionar los diámetros de tuberías en base a una velocidad permisible (CONAGUA, 2002).

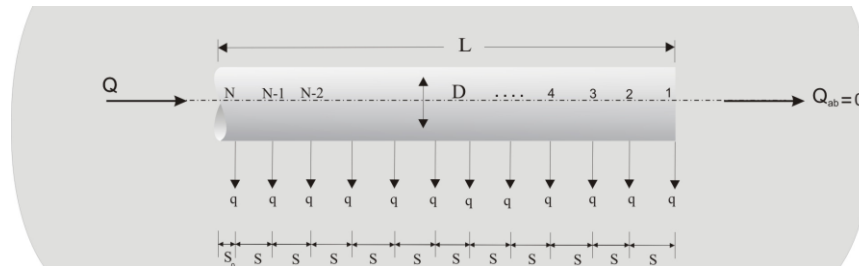


# Código VBA

- Para el diseño de tuberías con salidas múltiples de **servicio mixto** (tramo de tubería en el que el diámetro y el tipo de material se mantienen invariables, que conduce y distribuye caudal) **se usó el método de Newton-Raphson**. Se consideran el factor de salidas múltiples por Christiansen, Jensen y Scalopi
- En el diseño de tuberías Telescópicas se tienen cuatro incógnitas, dos longitudes y dos diámetros para resolver este problema se generó un método que se basa en el uso del método de bisección.

$$hf_{H-W} = 10.648 \left( \frac{1}{C_{HW}} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} * L \quad Hf_m = 10.3 * n^2 * \left( \frac{Q^2}{D^3} \right) * L \quad Hf_s = 0.004094 * K_s * \frac{Q^{1.9}}{D^{4.9}} * L$$

Servicio Mixto\*\*  
L=?

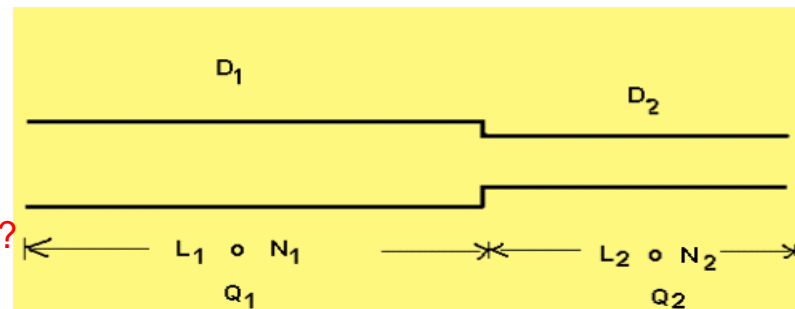


Tuberías con Servicio Mixto (L=?)

$$hfp = hf * [F]$$

Tuberías con salidas múltiples\*

Telescópicas\*\*\*  
- D1, D2, L1 y L2 =?

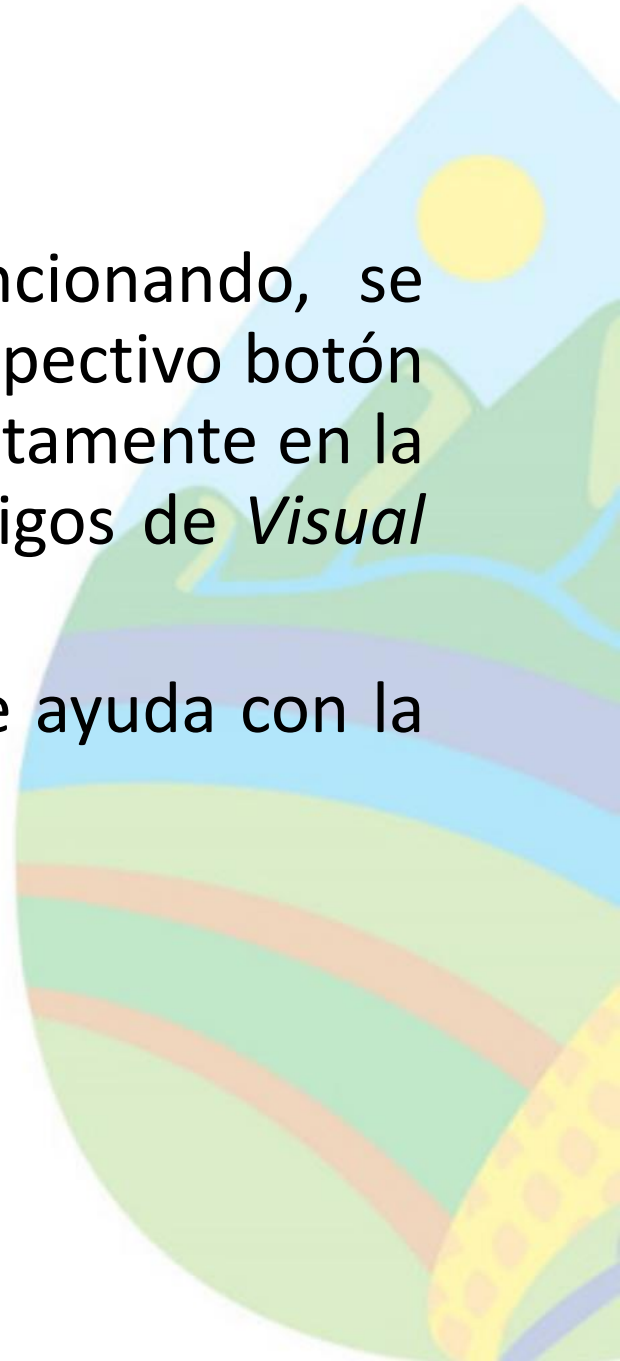


Tuberías Telescópicas (D1, D2, L1 y L2 =?)

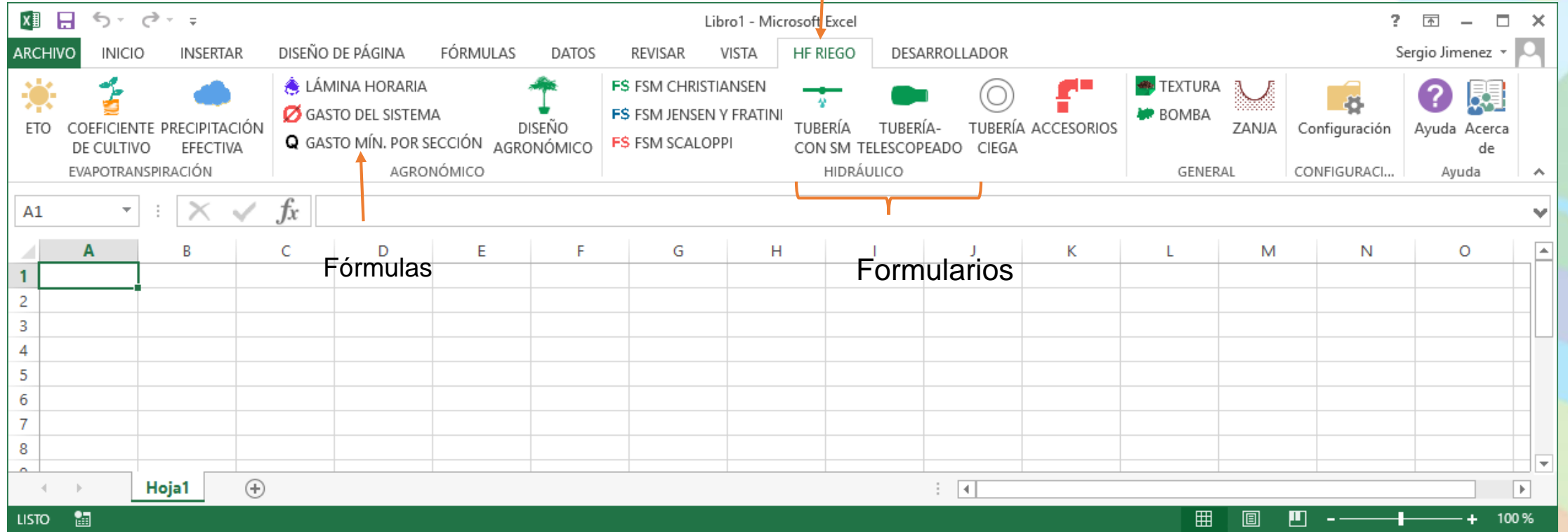
$$hfp = (hf_{T1} * F_{T1}) + (hf_{T2} * F_{T1})$$

# Código Vba

- Con las formulas y formularios programados y funcionando, se procedió a asociar cada formulario y formula con su respectivo botón contenido en la pestaña “HF Riego” esto se realizó directamente en la hoja en formato *xlam* en Microsoft Excel® usando códigos de *Visual Basic For Applications (VBA)*.
- Para el caso de las formulas se asocio la descripción de ayuda con la herramienta **RegisterU2DF7**.



# Resultados



se asignó **iconos pequeños** a las **fórmulas** que se pueden usar directamente en Excel y los iconos más **grandes** se refieren a **formularios** que permiten realizar distintos cálculos



# Modulo de configuración

Ajustes HF Riego

**Hidráulico** | Método de Diseño | Accesorios | Evapotranspiración | Zanja

**Selección del Método**  
Formula de cálculo: Manning

**Selección del Material**  
Material: PVC

**Coefficientes de Fricción**

Material	Manning	Hazen-W	Scobey
PVC	0.009	145	0.32
Polietileno	0.008	150	0.32
Aluminio	0.015	130	0.43
Asbesto-Cemento	0.011	135	0.32
Acero Galvanizado	0.0105	125	0.45

**Diámetros de tuberías en mm**

#	Nominal	Interno	#	Nominal	Interno
1-	12	10.3	9-	50	55.7
2-	16	13.2	10-	75	81
3-	17	16.1	11-	100	105.5
4-	19	20.4	12-	160	154.4
5-	20	16.73	13-	200	193
6-	25	31.38	14-	250	241.2
7-	32	39	15-	315	303.8
8-	38	45.31	16-	355	342.6

Renombrar Diámetros Nominales

Acepto Cancelar

Renombrar Diámetros Nominales

Los nombre de los nuevos diámetros en mm deben ingresar de menor a mayor

#	D Nominal(mm)	#	D Nominal(mm)	#	D Nominal(mm)
1-	12	7-	32	13-	200
2-	16	8-	38	14-	250
3-	17	9-	50	15-	315
4-	19	10-	75	16-	355
5-	20	11-	100		
6-	25	12-	160		

Cambiar Nombre

Limitado a 16 diámetros

# Modulo de configuración

Ajustes HF Riego

Hidráulico Método de Diseño Accesorios Evapotranspiración Zanja

Método de Diseño para tubería Ciega

Método de Diseño

Pérdida de Carga Unitaria

Perder  m cada  m de tubería

Velocidad Pérmisible

Vel. Mínima (m/s)  Vel. Máxima (m/s)

Eficiencia del Sistema de Riego

Goteo  %

Microaspersión  %

**Acepto**

Ajustes HF Riego

Hidráulico Método de Diseño Accesorios Evapotranspiración Zanja

Método de Diseño para tubería Ciega

Método de Diseño

Pérdida de Carga Unitaria

Perder  m cada  m de tubería

Velocidad Pérmisible

Vel. Mínima (m/s)  Vel. Máxima (m/s)

Eficiencia del Sistema de Riego

Goteo  %

Microaspersión  %

**Acepto** **Cancelar**

Ajustes HF Riego

Hidráulico Método de Diseño Accesorios Evapotranspiración Zanja

D: Diámetro (mm)	B: Ancho de la Zanja (cm)	h: Profundidad de la Zanja (cm)	E: Espesor sobre tubo (cm)	P: Plantilla (cm)	Ver Esquema
25	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
32	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
38	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
50	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
75	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
100	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
160	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
200	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
250	<input type="text" value="60"/>	<input type="text" value="85"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
315	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="90"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="5"/>	
355	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="90"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="5"/>	

**Acepto** **Cancelar**

# Formulas

Argumentos de función

LongMaxRegante

GastoEmisor	4	=	4
S	1	=	1
HF	1	=	1
Diametro	dinterno(16)	=	13.2

= 64.59805183

Calcula la longitud máxima (m) de una línea regante en m, para cambiar el material y formula de cálculo dirjase a configuración.

HF Perdida de carga permisible (m).

Resultado de la fórmula = 65

[Ayuda sobre esta función](#)

Argumentos de función

Perdida

Gasto	12	=	12
Diametro	dinterno(100)	=	105.5
Longitud	108	=	108

= 2.10101284

Devuelve la pérdida de carga por fricción en una tubería en m.

Longitud Longitud (m)

Resultado de la fórmula = 2

[Ayuda sobre esta función](#)

Se puede con la herramienta RegisterU2DF7, El cual esta limitado a 16 funciones.

Argumentos de función

Fchristiansen

Ns	65	=	65
----	----	---	----

= 0.341065089

Devuelve el factor de ajuste de Christiansen para tuberías con salidas múltiples.

Ns Ns(Numero de Salidas)

Resultado de la fórmula = 0.341065089

[Ayuda sobre esta función](#)

# Formularios

**Pérdida de Carga por Fricción en tuberías ciegas o simples**

**Datos de entrada**

Gasto o Caudal:  lps

Diámetro:  mm

Longitud:  m

**Resultados**

Pérdida (m):  m

Velocidad (m/s):  m/s

Diseño:

Gasto (lps)	Diametro (mm)	Longitud (m)	Pérdida (m)	
12.00	75	100.00	7.963	Ok
12.00	75	100.00	7.963	Ok

Longitud Total (m):       Pérdida Total (m):

*Tambien pueden reallizar los calculos usando la función =Perdida()*      **Velocidad Permissible**

**Cálculo de Volúmenes de Excavación y Relleno**

**Datos de entrada**

Long. de la tubería (m):       Diámetro (mm):

**Resultados: Áreas (m2)**

Excavación:       Plantilla:

Relleno Compactado:       Relleno a Volteo:

**Resultados: Volumen (m3)**

Excavación:       Plantilla:

Relleno Compactado:       Relleno a Volteo:

#	L Tub.(m)	Diám(mm)	Excavación	Plantilla	R. Compactado	R. Volteo
1	120.0	160	54.00	3.60	19.91	28.08
2	250.0	200	120.00	7.50	44.65	60.00
3	340.0	100	95.20	6.80	31.33	54.40

**VOLUMENES EN M3**

# Formularios TSM

**Tubería con salidas multiples Telescopicas**

**Datos de entrada**

Superficie de la Sección:  ha

Lámina Horaria:   mm/hr

Separación entre Salidas:  m

Long total de la tubería:  m

Pérd. de carga permisible:  m

**Resultados**

Gasto de la Sección:  lps

Diámetro [1]:  mm    Diámetro [2]:  mm

Longitud [1]:  m    Longitud [2]:  m

Pérdida [1]:  m    Pérdida [2]:  m

# Sección	Sup(ha)	L Horaria(mm/hr)	Gasto(lps)	Diam 1(mm)	Diam 2 (mm)	Long 1 (m)	Long 2 (m)
1	1.00	1.00	2.78	50	75	95.88	4.12
2	1.00	1.00	2.78	50	75	107.28	12.72
3	1.00	1.00	2.78	50	75	121.46	28.54

**Tuberías con Salidas Múltiples de Servicio Mixto**

**Longitud Máxima** | **Pérdida de carga por fricción**

**Datos**

Gasto del Emisor:  Lph

Separación entre emisores:  m

Pérdida de carga permisible:  m

Diámetro nominal:  mm

Distancia a la Primera Salida:  m

**Resultados**

Número de salida:

Longitud Máxima:  m

Pérdida de Carga:  m

Pueden realizar los calculos usando la función =LongMaxRegante()

**Tuberías con Salidas Múltiples de Servicio Mixto**

**Longitud Máxima** | **Pérdida de carga por fricción**

**Datos**

Gasto del Emisor:  Lph

Separación entre emisores:  m

Número de salida:

Diámetro nominal:  mm

Distancia a la Primera Salida:  m

**Resultados**

Pérdida:  m

Longitud:  m

Factor de SM:

# Reportes

Libro1 - Microsoft Excel

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA HF RIEGO DESARROLLADOR

ETO COEFICIENTE DE CULTIVO EVAPOTRANSPIRACIÓN PRECIPITACIÓN EFECTIVA LÁMINA HORARIA GASTO DEL SISTEMA GASTO MÍN. POR SECCIÓN AGRONÓMICO DISEÑO AGRONÓMICO FS FSM CHRISTIANSEN FS FSM JENSEN Y FRATINI FS FSM SCALOPPI TUBERÍA CON SM TELESCOPEADO TUBERÍA-TELESCOPEADO HIDRÁULICO TUBERÍA CIEGA TUBERÍA ACCESORIOS TEXTURA BOMBA ZANJA Configuración Ayuda Acerca de Ayuda

B2

Pérdida de carga en Tuberías con Salidas Múltiples Telescopicas													
											Hidráulica Fácil-HF RIEGO		
											<a href="http://www.hidraulicafacil.com">www.hidraulicafacil.com</a>		
											<a href="http://www.hfcanales.com">www.hfcanales.com</a>		
											M.C. Sergio Iván Jiménez Jiménez		
											777 305 3164		
											Derechos Reservados		
# Sección	Superficie de la Sección (ha)	Separación entre Salidas (m)	Lámina horaria (mm/hr)	Long total de la tubería	Pérdida de carga Permisible (m)	Gasto de la seccion(lps)	Diámetro [1] (mm)	Diámetro [2] (mm)	Longitud [1] (m)	Longitud [2] (m)	Pérdida de carga [1] (m)	Pérdida de carga [2] (m)	
1	1.000	4.000	1.000	100.000	1.000	2.7778	50	75	95.8833	4.1167	0.9825	0.0175	
2	1.000	4.000	1.000	120.000	1.000	2.7778	50	75	107.2834	12.7166	0.9496	0.0504	
3	1.000	4.000	1.000	150.000	1.000	2.7778	50	75	121.4571	28.5429	0.9001	0.0999	

RETo KCExport RPE Hoja7 RTuberiaSM **RTuberiaT** RTubCiega RAccesorio ...

LISTO

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS

ETO COEFICIENTE DE CULTIVO EVAPOTRANSPIRACIÓN PRECIPITACIÓN EFECTIVA LÁMINA HORARIA GASTO DEL SISTEMA GASTO MÍN. POR SECCIÓN AGRONÓMICO DISEÑO AGRONÓMICO

D17

Diseño Hidráulico de Tube	
Longitud total	200 m
Pérdida Total	15.926 m

Núm Tramo	Gasto (lps)	Diametro (mm)	Longitud (m)	Pérdida(m)	Velocidad(m/s)	Condición de Diseño
1	12.000	75.000	100.000	7.963	2.329	Ok
2	12.000	75.000	100.000	7.963	2.329	Ok

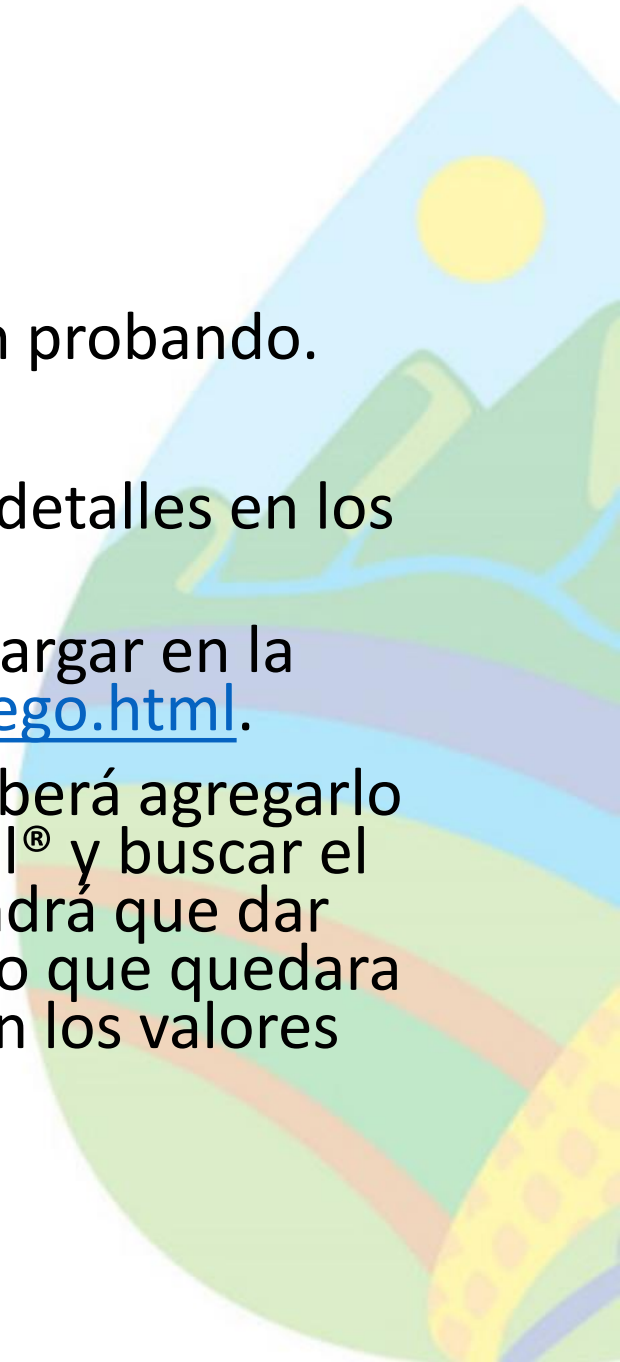
RETo KCExport RPE Hoja7 RTuberiaSM RTuberiaT **RTubCiega** RAccesorio ...

LISTO



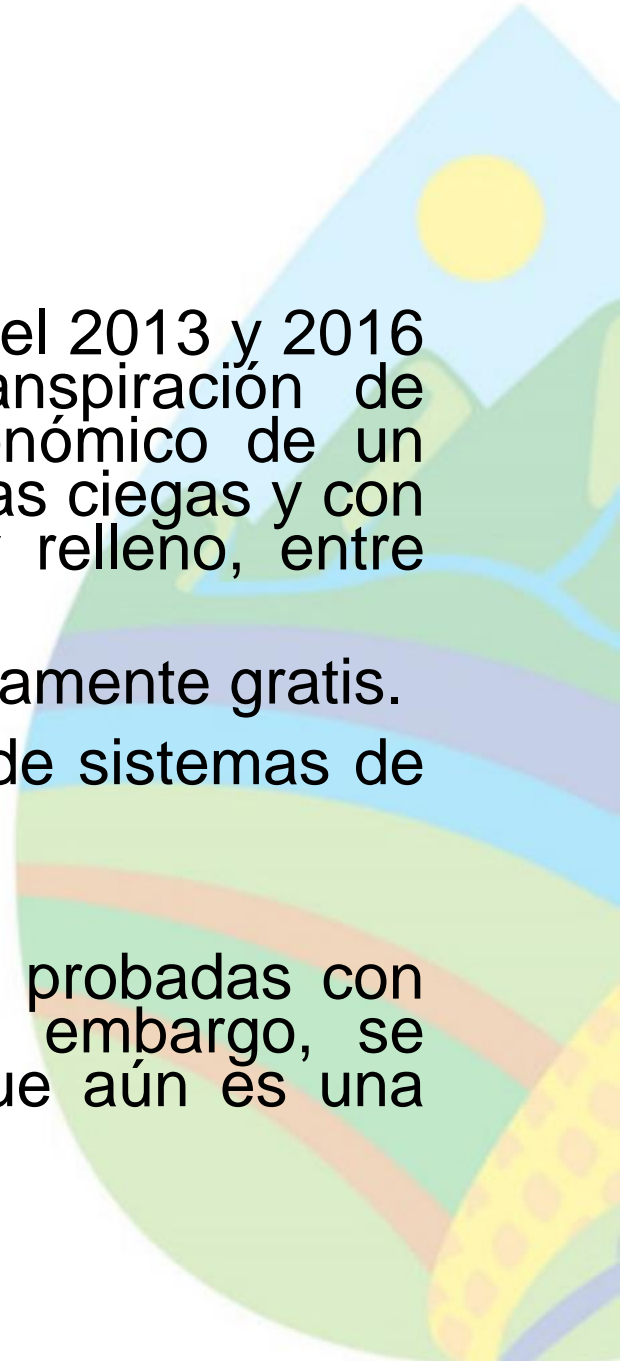
# Pruebas e instalación

- Se han probado todas las funciones con ejemplos y se siguen probando.
- Se ha diseñado un proyecto con el complemento.
- Sin embargo, aun esta en versión Beta, por si se encuentran detalles en los cálculos.
- El complemento se distribuye gratuitamente y se podrá descargar en la dirección <https://www.hidraulicafacil.com/p/extension-hf-riego.html>.
- El usuario que desee instalar el complemento “HR Riego” deberá agregarlo desde la opción *administrar complemento* de Microsoft Excel® y buscar el archivo que ha descargado de la web, de esta manera no tendrá que dar doble clic sobre el archivo *xlam* cada vez que lo requiera, sino que quedara disponible siempre que se habrá Microsoft Excel® y quedaran los valores de configuración tal como el usuario los definió.



# Conclusiones

- Se presenta una herramienta disponible para Microsoft Excel 2013 y 2016 que entre sus funciones permite calcular la evapotranspiración de referencia, precipitación afectiva, realizar el diseño agronómico de un sistema de riego localizado, diseñar hidráulicamente tuberías ciegas y con salidas múltiples, cuantificar cantidades de excavación y relleno, entre otras
- Complemento de Excel fácil de instalar y de usar, y completamente gratis.
- Pensado en facilitar la elaboración de reportes de diseño de sistemas de riego presurizados.
- Cálculos ligados a ajustes de usuarios.
- Cabe destacar que la mayoría de las funciones han sido probadas con diferentes ejemplos dando resultados satisfactorios, sin embargo, se considera necesario someterlos a más pruebas por lo que aún es una versión *Beta*.



GRACIAS



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

Sergio Iván Jimenez Jimenez

Serchjimenez.1990@gmail.com

