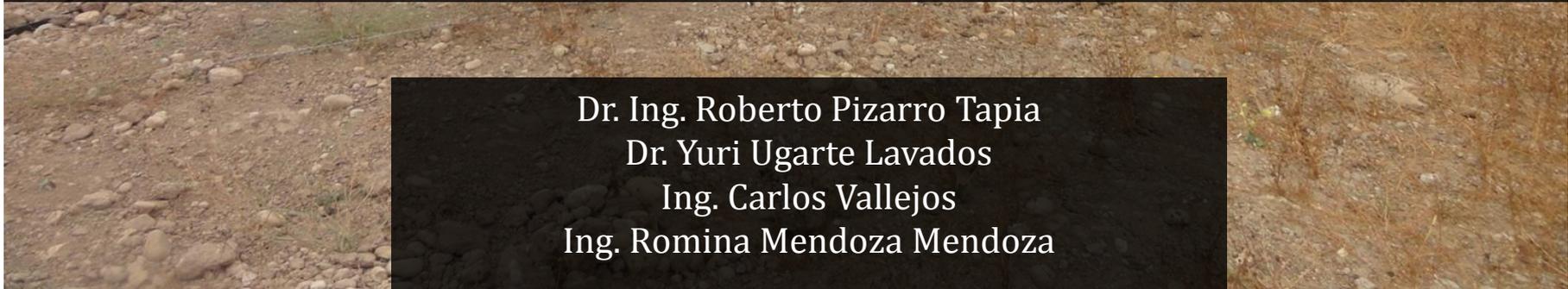




Diseño de Sistemas de Captación de Aguas Lluvia (SCALLS),  
Universidad de Talca, Coordinación del Agua, Región de los Ríos,  
Mayo del 2015



Dr. Ing. Roberto Pizarro Tapia  
Dr. Yuri Ugarte Lavados  
Ing. Carlos Vallejos  
Ing. Romina Mendoza Mendoza

# INTRODUCCIÓN

En muchas regiones del mundo el agua se está convirtiendo en un factor limitante para la salud humana, la producción de alimentos, el desarrollo industrial y la estabilidad económica y política. Aunque el 70% de la superficie del planeta está compuesta por agua, solamente un 2.5% es agua dulce, y de esta última, poco menos de un 0.3% es agua superficial.

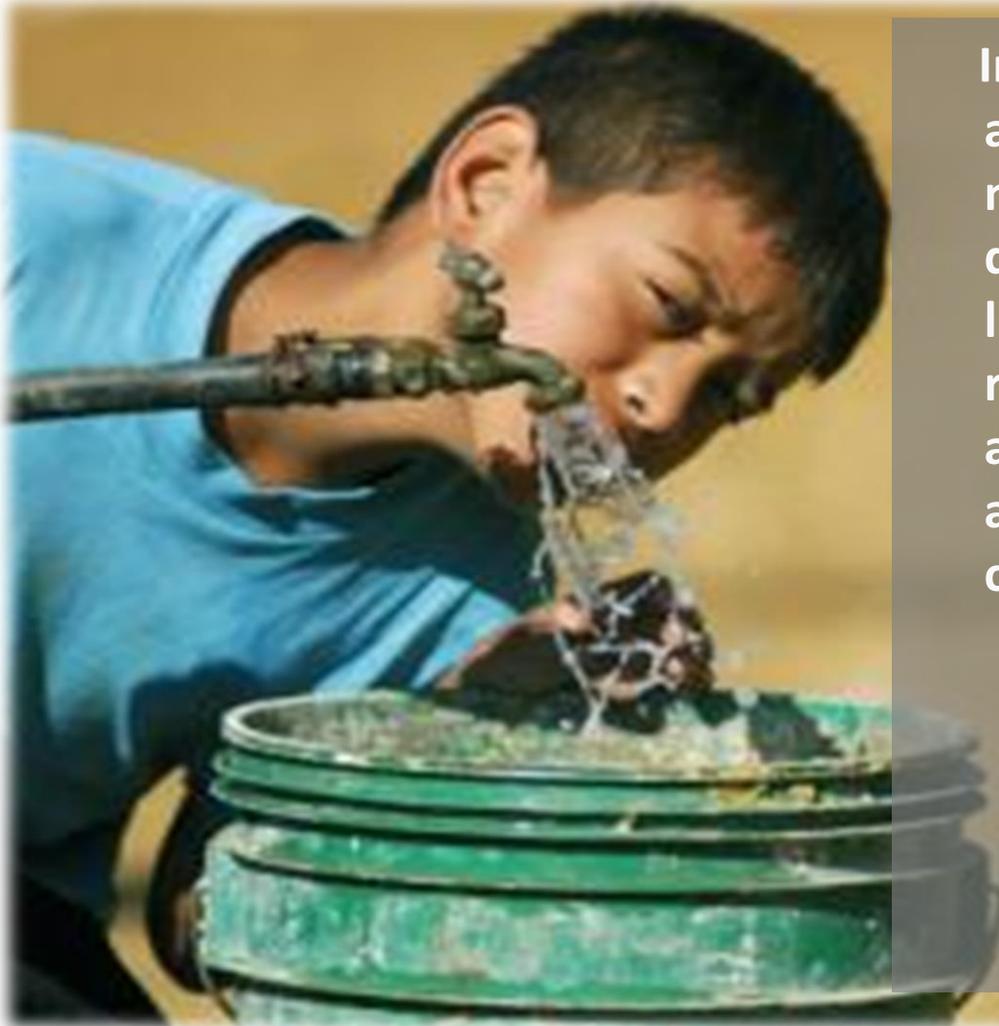


# INTRODUCCIÓN

En Chile los SCALLs aún no han sido implementados de forma masiva, en comparación con países como EEUU, España, Alemania, Sudáfrica, China, Taiwán, Singapur, Nueva Delhi, México y Brasil, entre otros, en donde estos sistemas se han masificado con proyectos que han llevado a cabo la construcción de cientos, miles y hasta millones de sistemas de acumulación de aguas lluvias.



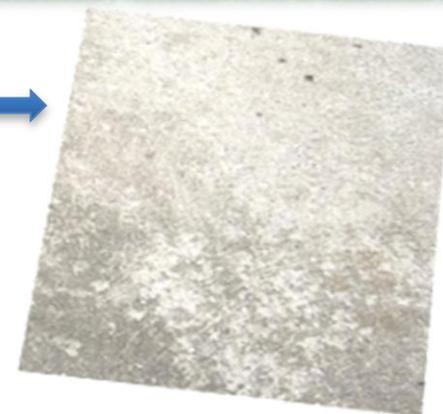
## OBJETIVO DE LOS SCALLS



Incrementar la disponibilidad de agua para zonas rurales y urbanas mediante el diseño y construcción de sistemas de captación de aguas lluvias, permitiendo la utilización del recurso con fines de consumo de agua potable, producción agropecuaria, consumo doméstico y consumo animal.

Componentes de un  
**SCALL**

Superficie de Captación de Aguas Lluvias  
Impermeabilizada

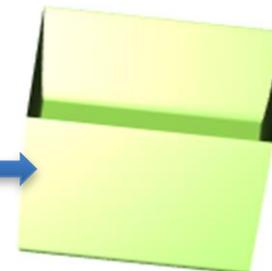


Filtro Decantador de Sedimentos

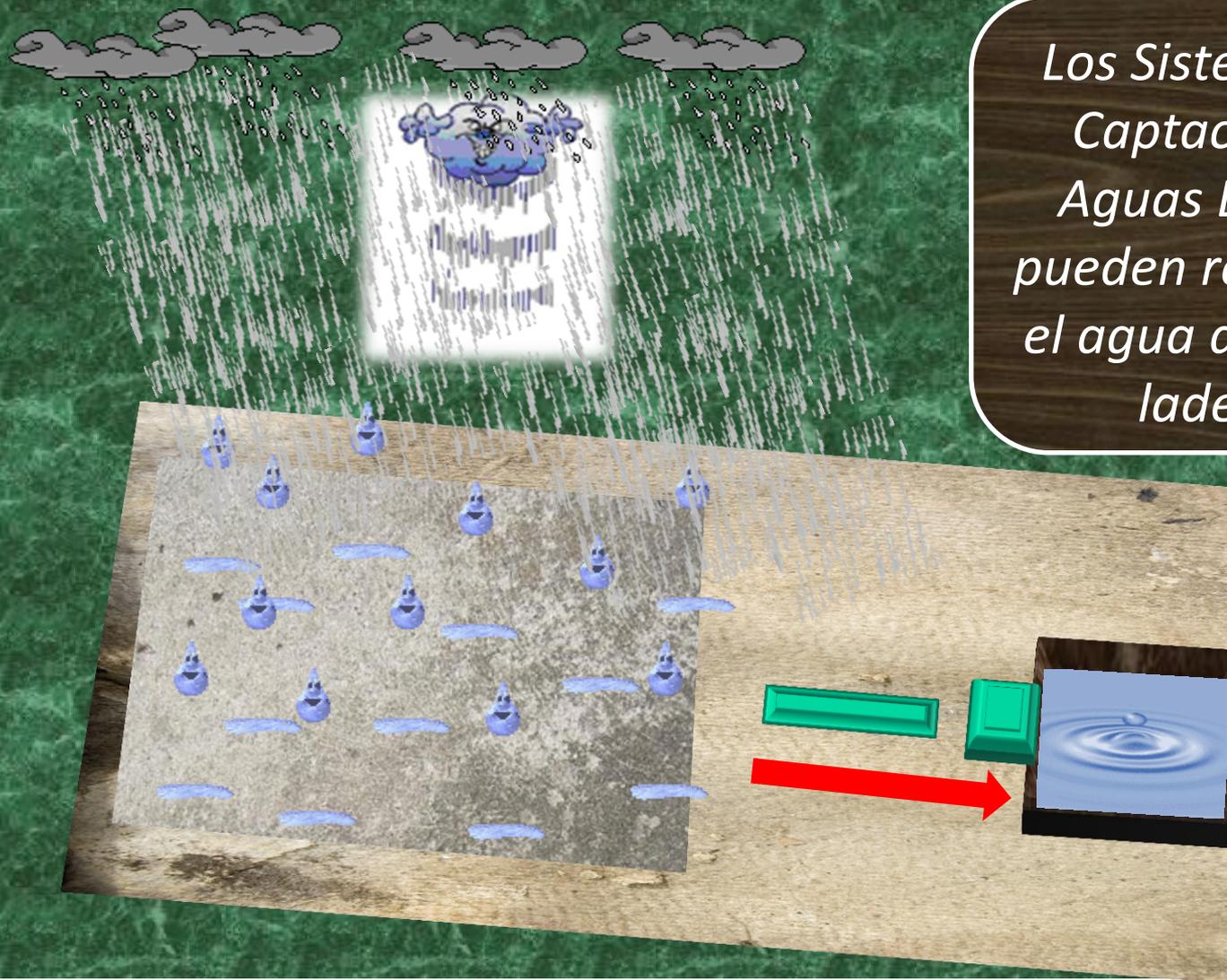


Cisterna de Acumulación

Dimensionada según cantidad de agua  
Impermeabilizada



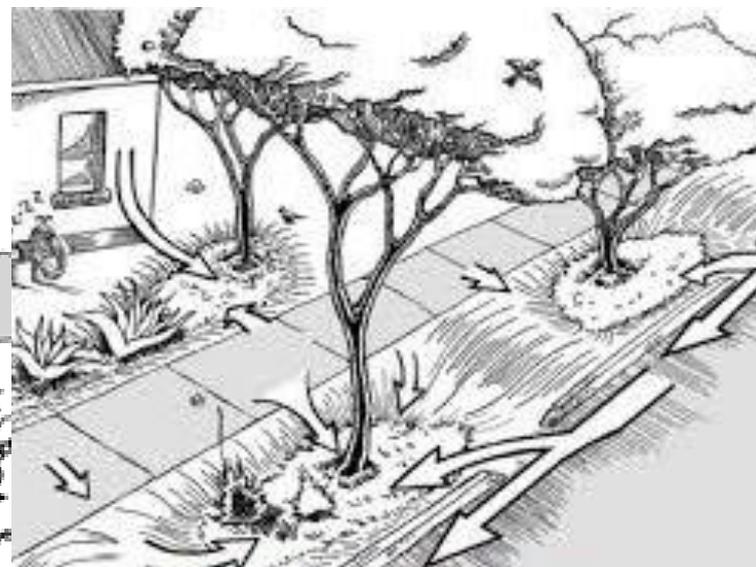
Componentes de un SCALL



*Los Sistemas de  
Captación de  
Aguas Lluvias,  
pueden recolectar  
el agua desde las  
laderas*

## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

- Es posible también acumular aguas lluvias en ciudades, desde techos de casas y edificios. Estas aguas pueden servir para el riego de áreas verdes, la infiltración del agua en sistemas urbanos y la disminución de los caudales circulantes aguas abajo, evitando los consiguientes daños.



## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

- Debido a las sequías, la contaminación actual y los efectos del cambio climático en general, los SCALLs han vuelto en popularidad en todo el mundo



## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

# El caso de Tucson, AZ

- Pionero en USA
- Reembolso de hasta US\$2.000 (dos niveles)
  - Deben recibir agua de “Tucson Water”
  - Se debe asistir a un taller
  - Presentar un plano del proyecto
- Tres prácticas principales para SCALs:
  - Captación en techos
  - Captación en jardines
  - Captación en calles







Input from rain gutter system

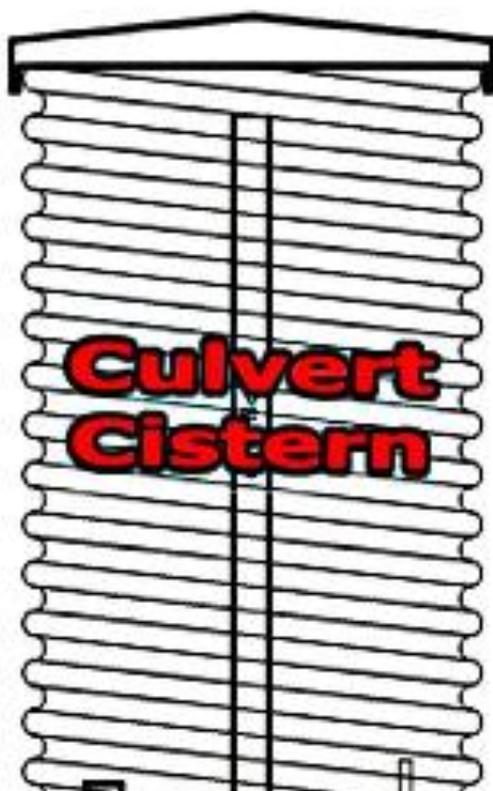
Solid Lid  
W/ Vent

**APPROXIMATE GALLONS**

5x8 = 1000

4x8 = 750

3x8 = 425



**Culvert  
Cistern**

Output hose bib

concrete

Input

Clean out

Overflow

Pop-up



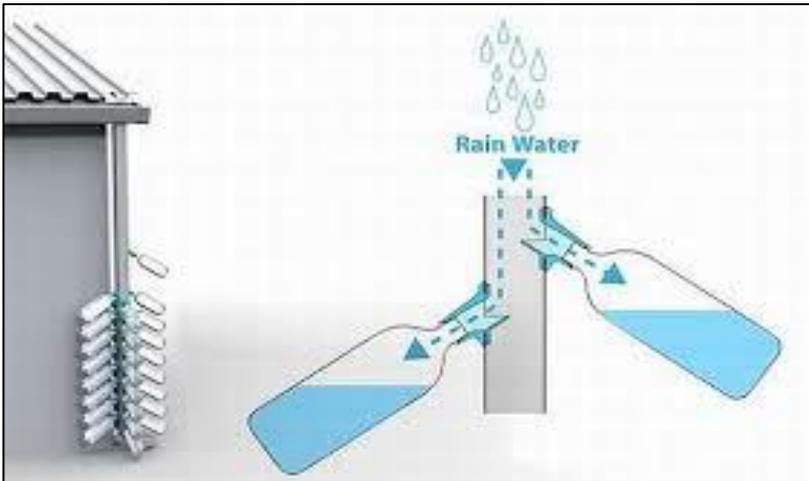
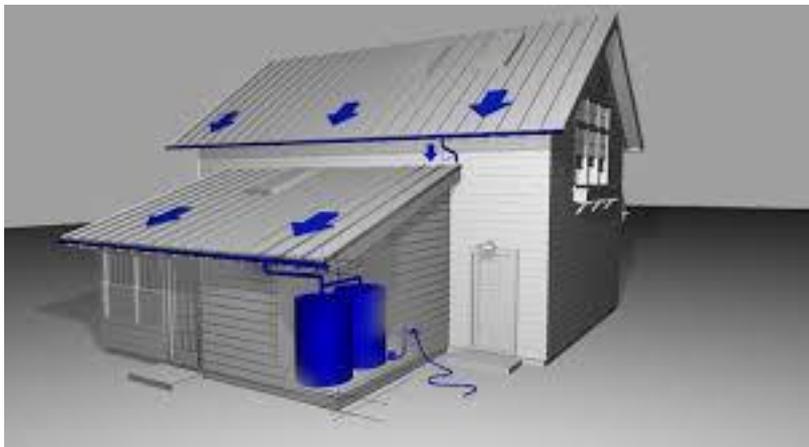
Southern Arizona  
Rain Gutters

















## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS (SCALLS)



**DISEÑO HIDROLÓGICO**

**Análisis de Precipitación**  
Pp diseño  
Pérdidas (e, ev.)

**DISEÑO CONSTRUCTIVO**

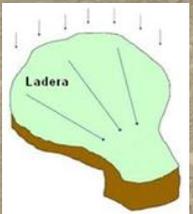
**Materiales zona captación**  
**Materiales cisterna**

**TRATAMIENTO DE AGUA**

**Usos: Riego**  
**Potable**  
**Animales**

| Tipo de Cubierta | Coefficiente Captación |
|------------------|------------------------|
| Concreto         | 0,6 - 0,8              |
| Pavimento        | 0,5 - 0,6              |
| Geomembrana      | 0,85 - 0,9             |

**EVALUACIÓN:**  
Eficiencia hídrica  
Económica  
Calidad de aguas



# Caracterización Hidrológica

**Selección de Sitios**

**Diseño Hidrológico**

**Accesibilidad**

**Tipo tenencia Propiedad**

**Disposición**

**Disponibilidad Hídrica**

**Factibilidad Técnica y espacial**

**Análisis Estadístico**

**Determinación de Materiales**

**Tipos de Construcción**

# Caracterización Hidrológica

## Análisis Estadístico

## Función de Distribución de Probabilidad (FDP)

## Función de Distribución Gumbel

$$\text{Probabilidad de Excedencia} = P(X) = \frac{1}{T}$$

$$F(X) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}$$

$$F(X) = e^{-e^{-d \cdot (x - \mu)}}$$

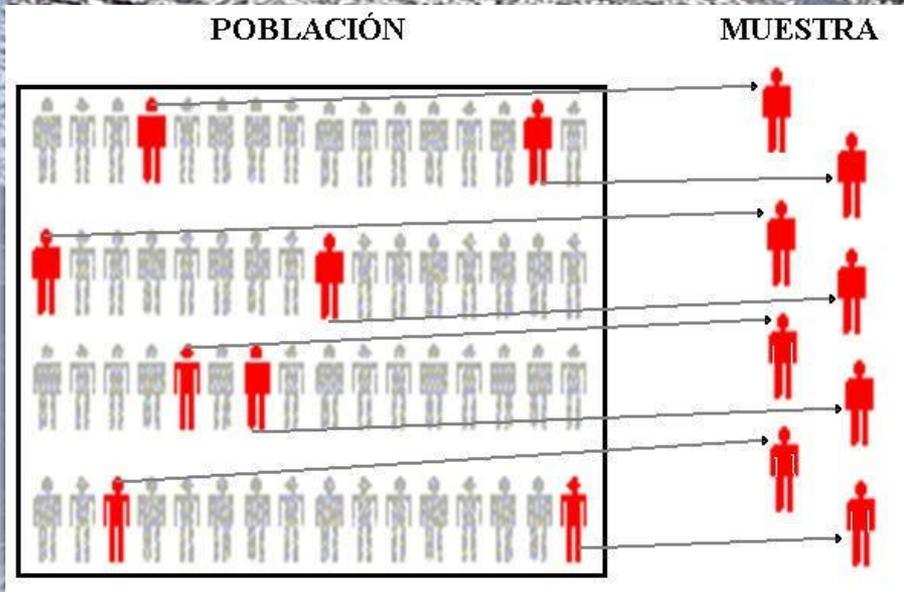
Donde:

X: Valor a asumir por la variable aleatoria (precipitación de diseño).

d y u: Parámetros a ajustar de la función.

E: Constante de Neper.

# Funciones de Distribución de Probabilidad



Según Chow *et al.* (1994), al conjunto de observaciones  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , de la variable aleatoria, se denomina *muestra*. Una muestra es sacada de una población hipotéticamente infinita, que posee propiedades estadísticas constantes.

Si el número de observaciones  $n_i$ , en el intervalo  $i$  que cubre un cierto rango, se divide por el número total de observaciones  $n$ , el resultado se conoce como *frecuencia relativa*

# Funciones de Distribución de Probabilidad



La suma de los valores de la frecuencia relativa hasta un punto dado, es la función de frecuencia acumulada, y en su límite, cuando  $n \rightarrow \infty$  y  $\Delta x \rightarrow 0$ , se denomina Función de Distribución de Probabilidad (F.D.P.)

# Funciones de Distribución de Probabilidad

Probabilidad  
excedencia: Es de  
la  
probabilidad asociada al  
período de retorno.

$$P(x > X) = \frac{1}{T}$$

**Período de retorno:** Se define como el tiempo que transcurre entre dos sucesos iguales. Sea ese tiempo T.



# Formas de Determinar la Probabilidad

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T}$$

De esta forma es importante definir las Funciones de Distribución de Probabilidad que mejor se ajustan al comportamiento de las variables hidrológicas, donde no se considerará para este ejemplo la Función de Distribución Normal, la cuál si bien es el modelo más utilizado y con mayor importancia en el campo de la estadística, su uso es muy limitado en hidrología, dado que las variables raramente se comportan de esta forma (Varas y Bois, 1998).

función de distribución de probabilidad  $F(X)$

# Distribución Gumbel

$$F(x) = e^{-e^{-\sigma * (x - \mu)}} \quad ; \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

$x$  = valor a asumir por la variable aleatoria.

$e$  = base de los logaritmos neperianos.

$\mu$  y  $\sigma$  = parámetros a estimar en función de la muestra.

$$\mu = \bar{X} - 0,450047 * S$$

$$\sigma = \frac{1}{0,779696 * S}$$

$S$  = desviación estándar de la muestra;

$\bar{X}$  = media de la muestra.

# Medidas de bondad de ajuste

## Test de Kolmogorov - Smirnov $R^2$

Compara la desviación de la frecuencia observada acumulada con la relación a la frecuencia teórica acumulada de manera de obtener el supremo de las diferencias en valor absoluto.

$$K-S = \max_i |Fn(X)_i - F(X)_i|$$

Donde:

$R^2$  : Coeficiente de determinación;  $0 \leq R^2 \leq 1$

$\overline{F_n(x)}$  : Media de las frecuencias observadas acumuladas

$F_n(x)_i$  : Frecuencia observada

$F(x)$  : Frecuencia teórica acumulada

# Metodología

## Ajuste de los datos a la FDP de Gumbel

$F_n(x) = \frac{n}{N+1}$  Expresión de Weibull

Diferencia Suprema

$D_c = \text{Sup} | F_n(x)_i - F(x)_i |$

- $D_c$  = Supremo de las Diferencias.
- $F_n(x)_i$  = Frecuencia Observada Acumulada de Weibull.
- $F(x)_i$  = Frecuencia Teórica Acumulada

| Años | Precipitación Anual | Orden Creciente | Frecuencia Relativa $F_n(X) = (n/N+1)$ | Frecuencia Teórica Gumbel $F(X)$ | Dc Sup  |
|------|---------------------|-----------------|--|----------------------------------|---------|
| 1990 | 538.9               | 307.1           | 0.0476                                 | 0.00027                          | 0.04733 |
| 1991 | 967                 | 532.5           | 0.0952                                 | 0.06142                          | 0.03378 |
| 1992 | 538.9               | 538.9           | 0.1429                                 | 0.06682                          | 0.07608 |
| 1993 | 595.7               | 595.7           | 0.1905                                 | 0.12731                          | 0.06319 |
| 1994 | 667.5               | 667.5           | 0.2381                                 | 0.23195                          | 0.00615 |
| 1995 | 668.8               | 668.8           | 0.2857                                 | 0.23407                          | 0.05163 |
| 1996 | 743.1               | 743.1           | 0.3333                                 | 0.3616                           | 0.0283  |
| 1997 | 751.3               | 751.3           | 0.381                                  | 0.37605                          | 0.00495 |
| 1998 | 830.8               | 830.8           | 0.4286                                 | 0.51261                          | 0.08401 |
| 1999 | 847                 | 847             | 0.4762                                 | 0.53884                          | 0.06264 |
| 2000 | 851.8               | 851.8           | 0.5238                                 | 0.54647                          | 0.02267 |
| 2001 | 933.6               | 933.6           | 0.5714                                 | 0.66474                          | 0.09334 |
| 2002 | 967                 | 967             | 0.619                                  | 0.70612                          | 0.08712 |
| 2003 | 1078.1              | 1078.1          | 0.6667                                 | 0.81517                          | 0.14847 |
| 2004 | 1083.8              | 1083.8          | 0.7143                                 | 0.81967                          | 0.10537 |
| 2005 | 1222.6              | 1109.7          | 0.7619                                 | 0.83892                          | 0.07702 |
| 2006 | 1083.8              | 1126.4          | 0.8095                                 | 0.85032                          | 0.04082 |
| 2007 | 532.5               | 1205.2          | 0.8571                                 | 0.8948                           | 0.0377  |
| 2008 | 1078.1              | 1222.6          | 0.9048                                 | 0.90279                          | 0.00201 |
| 2009 | 595.7               | 1291.5          | 0.9524                                 | 0.92578                          | 0.00000 |

# Metodología

## Tests de Bondad del Ajuste

Una vez obtenido el supremo de las diferencias, para cada una de las duraciones, se compara con el valor de la tabla Kolmogorov-

| $D_c$   | $D_t$ | Ajuste K-S | $R^2$ |
|---------|-------|------------|-------|
| 0,14847 | 0,294 | Acepta Ho  | 0,942 |

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (F_n(x))_i - F(x)_i)^2}{\sum (F_n(x)_i - \overline{F_n(x)_i})^2}$$

- $F_n(x)_i$  = Frecuencia Observada Acumulada de Weibull.
- $F(x)_i$  = Frecuencia Teórica Acumulada de Gumbel.
- $\overline{F_n(x)_i}$  = Promedio de la Frecuencia Observada.

Para el nivel de confianza de aceptación ( $R^2$ ), se indica que el valor de la tabla 95% de representatividad es superior a la diferencia real.

# Metodología

## Precipitación asociada a una probabilidad

Una vez realizado el ajuste de la  
FPP...  
 **$P(x \leq X) = 0,1$**   
**Probabilidad de Ocurrencia**  
períodos de retorno

**$X_i = \mu - \frac{(\ln(-\ln F(x)))}{\sigma}$**

$X_i$  = Valor de intensidad para la duración  $i$ .  
 $\mu$  y  $\sigma$  = Parámetros estimados para cada duración.  
 $\ln$  = Logaritmo Natural.  
 $F(x)$  = Probabilidad asociada al período de retorno.

$$x = 746.66 - \frac{\ln(-\ln(F(0,10)))}{0,00479} = 572,54$$

# Metodología

## Calculo del área de captación

$$A_{cap} = \frac{V_c}{P * e}$$

$$A_{cap} = \frac{30 \text{ m}^3}{0.57254 \text{ m} * 0.85} = 61.644 \text{ m}^2$$

Donde:

$A_{cap}$  = Área de captación en la ladera (m<sup>2</sup>);

$V_c$  = Volumen de la cisterna (m<sup>3</sup>);

$P$  = Precipitación de diseño (m), calculada para una probabilidad de excedencia

|             |     |
|-------------|-----|
| Geomembrana | 85% |
| Concreto    | 60% |
| Pavimento   | 50% |

# Caracterización Hidrológica



- Se desea construir una cisterna de acumulación de aguas lluvias con los datos de la estación Talca UC.

| AÑO  | PRECIPITACION |
|------|---------------|
| 1983 | 544,40        |
| 1984 | 1061,80       |
| 1985 | 534,70        |
| 1986 | 953,60        |
| 1987 | 773,70        |
| 1988 | 592,80        |
| 1989 | 445,30        |
| 1990 | 433,90        |
| 1991 | 705,60        |
| 1992 | 895,20        |
| 1993 | 532,90        |
| 1994 | 513,90        |
| 1995 | 571,50        |
| 1996 | 357,10        |
| 1997 | 868,50        |
| 1998 | 217,30        |
| 1999 | 609,30        |
| 2000 | 672,10        |
| 2001 | 781,30        |
| 2002 | 972,60        |
| 2003 | 441,60        |
| 2004 | 581,10        |
| 2005 | 855,50        |
| 2006 | 766,90        |
| 2007 | 333,10        |
| 2008 | 660,30        |
| 2009 | 533,40        |
| 2010 | 451,50        |

# Caracterización Hidrológica



- Lo primero es calcular los parámetros de la función de Gumbel.

$$d = \frac{1}{0,779696 * S}$$

$$\mu = \bar{x} - 0,450047 * S$$

|                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| <b>Promedio</b>   | <b>630,75</b>      |
| <b>Desviación</b> | <b>209,622729</b>  |
| <b>u</b>          | <b>536,4063483</b> |
| <b>d</b>          | <b>0,006118378</b> |

$$F_n(x) = \frac{n}{N+1}$$

Expresión de Weibull

$F_n(x)$  = Frecuencia Observada Acumulada.  
 - Número del dato n.

### Diferencia Suprema

$$D_c = \text{Sup} | F_n(x)_i - F(x)_i |$$

$D_c$  = Supremo de las Diferencias.  
 $F_n(x)_i$  = Frecuencia Observada Acumulada de Weibull.  
 $F(x)_i$  = Frecuencia Teórica Acumulada

| Nº | Datos   | $F_n(x)$   | $F(x)$     | SUP        | Prom. $F_n(x)$ |
|----|---------|------------|------------|------------|----------------|
| 1  | 217,30  | 0,03448276 | 0,00087117 | 0,03361159 | 0,5            |
| 2  | 333,10  | 0,06896552 | 0,03114397 | 0,03782154 | 0,5            |
| 3  | 357,10  | 0,10344828 | 0,05001867 | 0,0534296  | 0,5            |
| 4  | 433,90  | 0,13793103 | 0,15376815 | 0,01583711 | 0,5            |
|    | 441,60  | 0,17241379 | 0,16760461 | 0,00480918 | 0,5            |
|    | 445,30  | 0,20689655 | 0,1744413  | 0,03245525 | 0,5            |
|    | 451,50  | 0,24137931 | 0,1861563  | 0,05522301 | 0,5            |
|    | 513,90  | 0,27586207 | 0,31738685 | 0,04152478 | 0,5            |
|    | 532,90  | 0,31034483 | 0,35998787 | 0,04964304 | 0,5            |
|    | 533,40  | 0,34482759 | 0,36111306 | 0,01628547 | 0,5            |
|    | 534,70  | 0,37931034 | 0,36403882 | 0,01527153 | 0,5            |
|    | 544,40  | 0,4137931  | 0,38586467 | 0,02792843 | 0,5            |
|    |         | 0,44827586 | 0,44629713 | 0,00197873 | 0,5            |
|    |         | 0,48275862 | 0,46731658 | 0,01544204 | 0,5            |
|    |         | 0,51724138 | 0,49253308 | 0,0247083  | 0,5            |
|    |         | 0,55172414 | 0,52719247 | 0,02453167 | 0,5            |
|    |         | 0,5862069  | 0,62588448 | 0,03967758 | 0,5            |
|    |         | 0,62068966 | 0,64664932 | 0,02595966 | 0,5            |
|    |         | 0,65517241 | 0,70106223 | 0,04588982 | 0,5            |
|    |         | 0,68965517 | 0,78342268 | 0,09376751 | 0,5            |
|    |         | 0,72413793 | 0,79125405 | 0,06711612 | 0,5            |
|    |         | 0,75862069 | 0,79971635 | 0,04109566 | 0,5            |
|    |         | 0,79310345 | 0,86767145 | 0,074568   | 0,5            |
| 24 | 868,50  | 0,82758621 | 0,87713922 | 0,04955301 | 0,5            |
| 25 | 895,20  | 0,86206897 | 0,89464135 | 0,03257239 | 0,5            |
| 26 | 953,60  | 0,89655172 | 0,92507273 | 0,028521   | 0,5            |
| 27 | 972,60  | 0,93103448 | 0,93301357 | 0,00197909 | 0,5            |
| 28 | 1061,80 | 0,96551724 | 0,96062312 | 0,00489412 | 0,5            |

# Caracterización Hidrológica



- Luego, se realizan las pruebas de bondad de ajuste mencionadas anteriormente.

|                |            |
|----------------|------------|
| Dc             | 0,09376751 |
| Dt             | 0,25       |
| R <sup>2</sup> | 0,98204985 |

- Dado que el estadístico calculado (Dc) es menor que el estadístico de tabla (Dt), se acepta el ajuste de la función de Gumbel, lo cual es avalado por el Coeficiente de Determinación R<sup>2</sup>.

# Caracterización Hidrológica



- Posteriormente a través del despeje de  $x$  de la función de Gumbel se procede a calcular la precipitación de diseño de la obra, con un 90% de probabilidad de las lluvias sean menores al valor calculado. Este se calcula de la siguiente forma:

$$x = \mu - \frac{\ln(-\ln(F(x)))}{d}$$

- A partir de los datos se obtiene que la precipitación de diseño es de 400.09 mm

# Caracterización Hidrológica



- Luego, a partir de este valor, se procede a calcular el área de captación, de la siguiente forma:

$$A_{cap} = \frac{V_c}{P * e}$$

Donde:

$A_{cap}$  = Área de captación en la ladera ( $m^2$ );

$V_c$  = Volumen de la cisterna ( $m^3$ );

$P$  = Precipitación de diseño (m), calculada para una probabilidad de excedencia;

$e$  = Coeficiente de escorrentía, que dependerá del material con que se impermeabilice la ladera.

# Caracterización Hidrológica



- Para el diseño con geomembrana, el cálculo es de la siguiente forma:

$$Ac = 30 \text{ m}^3 / ((400,09 \text{ mm}/1000) * 0,85) = 88.2 \text{ m}^2$$

# Caracterización Hidrológica



- Para las restantes medidas y materiales, solo hay que reemplazar los datos, obteniendo lo siguiente:

| E           |      |
|-------------|------|
| Geomembrana | 0,85 |
| Concreto    | 0,6  |
| Pavimento   | 0,5  |

|                                     | Capacidad (m <sup>3</sup> ) |       |       |       |       |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                     | 30                          | 40    | 50    | 60    | 70    |
| Área de Captación (m <sup>2</sup> ) | 88,2                        | 117,6 | 147   | 176,4 | 205,8 |
|                                     | 125                         | 166,6 | 208,3 | 249,9 | 291,6 |
|                                     | 150                         | 200   | 249,9 | 299,9 | 349,9 |

## Tipos de Construcción



# Aplicaciones de los Scalls

**Agua para Consumo Humano**

**Agua para Consumo Animal**

**Agua para riego**

**Agua para Combate de Incendio**



## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

# ÁREA DE CAPTACIÓN: GEOMEMBRANA Y HORMIGÓN

# SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

## ÁREA DE CAPTACIÓN



Geomembrana

# SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

## ÁREA DE CAPTACIÓN



*Hormigón Armado*

## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

# ÁREAS DE ACUMULACIÓN: DISTINTAS MATERIALIDADES

# SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS



Sistema de captación ( $60\text{m}^2$ ) y acumulación ( $30\text{m}^3$ ) de aguas lluvias construida en hormigón (Total  $\approx$ MM\$4,6), Sector Los Marcos, Comuna de Longaví.

# SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS



Sistema de captación de geomembrana (50m<sup>2</sup>) y estanque de polietileno (20m<sup>3</sup>) (Total≈MM\$3,7), Sector Peralillo, Comuna de Chanco.

# SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS



Sistema de captación ( $150\text{m}^2$ ) y acumulación ( $50\text{m}^3$ ) de aguas lluvias construida con geomembrana (Total  $\approx$ MM\$4,6), Sector Huapi, Comuna de Licantén.

## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS



Sistema de captación de geomembrana (85m<sup>2</sup>) e hidro-acumulador de PVC (30m<sup>3</sup>)(Total≈MM\$3,2), Sector Lagunillas, Comuna de Chanco.

# SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS



**nivel de agua  
acumulado al  
14 de mayo de  
2014**

Sistema de captación de geomembrana (60m<sup>2</sup>) y estanque de fibra de vidrio (20m<sup>3</sup>)(Total≈MM\$4,6), Sector Ramadilla, Comuna de Pelluhue.

# SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS



Sistema de captación de geomembrana (95m<sup>2</sup>) y estanque australiano (40m<sup>3</sup>) (Total≈MM\$5,2), Sector Peuño Alto, Comuna de Pelluhue.

## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

- Se pueden acumular desde decenas de metros cúbicos a miles de ellos y esa **agua es "gratis"**.
- Los costos se encuentran asociados a unidades experimentales, por lo que se estima que éstos pueden ser reducidos en un 30% aproximadamente.

| Sector          | Área de Captación                                 | Área de Acumulación                                    | Valor aproximado (MM\$) | Valor aproximado (\$/m3) |
|-----------------|---|--|-------------------------|--------------------------|
| La Leonera      | 90 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor  | 30 m <sup>3</sup> estanque vertical de polietileno     | 5,5                     | 183.333                  |
| Huapi           | 150 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor | 50 m <sup>3</sup> geomembrana                          | 4,6                     | 92.000                   |
| El Molino       | 115 m <sup>2</sup> geomembrana HD                 | 40 m <sup>3</sup> flexitank de pvc                     | 4                       | 100.000                  |
| Rapilermo Alto  | 170 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor | 60 m <sup>3</sup> de geomembrana                       | 4,3                     | 71.667                   |
| El Guindo       | 85 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor  | 30 m <sup>3</sup> flexitank de pvc                     | 3,2                     | 106.667                  |
| Peralillo       | 50 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor  | 20 m <sup>3</sup> estanque vertical de polietileno     | 3,7                     | 185.000                  |
| Quilhuene       | 120 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor | 50 m <sup>3</sup> flexitank de pvc                     | 4,9                     | 98.000                   |
| Lagunillas      | 50 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor  | 20 m <sup>3</sup> flexitank pvc                        | 2,1                     | 105.000                  |
| Ramadilla       | 50 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor  | 20 m <sup>3</sup> estanque vertical de fibra de vidrio | 4,2                     | 210.000                  |
| Los Marcos      | 80 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor  | 30 m <sup>3</sup> hormigón armado                      | 4,6                     | 153.333                  |
| Loma de Vasquez | 60 m <sup>2</sup> geomembrana HD 1 mm de espesor  | 30 m <sup>3</sup> flexitank de pvc                     | 2,7                     | 90.000                   |

## SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS

### Alcances

- Mejor evaluación la tienen los flexitank y las excavaciones cubiertas con geomembrana.
- Las cisternas están cerradas para evitar la entrada de luz, pero debe haber capacitación de uso
- Las personas a veces poseen objetivos distintos. (Ducha)
- Alta calidad del agua en primera evaluación, que debe seguir siendo evaluada.
- Costos no consideran fotopaneles; los principales son de operación
- La construcción por reemplazo de camiones aljibes debe incorporar métodos de ingeniería de transportes

# PORTAL WEB CTHA

NOSOTROS

LÍNEAS DE  
INVESTIGACIÓN

PROYECTOS

PUBLICACIONES

VÍNCULOS

GALERÍA

SIMULADOR CTHA



# VISÍTENOS

# HTTP://CTHA.UTALCA.CL

CTHA, CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDROLOGÍA AMBIENTAL

Es un equipo multidisciplinario de investigación conformado por especialistas de diversas áreas ligados a la hidrología y al medioambiente. Así, agrupa a investigadores de las Facultades de Ingeniería Forestal, de Ingeniería, de Ciencias Empresariales y de Derecho, además del Instituto de Química, todos pertenecientes a la Universidad de Talca. Asimismo, posee alianzas con las Universidades de Arizona, Politécnica de Madrid y de Córdoba (España), así como con el Programa Hidrológico Internacional (PHI) y la Iniciativa Internacional de Sedimentos (ISI), ambas de UNESCO, y con el Centro del Agua para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe, CAZALAC.

Como investigadores, nuestro accionar se centra en la gestión de recursos naturales, especialmente, aguas y suelos, abordando temas como la disponibilidad de agua en términos espaciales y temporales, y su uso eficiente desde una perspectiva productiva y ambiental.



PHI PROGRAMA HIDROLÓGICO  
INTERNACIONAL - UNESCO



INICIATIVA INTERNACIONAL  
DE SEDIMENTOS - UNESCO/LAC



PROYECTO 10 CREC - 8586  
NATURAL DISASTERS FOOTPRINT



Proyecto FONDEF D0811054  
Sistema de Estimación de Eventos Extremos

NEWSLETTER

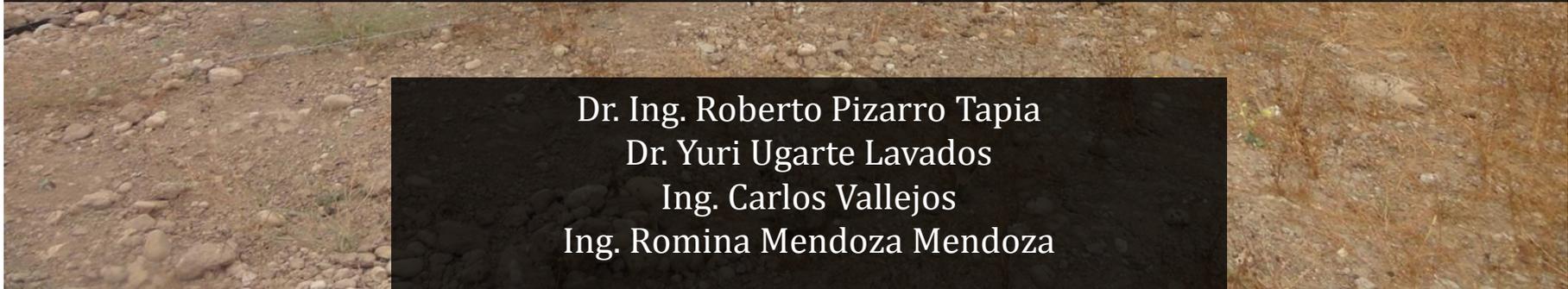
PLADEFORA

## NOTICIAS CTHA

● Martes 29/05/2013. Estudiantes de ingeniería forestal participan en el curso de hidrología y la Gestión



# Diseño de Sistemas de Captación de Aguas Lluvia (SCALLS), Universidad de Talca, Coordinación del Agua, Región de los Ríos, Mayo del 2015



Dr. Ing. Roberto Pizarro Tapia  
Dr. Yuri Ugarte Lavados  
Ing. Carlos Vallejos  
Ing. Romina Mendoza Mendoza