

Congreso Nacional del Medio Ambiente  
Madrid del 26 al 29 de noviembre de 2018

# AYUNTAMIENTO DE MADRID: AVANZANDO HACIA LA NORMALIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE AGUAS DE LLUVIA EN ORIGEN

Beatriz García San Gabino  
Bloque temático Agua y Ciudad  
#conama2018



"Olvidamos que el ciclo del agua y el ciclo de la vida son uno mismo". Jacques Y. Cousteau.

**01** ¿Por qué?

**02** ¿Para qué?

**03** La Guía



# 01

**¿POR QUÉ?**

**Elaboración de la guía básica**



## Iniciativas Municipales

- Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua, 2006
- Criterios para una jardinería sostenible en la ciudad de Madrid, 2007
- Buenas Prácticas en Arquitectura y Urbanismo para Madrid, 2009
- Plan A:
  - El programa Madrid + Natural
  - Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad
- Actual implantación de Suds sin metodología clara de diseño





# 02

**¿PARA QUÉ?**

**Elaboración de la guía básica**



## Lema del Día Mundial del Agua año 2018 “La respuesta está en la naturaleza”

**Potenciar la Gestión de la escorrentía urbana en origen** (en lugar de trasladar el problema aguas abajo)

*Refuerzo de los principios de gobernanza emanados de la legislación madrileña, española y europea*

- **Mejora del estado de las masas de agua** (reduce impacto desbordamientos sistemas saneamiento)
- **Protección frente a inundaciones y sequías**
- **Reducción del consumo energético en el ciclo urbano del agua** (aprovechamiento pluviales, menor vol agua a plantas tratamiento, ...)





## Lema del Día Mundial del Agua año 2018 “La respuesta está en la naturaleza”

**Infiltración natural** de las aguas de lluvia en el terreno, **régimen de humedad** del suelo más acorde al ciclo natural del agua, favoreciendo la **escorrentía subsuperficial**, la **recarga de acuíferos**, el desarrollo de la vegetación sin aporte adicional de riego y contribuyendo a mitigar el efecto isla de calor.



**Adaptación y mitigación al impacto del cambio climático**

**Refuerzo de los valores del agua y de los espacios verdes:** Transformación de barrios, mejora de la biodiversidad, calidad de vida, habitabilidad de las ciudades, resiliencia.





# 03

## EL DOCUMENTO

**Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres**





## OBJETO Y ALCANCE. ÁMBITO DE APLICACIÓN

### OBJETO Y ALCANCE

- Documento **sencillo y concreto**
- Ayuda y consulta para técnicos involucrados en hacer ciudad
- Directrices básicas de diseño y herramientas de cálculo
- Documento vivo. Accesible desde la web municipal
- Documento útil. Lugar para el intercambio de experiencias y lecciones aprendidas



**Parque Forestal de Valdebebas**



## OBJETO Y ALCANCE. ÁMBITO DE APLICACIÓN

### ÁMBITO DE APLICACIÓN

- **Espacios libres y zonas verdes**, tanto públicos como privados, en el municipio de Madrid (mejora mantenimiento)
- **Zonas urbanizadas o por urbanizar** en las que actualmente las infraestructuras de gestión de agua de lluvia estén al límite de su capacidad (prioritarios para aliviar el sma convencional)
- **Pensada para diseño de pequeñas actuaciones**





## Objetivos de Diseño

### OBJETIVOS PRIORIDADES DEL DISEÑO

#### Reducir escorrentía generada en origen

Aumentar superficies permeables en el diseño que permitan retener el agua.

Laminar caudales de lluvias

1. Infiltrar tanto como el terreno lo permita
2. Verter a cauce o arroyo cercano
3. Verter al sistema de alcantarillado municipal (última opción)





## Tipología de SUDS

### TIPOLOGÍA DE SUDS

- Selección de los tipos de SUDS más apropiados para la ciudad de Madrid, cuyas principales características se presentan a modo de ficha en la guía.
- Cada tipología tiene una ficha. En total 10 fichas.

#### DRENES FILTRANTES

**DESCRIPCIÓN:**  
Los drenes filtrantes son zanjas rellenas de grava que, generalmente, tienen un dren perforado en la base. También pueden estar constituidas por celdas y cajas reticulares envueltas en geotextiles y material granular. Reciben la escorrentía proveniente de las áreas impermeables adyacentes por los laterales. Esta escorrentía se filtra y almacena temporalmente en las gravas o cajas, mientras es transportada aguas abajo del sistema por medio del dren.

**VALORACIÓN:**

**ESQUEMA:**

**EJEMPLO:**

*Dren filtrante en Madrid Río - Puente de la Princesa, en Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.*

**CRITERIOS DE DISEÑO:**

- La profundidad de la zanja es, habitualmente, de entre 1-2,5 m.
- La profundidad mínima de la capa de gravas debe ser 0,5 m para garantizar niveles razonables de eliminación de contaminantes.
- El ancho de la zanja depende del volumen de almacenamiento necesario y de las dimensiones del dren.
- La pendiente del dren debería estar entre 2-5 %.
- Las gravas (o cajas) están envueltas en geotextil para evitar la entrada de finos, y pueden necesitar la colocación de geomembranas si se quiere impedir totalmente la infiltración.
- Se debe instalar un geotextil a poca profundidad de las gravas que pueda ser retirado para limpiar las gravas superficiales, evitando así la colmatación del conjunto.
- Es aconsejable instalar una abertura de inspección visual fácilmente identificable.

**BENEFICIOS:**

- Mejora la calidad, pues reducen los niveles de contaminación en la escorrentía, principalmente, mediante la filtración.
- Reducen el caudal pico.
- Sirve como medio de transporte de la escorrentía.
- Se pueden incorporar fácilmente en el paisaje urbano.
- Pueden diseñarse de forma creativa para crear bordes atractivos.

**REQUISITOS DE MANTENIMIENTO:**

- Eliminación de hojas y sedimentos, mensualmente.
- Se requieren inspecciones regulares para monitorear la acumulación de sedimentos y la obstrucción de la superficie filtrante.
- Cada 5 o 10 años, puede ser necesario rehabilitar las superficies de filtración (p. ej., retirando, lavando y recolocando los 20 cm superiores de material granular y reemplazando la capa superior de geotextil.

**LIMITACIONES:**

- La contaminación y colmatación de las gravas son difíciles de detectar si se producen en profundidad.
- Limitadas a aquellas zonas donde no se esperen grandes flujos de sedimentos.

**CONSIDERACIONES DE IMPLANTACIÓN:**

Gran requisito de espacio:	No
Apto en suelos impermeables:	Si*
Apto cuando la separación entre la base del SUDS y el nivel freático <1 m:	Si
Tratamiento suficiente cuando eventualmente haya vehículos ligeros sobre la cuenca:	Si
Costes de construcción:	175 €/m <sup>3</sup> 146 - 205 €/m <sup>3</sup>
Costes de mantenimiento:	0,9 €/m <sup>2</sup> /año      0,3-1,5€/m <sup>2</sup> /año

(\*) Cuando esté provisto de drenaje en la base.

Cubiertas vegetadas; aljibes; pavimentos permeables; alcorques estructurales; jardines de lluvia; pozos y zanjas de infiltración; celdas y cajas reticulares; drenes filtrantes; cunetas vegetadas; y elementos complementarios (válvulas de vórtice, separadores hidrodinámicos, y filtros compactos).

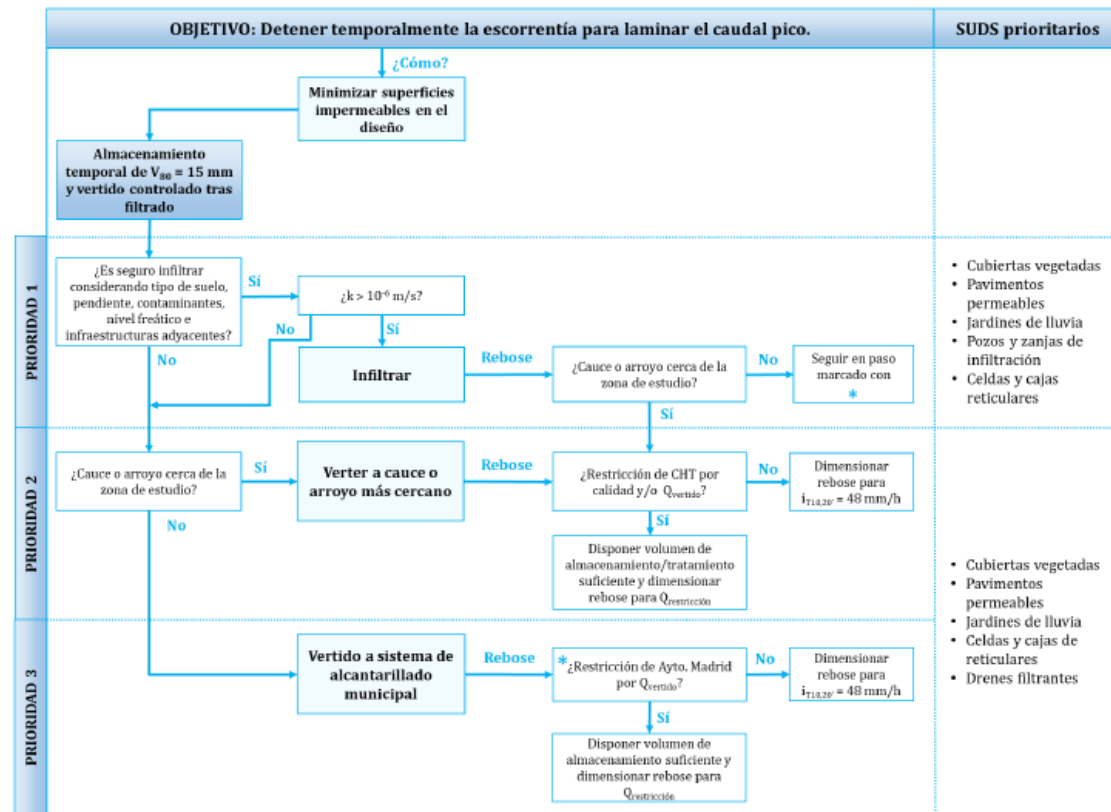


## Metodología de Diseño

### Metodología de Diseño

Se compone, principalmente, de 5 pasos:

- Reconocimiento del lugar
- Selección de SUDS
- Viabilidad de la infiltración
- Dimensionamiento
- Tramitación administrativa de la autorización de vertido, a cauce público o a la red de saneamiento municipal





## Metodología de Diseño

### Metodología de Diseño.

#### Importancia de los parámetros de partida

- Hidrología
- Selección del coeficiente de escorrentía
- Pluviometría (Vol, Int)
- Viabilidad de la infiltración
- Capacidad de almacenamiento
- Tiempo de vaciado
- Punto de vertido

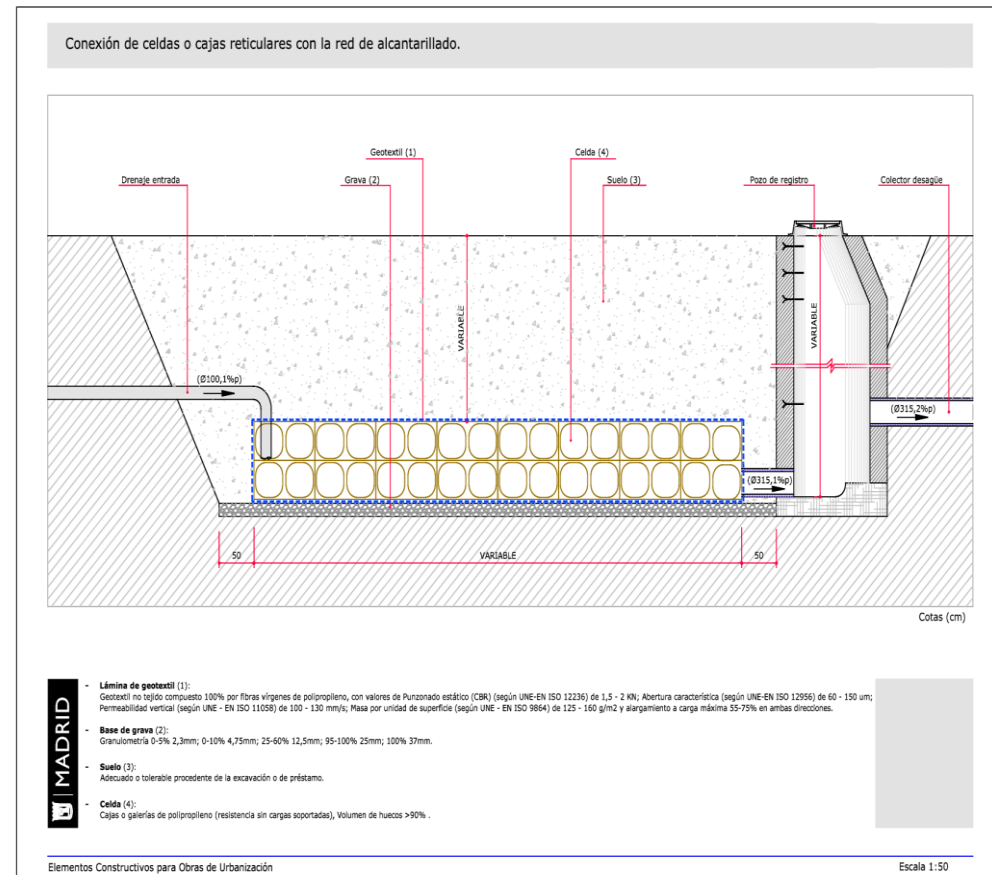


**Atalayuela (Vallecas): jardín de lluvia (2018)**



## Información de Utilidad: Anexos

- **EXPERIENCIAS ESPAÑOLAS E INTERNACIONALES**
- **BIBLIOGRAFÍA**  
Listado de otros manuales y guías que pueden servir de referencia a la hora de planificar, diseñar y mantener los sistemas de drenaje sostenible
- **GEOLOGÍA** y resultados de ensayos de **PERMEABILIDAD** realizados en Madrid
- Procedimientos de **ENSAYOS DE PERMEABILIDAD**
- **SECCIONES TIPO**





Enlace web

<https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Agua/SUDS-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/>

protección frente a inundaciones y sequías;

- adaptación al cambio climático, mitigando el impacto (sumideros CO2);
- reducción del consumo energético en el ciclo urbano del agua (aprovechamiento de pluviales, menor volumen de agua a plantas de tratamiento, menos bombeos, etc.);
- refuerzo de los valores del Agua y de los Espacios Verdes (transformación de barrios, mejora de la biodiversidad, calidad de vida, habitabilidad de las ciudades, resiliencia, etc.).

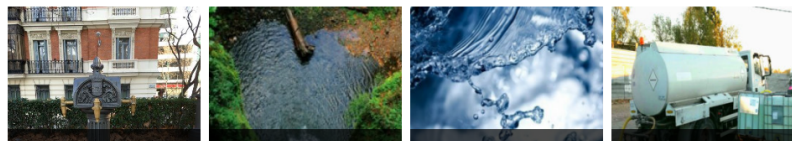
En la **Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Públicos** (ver documentación asociada), se describen los principales dispositivos SUDS utilizados en Madrid, se establece el proceso de diseño, y se presentan experiencias tanto españolas como internacionales que puedan servir de inspiración. Asimismo, se incorpora al final del documento, un listado de manuales y guías de consulta para obtener información adicional.

El Ayuntamiento de Madrid publica esta guía, junto con un archivo en excel para simplificar cálculos a los proyectistas y así facilitar y, por lo tanto, potenciar la implantación de estos sistemas.

**Documentación asociada**

- [Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres](#)  
 PDF, 17 Mbytes
- [Cálculo S.U.D.S. \(volumen y rebose\)](#)  
 XLSX, 72 Kbytes

Quizá también te interese ...







# hoja 1: cálculo volumen agua a retener (gravas o cajas)

### CALCULO SUPERFICIE IMPERMEABLE

SUPERFICIES (m <sup>2</sup> )	TIPO SUPERFICIE	COEF. ESCORRENTIA	SUPERF. IMPERMEABLE EQUIVALENT
0,00	Área arena	0,3	0,00
0,00	Pavimento	0,7	0,00
0,00	Área arena	0,3	0,00
0,00	Zona de jardín	0,3	0,00
0,00	Pavimento	0,7	0,00
0,00	Pavimento	0,9	0,00
0,00	Pavimento	0,7	0,00
0,00	Cubierto	1	0,00
0,00	Área arena	0,3	0,00
0,00	Cubierto	1	0,00
<b>SUPERFICIE IMPERMEABLE</b>			<b>0,00</b>

**TOTAL SUPERFICIE AMBITO 0,00**

### CALCULO VOLUMEN ESCORRENTIA GESTIONAR

SUPERF. IMPERMEABLE (m <sup>2</sup> )	V <sub>30</sub> (mm)	VOLUMEN GENERADO l <sup>-1</sup>
0,00	15	0,00

**RESULTADO ENSAYO BRITANIC: \*\*\*\*\* 0,00 m/h**

### CALCULO NUMERO DE CAJAS SEGUN FABRICANTE

CAJAS	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TOTAL VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CASA COMERCIAL
0	1,00	1,00	0,50	0,45	0,00	
0	1,00	1,00	0,35	0,32	0,00	
0	1,00	1,00	0,50	0,45	0,00	
0	1,00	1,00	0,97	0,97	0,00	

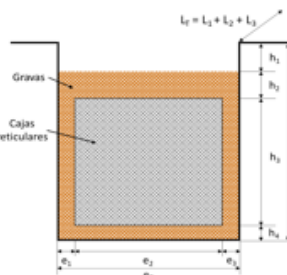
### CALCULO VOLUMEN NETO SUDS (Grava)

VOLUMEN GENERADO (m <sup>3</sup> )	COEFICIENTE DE huecos	VOLUMEN REAL DE ESCAVACION (m <sup>3</sup> )
0,00	0,25	0

*NOTA: Para el cálculo del volumen real de excavación, se debe de realizar un ensayo de huecos de la Grava seleccionada para el retención y aplicar el volumen generado al Coeficiente de huecos.*

### CALCULO VOLUMEN NETO DISPONIBLE SUDS (Cajas de infiltración)

n°	n° cajas Ancho	anchura caja (m)	n°	n°	n°	h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	n° cajas	anchura caja (m)	h <sub>3</sub> (m)	h <sub>4</sub> (m)	h <sub>T</sub> (m)	n° cajas	largo caja (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	L <sub>T</sub> (m)	TOTAL CAJAS (n°)	Volumen excavación (m <sup>3</sup> )	Volumen cajas (m <sup>3</sup> )	CASA COMERCIAL
0,2	5	1,00	5,00	0,2	5,40	0,8	0,2	2	0,50	0,99	0,2	2,19	15	1,00	0,00	0,00	15,00	150	177,39	66,65	0
0,2	3	1,00	3,00	0,2	3,40	0,8	0,2	2	0,35	0,7	0,2	1,90	17	1,00	0,00	0,00	17,00	102	109,82	32,42	0
0,2	5	1,00	5,00	0,2	5,40	0,8	0,2	2	0,50	0,99	0,2	2,19	13	1,00	0,00	0,00	13,00	130	153,74	57,42	0
0,2	5	1,00	5,00	0,2	5,40	0,8	0,2	1	0,97	0,966	0,2	2,17	13	1,00	0,00	0,00	13,00	65	152,05	54,51	0



Si el material presente en la excavación es homogéneo, la longitud L<sub>2</sub> correspondiente a la longitud total de la zona (LT). En cambio, si cuenta con material con diferentes parámetros, la longitud L<sub>2</sub> corresponderá al elemento de mayor parámetro. Por ejemplo, si fuera una solución mixta con cajas reticulares y gravas, L<sub>2</sub> sería la longitud total de las cajas, y el volumen calculado sería menor al real (del lado de la seguridad).

### COMPROBACION TIEMPO DE VACIADO

K	k	n	A <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> )	h <sub>max</sub> (m)	P	A <sub>1</sub> /P	t <sub>vaciado</sub> (h)	CASA COMERCIAL
0,000000	0,00	0,9	81,00	0,99	40,80	1,99	0,00	0
0,000000	0,00	0,9	57,80	0,7	40,80	1,42	0,00	0
0,000000	0,00	0,9	70,20	0,99	36,80	1,91	0,00	0
0,000000	0,00	0,9	70,20	0,966	36,80	1,91	0,00	0

t<sub>vaciado</sub> - Tiempo de vaciado (h)  
 K - Coeficiente de permeabilidad (m/h)  
 P - Perímetro de la base (m)  
 h<sub>max</sub> - Columna de agua máxima (m)  
 A<sub>1</sub> - Área de la base de la copa  
 n - Pararidad de la copa

$$t_{vaciado} = \frac{n \cdot A_1}{k \cdot P} \left( \frac{h_{max}}{2} + \frac{A_1}{P} \right)$$



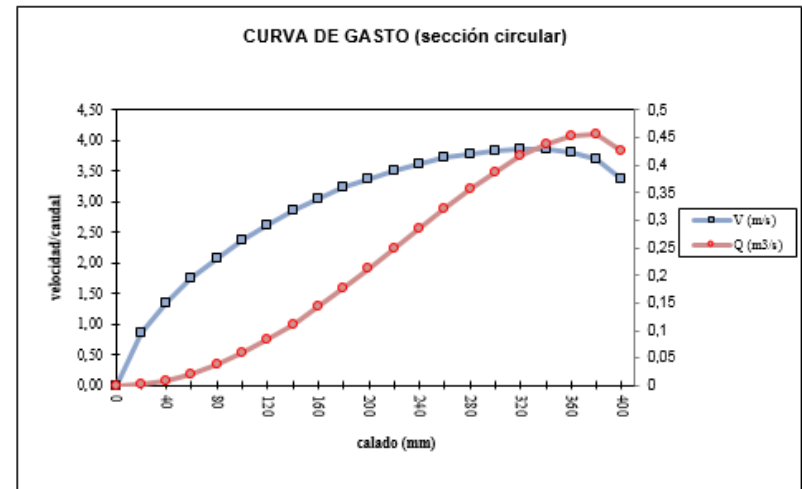
# hoja 2: cálculo caudal rebose para dimensionamiento del aliviadero

## DIMENSIONAMIENTO DE SECCIÓN CIRCULAR REBOSE

Diámetro (mm) =	<b>400</b>	V max (m/s) =	3,8584
Material Tubo =	PVC	Q max (m³/s) =	0,4571
C. Manning =	0,009	Q 75% (m³/s) =	0,3879
Pendiente (m/m) =	<b>2,0%</b>	Q carga (m³/s) =	0,4254
V min =	0,8697		

CAUDAL REBOSE		
PRECIPITACIÓN (l/hals)	SUPERFICIE IMPERMEABLE (ha)	Qmax (m³/s)
133,3	0,0000	✓ 0,000

H (mm)	HD	ANG	A (m²)	P (m)	R <sub>H</sub> (m)	V (m/s)	Q (m³/s)
0	0	0	0	0	0	0	0
20	0,05	0,90	0,00	0,18	0,01	0,87	0,00
40	0,1	1,29	0,01	0,26	0,03	1,36	0,01
60	0,15	1,59	0,01	0,32	0,04	1,75	0,02
80	0,2	1,85	0,02	0,37	0,05	2,08	0,04
100	0,25	2,09	0,02	0,42	0,06	2,37	0,06
120	0,3	2,32	0,03	0,46	0,07	2,63	0,08
140	0,35	2,53	0,04	0,51	0,08	2,85	0,11
160	0,4	2,74	0,05	0,55	0,09	3,05	0,14
180	0,45	2,94	0,05	0,59	0,09	3,23	0,18
200	0,5	3,14	0,06	0,63	0,10	3,39	0,21
220	0,55	3,34	0,07	0,67	0,11	3,52	0,25
240	0,6	3,54	0,08	0,71	0,11	3,63	0,29
260	0,65	3,75	0,09	0,75	0,12	3,72	0,32
280	0,7	3,96	0,09	0,79	0,12	3,79	0,36
<b>300</b>	<b>0,75</b>	<b>4,19</b>	<b>0,10</b>	<b>0,84</b>	<b>0,12</b>	<b>3,84</b>	<b>0,39</b>
320	0,8	4,43	0,11	0,89	0,12	3,86	0,42
340	0,85	4,69	0,11	0,94	0,12	3,85	0,44
360	0,9	5,00	0,12	1,00	0,12	3,81	0,45
380	0,95	5,38	0,12	1,08	0,11	3,71	0,46
400	1	6,28	0,13	1,26	0,10	3,39	0,43





# ¡Gracias!

#conama2018