

Precipitaciones

Concepto. Tipos

Medida. Unidades

Elaboración de los datos pluviométricos de un punto

Representaciones gráficas

Estudio de un aguacero: Curva intensidad-duración

Ordenes de magnitud

Elaboración de los datos de una zona. Cálculo de la P media

Relación P-altitud

Mapa de isoyetas

Polígonos de Thiessen

Homogeneización de las series pluviométricas

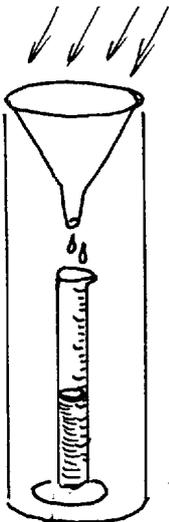
Concepto. Tipos

Precipitación es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo. (También rocío y escarcha que en algunas regiones constituyen una parte pequeña pero apreciable de la precipitación total)

En relación a su origen, pueden distinguirse precipitaciones ciclónicas, de convección y orográficas. Las *ciclónicas* son las provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón. Las de *convección* se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente; son las tormentas de verano. Las precipitaciones *orográficas* se presentan cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar una barrera montañosa. La mayor parte del volumen de precipitación recogido en una cuenca se debe a las precipitaciones ciclónicas.

El estudio de las precipitaciones es básico dentro de cualquier estudio hidrológico regional, para cuantificar los recursos hídricos, puesto que constituyen la principal (en general la única) entrada de agua a una cuenca. También es fundamental en la previsión de avenidas, diseño de obras públicas, estudios de erosión, etc.

Intensidad de precipitación es igual a precipitación/tiempo.



Medida. Unidades

Podemos cuantificar las precipitaciones caídas en un punto mediante cualquier recipiente de paredes rectas, midiendo después la lámina de agua recogida. La *unidad de medida es el milímetro*¹. Es obvio que el tamaño del recipiente de medida no influye en el espesor de la lámina de agua recogida.

La *intensidad de precipitación*, aunque conceptualmente se refiere a una instante, suele expresarse en *mm./hora*².

Pluviómetros: Para poder leer con más precisión el agua recogida ($\pm 0,1$ mm) un pluviómetro recoge el agua en una bureta de sección menor a la de la boca del pluviómetro. La lectura del agua recogida se efectúa una vez al día³.

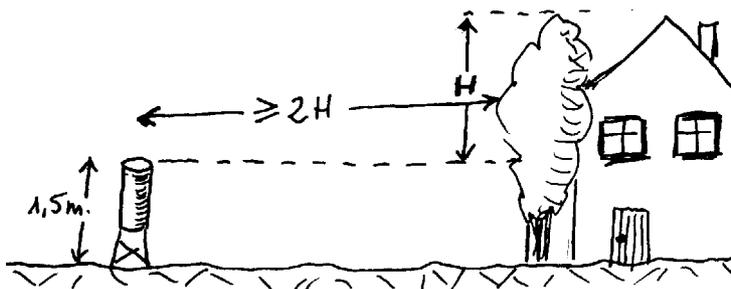
¹ La unidad de *litros / m²* es equivalente al *mm.*:Un litro repartido por una superficie de 1 m² origina una lámina de agua de 1mm.

² En el diseño de obras públicas suele utilizarse el litro/seg.Ha

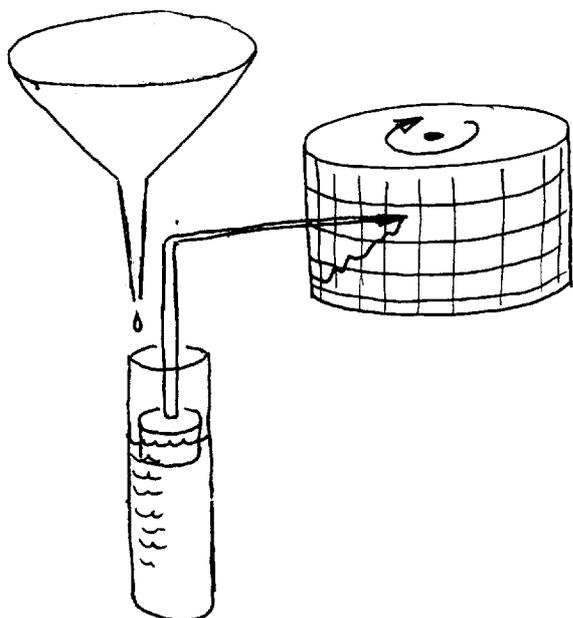
³ En zonas difícilmente accesibles, se instalan *pluviómetros totalizadores*, de mayor tamaño y con una sustancia oleosa recubriendo el agua para evitar la evaporación.

En realidad, sí se aprecian pequeñísimas variaciones dependiendo del tamaño del recipiente, y también de la altura desde el suelo, por lo que cada país fija estos parámetros: En España, la boca del pluviómetro es de 200 cm^2 y debe estar a 1,5 metros de altura sobre el suelo.

El máximo error puede proceder de una ubicación defectuosa del pluviómetro. La norma fundamental es que debe estar alejado de árboles o construcciones elevadas, en general a más del doble de la altura del obstáculo.



Pluviógrafos: En general, una medida al día de la precipitación puede ser suficiente, pero en muchas ocasiones necesitamos un registro continuo del fenómeno; por ejemplo, si en un día han caído 100 mm., la avenida que podría originarse sería diferente si se han registrado a lo largo de todo el día o si han caído en una hora.



Un pluviógrafo clásico funciona como un pluviómetro dotado de un flotador que hace subir a una plumilla que registra gráficamente el llenado del recipiente a lo largo del tiempo. Modelos más modernos registran los datos electrónicamente para ser pasados después a un ordenador, o los comunican instantáneamente a una oficina central (por ejemplo, para previsión de avenidas).

El gráfico obtenido en la banda del pluviógrafo se denomina pluviograma, y refleja la precipitación acumulada en función del tiempo.

La pendiente del gráfico obtenido en el pluviógrafo nos permite calcular la intensidad de precipitación en cada momento.

Nivómetros: Los más básicos están constituidos por una superficie, similar a una mesa, con una escala en centímetros para medir el espesor caído. Aproximadamente, 1 cm. de nieve equivale, u origina, 1 mm. de agua. En zonas de alta montaña, a veces se instalan estacas con marcas de colores visibles desde helicóptero.

Redes pluviométricas. Cada país dispone de una red de pluviómetros y son estos datos los que se utilizan para cualquier estudio; raramente se instalan algunos para una investigación concreta. Una red de pluviómetros debe estar adecuadamente diseñada, dependiendo del relieve, de la densidad de población, del interés para obras hidráulicas, previsión de avenidas, etc. Como primera aproximación, en zonas llanas puede bastar con un pluviómetro cada 250 km^2 , pero en zonas de montaña la densidad debe ser mayor.

Elaboración de los datos pluviométricos de un punto

Depende de los objetivos del trabajo. Por ejemplo, para evaluar la erosión provocada por la lluvia, puede interesar extraer las precipitaciones máximas caídas en intervalos de 30 minutos, o intensidades de precipitación de una magnitud determinada. Para obtener estos datos sería necesario el estudio de las bandas de pluviógrafo.

En un caso general, los datos que se computan básicamente para una estación pluviométrica son: P diaria, P mensual y P anual ("Módulo pluviométrico"), obtenidas simplemente sumando las precipitaciones diarias del mes y del año. El año hidrológico va del 1 de Septiembre al 31 de Agosto⁴.

El paso siguiente es calcular los valores medios para una serie de años: P mensual media y P anual media. Para esto necesitamos disponer de *series climáticas* largas, en general más de 20 años. Así podemos decir que la P anual media en un punto de 1972-73 a 1994-95 (22 años hidrológicos) es de 485 mm. Si decimos que la P media de Octubre para el mismo periodo es de 63 mm., nos estamos refiriendo a la media aritmética de las precipitaciones de los 22 Octubres de ese periodo.

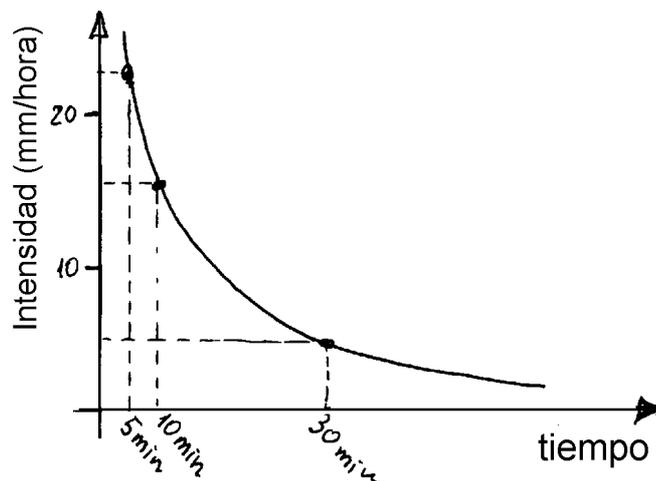
Representaciones gráficas

Un *hietograma* (o yetograma, del griego Hietos, lluvia) es un histograma (gráfico de barras) que expresa P en función del tiempo. La variación de la P a lo largo del año también sería un hietograma anual (en el eje de abscisas los 12 meses), pero en este caso es más usual un gráfico de línea.

Normalmente un hietograma se refiere a un día o a una tormenta concreta (en el eje de abscisas, las horas que duró la tormenta). A partir del pluviograma, se lee la P caída en el intervalo elegido, por ejemplo, 10 minutos. En ordenadas puede figurar la P caída en los sucesivos intervalos de 10 minutos, o bien la intensidad de precipitación (mm/hora) en cada intervalo de 10 minutos.

Estudio de un aguacero: Curva intensidad-duración

Esto es importante para relacionar posteriormente las precipitaciones con los caudales generados en los cauces superficiales, por ejemplo para el diseño de obras públicas relacionadas con la escorrentía superficial. En lugar de representar el aguacero cronológicamente, como en el hietograma, se busca en los datos pluviográficos los 5 minutos de máxima precipitación, los 10 minutos, etc...⁵



Ordenes de magnitud

En España, la *precipitación anual media* oscila en la mayoría de las regiones entre 400 y 1000 mm., aunque en el SE las medias anuales son inferiores a 300 mm. y en algunos puntos de Galicia y en zonas de montaña presentan valores muy superiores a 1000 mm.

En el mundo encontramos precipitaciones desde 20-30 mm/año (por ejemplo, El Cairo), hasta valores superiores a 5000 mm./año en áreas sujetas a climas monzónicos.

En cuanto a las *intensidades*, una lluvia ligera oscila entre 0.25 a 1 mm/hora, y una lluvia intensa o torrencial sobrepasa los 20 mm./hora. Las precipitaciones que originan avenidas catastróficas son excepcionalmente intensas, por ejemplo 210 mm. en 90 minutos (Valencia, 1957) o 300 mm. en 4 horas (Cataluña, 1971).

⁴ A veces se considera el año hidrológico de Octubre a Septiembre. Muchos datos hidrológicos están ordenados de este modo. De todos modos, en otras partes del mundo ésto es variable según el régimen climático.

⁵ El paso siguiente es el trazado de curvas intensidad-duración-frecuencia. En este gráfico aparecen varias curvas intensidad-duración que se producen en ese punto con un periodo de retorno calculado estadísticamente de 10, 20, ... años

Estudio estadístico

Cuando disponemos de series pluviométricas largas (más de 20 años) podemos calcular qué probabilidad existe de que las precipitaciones del año próximo superen un determinado valor, o, al revés, que precipitación se supera (por ejemplo) un 10% de años.

Si, en lugar de manejar una serie de n precipitaciones anuales, se consideran n precipitaciones del mes de Marzo, calcularemos la probabilidad de que el próximo Marzo la precipitación ser mayor que un valor concreto.

En cualquiera de los casos, debe ajustarse la serie de datos a una ley estadística (Gauss, Gumbel,..)

Elaboración de los datos de una zona. Cálculo de la P media

Normalmente la unidad de trabajo será una cuenca hidrológica, y los objetivos serán básicamente el cálculo de la *precipitación media* caída sobre la cuenca (o su equivalente: el *volumen total de agua recogido* en la cuenca) y, eventualmente, la *distribución espacial del fenómeno*, su variación en relación con alguna variable física de la cuenca.

Vamos a centrarnos en el cálculo de la *P media* caída sobre una cuenca en un periodo determinado (un día, un año,...). Una vez conocido este valor, se obtiene fácilmente el *volumen de agua* caído multiplicando por la *superficie total de la cuenca*.

Si las estaciones pluviométricas estuvieran repartidas homogéneamente, bastaría con calcular la media aritmética, pero como en las zonas de montaña la densidad de puntos es mayor que en la llanura, este procedimiento genera un error grande. Se utilizan dos procedimientos: el mapa de isoyetas y los polígonos de Thiessen. Previamente conviene considerar la variación de la precipitación con la altitud.

Relación P-altitud

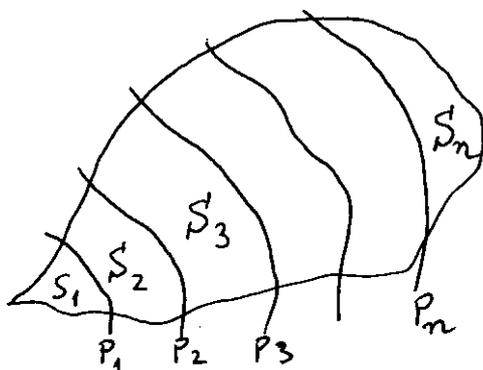
Se representa la P en función de la cota de cada estación pluviométrica. Las precipitaciones aumentan con la altitud, hasta una cierta cota (“altura óptima pluvial”), a partir de la cual se registran precipitaciones menores; esto sólo se aprecia en cuencas con cotas elevadas, del orden de 2000 metros.

Mapa de isoyetas

Se trazan isolíneas que engloben puntos comprendidos en los intervalos elegidos. El valor de las isolíneas depende del periodo considerado y de la extensión de la zona de estudio; por ejemplo, para un mapa de isoyetas anuales podrían representarse isoyetas de 100 en 100 mm., aunque si se trata de un área sin grandes variaciones en la pluviometría, el intervalo debería ser menor.

Al trazar las isolíneas, si en alguna zona no disponemos de suficientes puntos, las curvas de nivel del mapa pueden servir de ayuda si previamente hemos considerado la relación entre P y la altitud.

También se puede confeccionar un mapa de isoyetas para un día, con el fin de estudiar un aguacero determinado. En ese caso, la equidistancia entre isoyetas sería menor, por ejemplo de 10 mm.



Para calcular la P media (P_m), basta calcular la media ponderada:

$$P_m = \frac{S_1 P_1 + S_2 \frac{P_1 + P_2}{2} + S_3 \frac{P_2 + P_3}{2} + \dots + S_n P_n}{S_{total}}$$

Los valores S_i son las superficies obtenidas planimetrando las franjas que quedan entre isoyetas, y P_i las precipitaciones asignadas a cada isoyeta (ver la Figura). Las precipitaciones correspondientes a las dos franjas extremas (P'_1 y P'_n) se asignan a estima.

Un mapa de isoyetas es un documento básico dentro del estudio hidrológico de una cuenca: no solamente nos permite cuantificar el valor medio, como hemos indicado, sino que presenta gráficamente la distribución espacial de la precipitación para el periodo considerado.

Polígonos de Thiessen

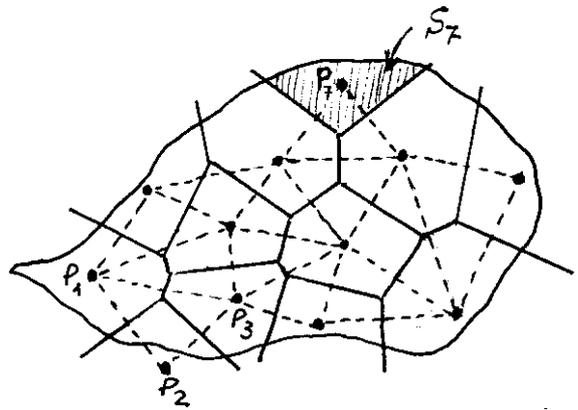
Mientras que el procedimiento anterior conlleva un cierto grado de subjetividad, el trazado de polígonos es absolutamente objetivo. Cada estación pluviométrica se rodea de un polígono y se supone que todo el polígono recibe la misma precipitación que el punto central.

Para trazar los polígonos se trazan las mediatrices (perpendicular en el punto medio) de los segmentos que unen las diversas estaciones pluviométricas.

Planimetrando los polígonos, obtenemos sus superficies (S_i), y la P media (P_m), se calcula con la media ponderada:

$$P_m = \frac{S_1 P_1 + S_2 P_2 + \dots + S_n P_n}{S_{total}}$$

Tanto en esta fórmula como en la aplicada al mapa de isoyetas, el numerador corresponde al volumen de agua precipitado.

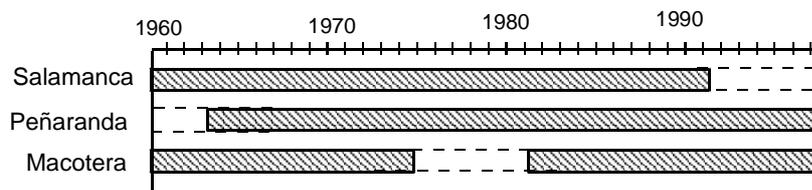


Homogeneización de las series pluviométricas

Si todo lo anterior se refiere a la P media de una serie de años, debe realizarse sobre series de datos análogas para todos los puntos. Sería incorrecto realizar, por ejemplo, un mapa de isoyetas de una cuenca y que los datos de un punto fueran la media de 25 años y los de otro de 13 años.

1º. Se elige un intervalo de años para el que la mayoría de las estaciones dispongan de series completas. Se desprecian las estaciones con pocos datos en el intervalo elegido.

2º. Si faltan algunos datos, se pueden completar, estableciendo una correlación entre una estación incompleta y otra estación completa próxima. Se establece la correlación utilizando los años comunes entre dos estaciones, y con la ecuación obtenida se estiman los datos que faltan a partir de los datos de la estación que sí los tiene.



Bibliografía

Catalá, F. (1992).- "Cálculo de caudales en las redes de saneamiento". Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Custodio, E. & Llamas, M.R. (Eds.) (1982).- "Hidrología Subterránea". 2 tomos. Ed. Omega

Wanielista, M. (1997).- "Hydrology and Water Quality Control" 2ª edición. Ed. Wiley

Hornberger, G. (1998).- "Elements of Physical Hydrology". Ed. Johns Hopkins University Press