



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

HIDROLOGÍA

REVISIÓN 2025. C: A. GRIJALVA, Para Ingeniería Cunoc

UNAS PALABRAS INICIALES

La hidrología o ciencia o tratado de las aguas para la ingeniería civil implica el ciclo del agua aplicado a la ingeniería civil. Las lluvias y el cálculo de drenajes pluviales, crecidas para nivel de puentes, o embalses para hidroeléctricas. El viento para el empuje y succión, que afectan grandemente a las estructuras livianas tales como las metálicas y vallas publicitarias. Este último se atiende con ejemplos prácticos.

Las tasas de humedad, incluso, son importantes al momento que se calcula un intercambiador de calor, con el fin de refrigerar un motor. De igual manera la temperatura, velocidad del viento y humedad relativas se pueden correlacionar para el cálculo de agua para curado de un concreto, donde se agrega un ejemplo numérico.

Las aplicaciones parecen no tener fin, el agua cual recurso indispensable para la vida humana, goza de simbología y representatividad en casi cualquier pensamiento humano. De esa cuenta, quien como ingeniero entiende el pensamiento de la población con quien trabajará un proyecto, tiene la ventaja de que este corresponda de mejor manera a las necesidades que suple la ingeniería civil. Que este no sea rechazado por más que esté bien calculado y diseñado.

NOTAS DE CLASE DE HIDROLOGIA

Como entrada, es una de las ciencias que aporta en gran manera a los temas de vulnerabilidad. Problemas propios derivados de inundaciones y deslizamientos de tierras en un clima susceptible a tormentas y huracanes, a lo que se suma la topografía de montaña de Guatemala.

Es de pensar que en nuestro país -Guatemala- el principio general de diseño en ingeniería es el no olvidar que se diseña con una ingeniería de montaña. Hay textos extranjeros excelentes, pero parten de topografías planas y no de montaña. De los principales problemas se encuentra el arrastre hidráulico de partículas y sólidos, tal como capa vegetal, suelo y últimamente basura. Este último aspecto es parte importante de vulnerabilidad y sociedad.

Vulnerabilidad como una construcción social. Por ejemplo, terrenos y áreas de barrancos y laderas naturales que van quedando dentro de la ciudad, son invadidos y se construyen y consolidan viviendas sin autorización municipal, sin o pocos servicios. Cada invierno es un drama de inundación y vulnerabilidad. El agua y su memoria física en la esorrentía.

Definición:

Hidrología:

1. Es la ciencia que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas y químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos (Chow, V.T., 1964).
2. ciencia que estudia el ciclo del agua en la naturaleza, el cambio del agua en sus tres estados.
3. La hidrología es una rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. Por otra parte, el estudio de las aguas subterráneas corresponde a la hidrogeología.

Por el contrario, se denomina hidrografía al estudio de todas las masas de agua de la Tierra y, en sentido más estricto, a la medida, recopilación y representación de los datos relativos al fondo del océano, las costas, las mareas y las corrientes, de manera que se puedan plasmar sobre una carta hidrográfica. No obstante, esta diferencia, los términos se utilizarán casi como sinónimos, ya que la parte de la hidrografía que interesa aquí es aquella que crea relieve, por lo tanto, la que está en contacto con la superficie terrestre, y por eso mismo la que es objeto de un análisis hidrológico.

La circulación de las masas de agua en el planeta es responsables del modelado de la corteza terrestre, como queda de manifiesto en el ciclo geográfico. Esa influencia se manifiesta en función de la distribución de las masas de rocas coherentes y deleznable, y de las deformaciones que las han afectado, y son fundamentales en la definición de los diferentes relieves.

Recordemos que un río es una corriente de agua que fluye por un cauce desde las tierras altas a las tierras bajas y vierte en el mar o en una región endorreica (río colector) o a otro río (afluente). Los ríos se organizan en redes. Una cuenca hidrográfica es el área total que vierte sus aguas de escorrentía a un único río, aguas que dependen de las características de la alimentación. Una cuenca de drenaje es la parte de la superficie terrestre que es drenada por un sistema fluvial unitario. Su perímetro queda delimitado por la divisoria o interfluvio.

Los trazados de los elementos hidrográficos se caracterizan por la adaptación o inadaptación a las estructuras litológicas y tectónicas, pero también la estructura geológica actúa en el dominio de las redes hidrográficas determinando su estructura y evolución.

El estudio hidrológico, inicia con el análisis morfométrico de la cuenca, que incluye: la delimitación de la cuenca, la medición del área y la longitud, altura máxima y mínima, índice de compacidad, factor de forma, curva hipsométrica,

pendiente media, caracterización de la red de drenaje y el perfil altimétrico del cauce principal, entre otros. INSIVUMEH
<https://insivumeh.gob.gt/institucional/que-es-hidrologia/> julio 2021.

Napa Freática:

Depósito o capa subterránea que contiene agua en circulación.

Hidrología subterránea: es aquella parte de la Hidrología que corresponde al almacenamiento y circulación y distribución del aguas terrestres en la zona saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

Hidrología en la Ingeniería:

La utilización de esta ciencia es principalmente en relación con el diseño y ejecución de estructuras hidráulicas. ¿qué caudal máximo se puede esperar en un proyecto de abasto de agua? ¿cuánto si es por gravedad? ¿y si es por bombeo? ¿cuánto se espera que crezca el río para diseñar represas y paso de tránsito por medio de puentes? ¿cuánta energía se puede extraer de ese río?

¿Qué se busca con este estudio?

1. **Proporcionar a las bases de hidrología superficial que son necesarias para el trabajo del hidrólogo de aguas subterráneas, y al mismo tiempo dar una visión de las técnicas que se utilizan en estudios de recursos hídricos superficiales o conjuntos de aguas superficiales y subterráneas.**
2. **tener la idea de que a partir de aquí, muchos de los problemas de ingeniería tienen soluciones complejas. Las respuestas adquieren un carácter aleatorio de probabilidad de ocurrencia de un evento atmosférico como precipitación pluvial, o de un evento como lo es el crecimiento o decrecimiento de un poblado humano específico. Es algo de lo que no se tiene control en la ocurrencia, y si lo hay es muy condicionado como los programas de natalidad.**
3. **en la mayoría de casos se evalúa o se especula con números y modelos matemáticos la mas crítica de las ocurrencias. Un escenario especulado.**

UN POCO DE HISTORIA

El objeto de esta exposición, mas que entretener es ilustrar y demostrar que en toda cultura o etnia, el agua juega un papel muy importante. Una gran cantidad de simbolismo gira en torno al agua.

Podrá parecer una pérdida de tiempo, pero el conocer el simbolismo intrínseco da una idea de la concepción que tienen de su medio (cosmovisión, visión de un mundo) los pobladores_hacia quienes va dirigido un proyecto.

Ciudades importantes del viejo continente como: **Londres, Paris, Bonn**, etc; han comenzado como pequeños poblados al margen de un río. Además de ser una fuente de agua y alimentos, es un medio de transporte que desarrolla a estas pequeñas regiones en ciudades importantes.

El primer proyecto hidráulico se encuentra perdido en la historia. Alguien descubre que con la colocación de una pila de rocas a través de una corriente se eleva el nivel de agua lo suficiente para inundar tierra firme, básicamente durante la sequía.

CONCEPCIÓN MAYA AZTECA

"Los mayas creían que las grandes cuevas en donde corren ríos secretos, llamados cenotes, son los escondites de los dioses. Fue en esos tiempos remotos, cuando el pueblo maya vivía en la selva, que aprendieron a reconocer a los dioses de la lluvia, del viento y del sol, porque ahí cada árbol y cada animal parecen tener un espíritu que los protege.

Las leyendas cuentan que un dios todopoderoso, llamado **Itzamná**, había creado el mundo. Itzamná tuvo varios hijos, con su esposa **Ixchel**, diosa de la luna. Los hijos de Itzamná fueron los dioses del maíz y del comercio, de los sacrificios y de las estrellas. **Sus hijas fueron diosas de las aguas**, de la noche y del paraíso.

Para sobrevivir en Yucatán, la lluvia es muy importante, pues los ríos no corren sobre la tierra sino a muchos metros por debajo del suelo, en cavernas. Es por eso, que los mayas prehispánicos tenían como uno de sus dioses principales a Chaac, dios de la lluvia. A él le dedicaban templos enteros y en varias de las antiguas ciudades sus esculturas se ven por todos lados. Cuando creían que estaba muy enojado también le ofrecían sacrificios humanos. Cavernas o cenotes¹ (del vocablo maya *dzonot* que significa abismo) Península de Yucatán como un lugar con corredores subterráneos de agua dulce entre agua de mar. Lugar de residencia de Chaac, dios de la lluvia y dador de la vida. El señor de los cenotes que hace borbotear la vida en los ojos de agua. En Guatemala, en las Verapaces y el Peten, la entrada a ese tipo de cavernas o *siguanes* es conocido como la puerta de Xibalbá o reino de los muertos. Agua como vida y como muerte. Dualismo como el bien y el mal.

Kukulkán, el dios del viento, era muy especial. Fue un personaje sabio que vino de un lugar misterioso y tenía forma de serpiente emplumada. En las pirámides de las antiguas ciudades mayas como Chichén Itzá, podemos ver ahora los templos que le construyeron."

Chaac en el Kumatzim Wuj Ka'i' o Códice de Madrid

NOTA: con el juego de los tamaños de las representaciones o imágenes, lo de mayor importancia es lo mas grande, y así sucesivamente hasta lo más pequeño

¹ National Geographic. Octubre 2003. Los Cenotes Mayas. Pág. 72-91



La diosa de las aguas, una anciana con el cuerpo moreno y arrugado y los pies como garras, con una horrible serpiente enroscada en un nudo, para representar a la naturaleza serpeante del agua. En sus manos tiene un puchero de barro del que mana agua. No podemos decir que se parezca a la diosa-agua mejicana **Chalchi-huit-licue**, esposa de **Tlaloc**, que era desde muchos puntos de vista una deidad de carácter benéfico. La diosa I parece una personificación del agua en su más espantoso aspecto de inundaciones y chorros de agua, como inevitablemente debe haber parecido a los habitantes de las regiones más tórridas de América Central, y el hecho de que ocasionalmente lleve los huesos cruzados del **dios-muerte**, hace que haya sido vista como un agente de la muerte.

Y tiene lógica esta concepción al ver el agua como agente de enfermedades gastrointestinales que provocan Mortalidad y Morbilidad en la población infantil de un país como Guatemala.

DIOS LLUVIA



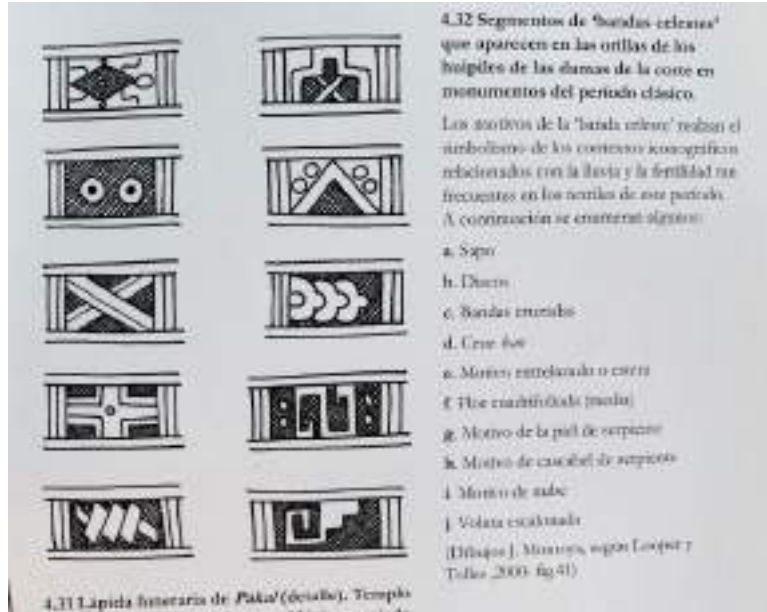
DIOSA AGUA



Dios azteca de la lluvia. Padre de los Tlalocs (nubes), que provocan los distintos tipos de lluvia. Su compañera es Chalchiuhtlique, dios de las aguas marinas.

Se sacrificaban anualmente muchas doncellas y niños a Tláloc. Si los niños lloraban se tomaba como buen augurio para la estación lluviosa.

EL AGUA Y LOS TEJIDOS MAYAS



4.21 Huipil, Tuzubá (Paquechil), 2000.

En el fondo central de esta prenda aparecen cinco signos verticales que representan al agua y los puntos de agua representados como gotas de lluvia.

(Etnográfico Museo Antropológico, AE, 2002: 33.26)

4.22 Huipil, Tucic (Paquechil) 2000.

Los motivos de serpiente (serpientes), combinados con motivos de estrellas, hacen un conjunto iconográfico relacionado con la lluvia, el agua y el viento del sol, el cual está representado por una estrella con rayos.

(Etnográfico Museo Antropológico, AE, 2002: 33.27)

EL MOTIVO DE LA SERPIENTE

Huipil ceremonial

Santa María de Jesús, Depto. de Sacatepéquez.

Kaqchikel aprox. 1930-40

La banda zigzag que se encuentra representada cuatro veces en este huipil, está también presente en los huipiles de casi todas las áreas lingüísticas mayas. La distribución geográfica de este diseño, que traspasa los límites del territorio maya, demuestra su importancia dentro de la iconografía mesoamericana.

El concepto de la serpiente, con una o dos cabezas, se remonta a tiempos inmemoriales. Ya en el período preclásico (1200 a.C. - 200 d.C.), la bóveda celeste era representada en el arte de las primeras culturas mesoamericanas con la forma de una serpiente o un reptil, ambos bicéfalos.

Si las dos cabezas simbolizan las dos propiedades o cualidades atribuidas a la serpiente cósmica. La primera está relacionada con los fenómenos del cielo (lluvia, viento, nubes, truenos y rayos); la segunda está relacionada con los procesos de muerte, transformación y renacimiento, que tienen lugar en 'las entrañas de la tierra'. Este animal representa literalmente las características del 'Cielo-Tierra', el cosmos, con su ciclo perenne de muerte y renacimiento, que todas las criaturas vivas, las plantas, así como el tiempo mismo deben completar.

Colectión Rijkmuseum voor Volkenkunde Leyden



Holsbeke, Mireille y Montoya, Julia- TEJIDOS MAYAS, el rostro de palabras y pensamientos tejidos. Editorial Cholsamaj, Guatemala, febrero 2008.

CONCEPCIÓN EGIPCIA

El Nilo (río) representado como el dios Hapi, dador de vida y sustento. No causa sorpresa que entre otras deidades se encuentre a Hekt o diosa con forma de rana. Si se ve con cuidado el relato del éxodo o salida de Israel de Egipto, se ve a un Dios que hace juicio y humilla a las deidades egipcias.

Se menciona una plaga de sangre, el río Nilo convertido en sangre por siete días. Se tienen que cavar nuevos pozos de agua²

Viene entre otras, una plaga de ranas³ que cubre a todo Egipto. Ranas incluso en la cama del faraón. Este le ruega a Moisés que orara a Dios para que fuese eliminada dicha plaga.

Es aquí en el Nilo donde nace lo que en griego se conoce como geometría, o ciencia que sirve para medir la tierra. El objeto original de dicha ciencia era calcular los impuestos de la tierra dada en arrendamiento por el faraón a los ciudadanos egipcios. Impuesto en función de la inundación del limo del Nilo. Medidas en proporción al cuerpo humano. Se acuñan términos como: Pié, palmo, cúbito, etc.



1001 datos del Antiguo Egipto. Editorial Molino, Barcelona, España, 2003.

CONCEPCIÓN TIBETANA

El título de su máximo líder religioso **Dalai Lama** tiene el significado de “*vasto como un océano*” El agua como figura de un caudal de conocimiento.

² Éxodo 7:14-25

³ Éxodo 8: 1-15

CONCEPCIÓN GRECO-ROMANO



Dios del agua, especialmente del mar, pero también de ríos, arroyos, lagos, manantiales y fuentes, era uno de los grandes dioses del **Olimpo**. De la misma manera que los dioses **Zeus** y **Hades**, habían nacido de la pareja **Cronos** y **Rea**, siendo, según la tradición, el mayor de los tres hermanos, aunque posteriormente, en virtud siempre del antropomorfismo, se consideraba a **Zeus** como: primogénito. Como ya es sabido, después de ser vencidos los **Titanes** y **Gigantes** y al hacer el reparto del mundo, botín obtenido con la victoria, a **Poseidón** le correspondió la soberanía de todo el elemento líquido, fuese cual fuese su origen.

Al mencionarse antropomorfismos, se entiende a la concepción de dioses y deidades con formas humanas. La mitología griega con sus representaciones humanas de sus deidades pasa a la cultura romana, con un concepto equivalente, pero con otro nombre. Herencia que es llegada a la Iglesia Católica Romana, con su imaginería con formas humanas; el concepto griego sigue latente. De esa cuenta, por ejemplo, la imagen del Zeus griego pasa a ser el Júpiter romano, para terminar en la imagen del Pedro católico, el que tiene las llaves del cielo y del infierno, sobre el que descansa la idea del sacerdote católico, primogénito de los papas⁴. La Afrodita griega, pasa como la Venus romana, que en el culto de la iglesia católica no es más que la Virgen María. En nombre del amor puro de una virgen se llama a la unidad de las religiones del mundo, en pro de una sola iglesia⁵.

⁴ The Two Babylons or The Papal Worship. Alexander Hislop. Loizeaux Brothers. Second Edition American 1959.

⁵ Babilonia Misterio Religioso. Ralph Woodrow. Edición en español, 1982.

<i>Nombre Griego</i>	<i>Atribución</i>	<i>Nombre Romano</i>
Cronos	Dios del Tiempo	Saturno
Gea	Diosa de la Tierra	Tellus
Zeus	Dios del Universo	Júpiter
Hera	Diosa del Matrimonio	Juno
Atenea	Diosa de la Sabiduría	Minerva
Artemisa	Diosa de la Caza	Diana
Apolo	Dios de las Artes, la Belleza y la Luz	Febo
Hermes	Mensajero y Dios del Comercio	Mercurio
Ares	Dios de la Guerra	Marte
Hefesto	Dios del Fuego	Vulcano
Afrodita	Diosa de la Belleza	Venus
Eros	Dios del Amor	Cupido
Poseidón	Dios del Mar	Neptuno
Hestia	Diosa del Fuego Sagrado y el Hogar	Vesta
Deméter	Diosa de la Agricultura	Ceres
Dionisio	Dios del Vino	Baco
Asclepios	Dios de la Medicina	Esculapio
Hades	Dios de los Muertos	Plutón
Perséfone	Diosa del Inframundo	Proserpina
Heracles	Héroe semidiós	Hércules
Odiseo	Héroe	Ulises
Urano	Dios del Cielo	Caelus
Pan	Semidiós de los pastores y rebaños	Fauno
Eos	Diosa del Amanecer	Aurora
Helios	Dios solar	Sol
Selene	Diosa Lunar	Luna

En la *Ilíada* se lee: Tres pasos dio, haciendo retemblar las altas colinas y las espesas selvas bajo sus inmortales pies; al cuarto llegó al término de su viaje, a **Aigai**. Allí, en las profundidades del mar tenía magníficos palacios de oro, resplandecientes e indestructibles,

Sí, **Poseidón** habitaba en el fondo del mar, en su hermoso palacio de **Aigai**. Iba siempre armado de un tridente, que era su arma favorita y la que utilizaba para todo: para levantar las olas del mar, para hacer brotar fuentes y manantiales, aparecer pozos y lagos y para provocar terremotos.

Documentos escritos por griegos y romanos indican que estos aceptaban que los océanos fuesen la fuente final de toda el agua, pero no podían imaginar que la cantidad de precipitación es igual o mayor que la cantidad de escorrentía. Típico de esa época era la concepción de que el agua de los océanos se movía subterráneamente hasta la base de las montañas, allí se desalinizaba en forma natural y ascendía en forma de vapor⁶ a través de conductos hasta la cumbre de las montañas donde se condensaba y daba el nacimiento de corrientes.

Sin embargo parece ser Marcos Vitruvio Pollio (100 AC, Aprox) quien es el primero en reconocer el papel de la precipitación como se entiende hoy en día.



CONCEPCIÓN A PARTIR DEL RENACIMIENTO

Leonardo da Vinci (1452 -1519) es el segundo en proponer la concepción moderna del ciclo hidrológico. Es el tiempo en que la ciencia se desliga de la religión y empieza la pugna entre ambas. Ciencia Renacentista como un medio para librarse de la represión religiosa de la Iglesia de Roma. Un no al mito del dogma. Hay que anotar que las ciencias nacen en el seno de la religión.

Pierre Perrault (1608-1680) compara medidas de lluvia con la descarga estimada del río Sena, demuestra que escorrentía es aproximadamente a un sexto de la precipitación.

CONCEPCIÓN SEMÍTICO-HEBREA

*Entonces respondió Jehová a Job desde un torbellino y dijo: 7
¿Dónde estabas tú cuando yo fundaba la tierra?*

⁶ El mito de Hermes, Dios de los Infiernos bajo la tierra. Un taller gigante de herrería, fragua que necesita de agua del mar.

⁷ *JOB 38. Reina-Valera 1995—Edición de Estudio*, (Estados Unidos de América: Sociedades Bíblicas Unidas) 1998.

¡Házmelo saber, si tienes inteligencia!
⁵ *¿Quién dispuso sus medidas, si es que lo sabes?*
¿O quién tendió sobre ella la cuerda de medir?
Él extiende el Norte sobre el vacío,
cuelga la tierra sobre la nada.
*¿Quién encerró con **puertas el mar**,*
cuando se derramaba saliéndose de su seno,
⁹ *cuando yo le puse nubes por vestidura*
y oscuridad por faja?
¹⁰ *Yo establecí para él los límites;*
le puse puertas y cerrojo,
¹¹ *y dije: “Hasta aquí llegarás y no pasarás adelante;*
ahí parará el orgullo de tus olas”.
Has penetrado tú hasta las fuentes del mar
y has caminado escudriñando el abismo?
*¿Has penetrado tú hasta los **depósitos de la nieve**?*
*¿Has visto los **depósitos del granizo**,*
¿Tiene padre la lluvia?
*¿Quién engendró las **gotas del rocío**?*
²⁹ *¿De qué vientre salió el **hielo**?*
*Y la **escarcha** del cielo, ¿quién la dio a luz?*
³⁰ ***Las aguas se endurecen como piedra***
y se congela la faz del abismo.
Puedes alzar tu voz a las nubes
para que te cubra gran cantidad de agua?
³⁵ *¿Envías tú los relámpagos, para que ellos vayan,*
o para que te digan: “Aquí estamos”?
CONCLUSIÓN: *Los cielos cuentan la gloria de Dios*
y el firmamento anuncia la obra de sus manos. SALMO 19:1

Es el discurso de Job ante Dios. Job que discute y contiene verbalmente ante Dios y este le responde haciéndole preguntas trascendentales. El libro de Job es considerado como el libro mas antiguo de la Biblia.

En este discurso se deja ver a un Dios que crea y funda la tierra con sus mares delimitados.

Llama la atención que se ven los estados del agua como: lluvia, punto de rocío (condensación) nieve, hielo. Hay una conciencia del ciclo del agua.

Esto se refuerza en Eclesiastés (Salomón) que habla sobre los ciclos de los vientos.

Si las nubes están llenas de agua,
sobre la tierra la derramarán;
Así como tú no sabes cuál es el camino del viento
El viento sopla hacia el sur,
luego gira hacia el norte; y girando sin cesar,
de nuevo vuelve el viento a sus giros.

En la Biblia, Aqua como figura de Espíritu. Sin agua no existiría el sacramento de Bautismo. *Yo a la verdad os bautizo en agua para arrepentimiento, pero el que viene tras mí, cuyo calzado yo no soy digno de llevar, es más poderoso que yo. Él os bautizará en Espíritu Santo y fuego.* Declaración de Juan el Bautista en el evangelio de Mateo.

Se lo dice JESÚS a Nicodemo (Juan 3:5) *Respondió Jesús:*

—*De cierto, de cierto te digo que el que no nace de agua y del Espíritu no puede entrar en el reino de Dios.* ⁶*Lo que nace de la carne, carne es; y lo que nace del Espíritu, espíritu es.* ⁷*No te maravilles de que te dije: “Os es necesario nacer de nuevo”.* ⁸*El viento sopla de*

donde quiere, y oyes su sonido, pero no sabes de dónde viene ni a dónde va. Así es todo aquel que nace del Espíritu.

La Expresión mas fuerte de este simbolismo del agua, se ve con Jesús y la mujer de Samaria; allí se presenta Jesús como el agua de vida eterna.

Respondió Jesús y le dijo:

—*Si conocieras el don de Dios, y quién es el que te dice: “Dame de beber”, tú le pedirías, y él te daría **agua viva**.* -*Cualquiera que beba de esta agua volverá a tener sed;* ¹⁴*pero el que beba del agua que yo le daré no tendrá sed jamás, sino que el agua que yo le daré será en él una **fuentes de agua que salte para vida eterna.***

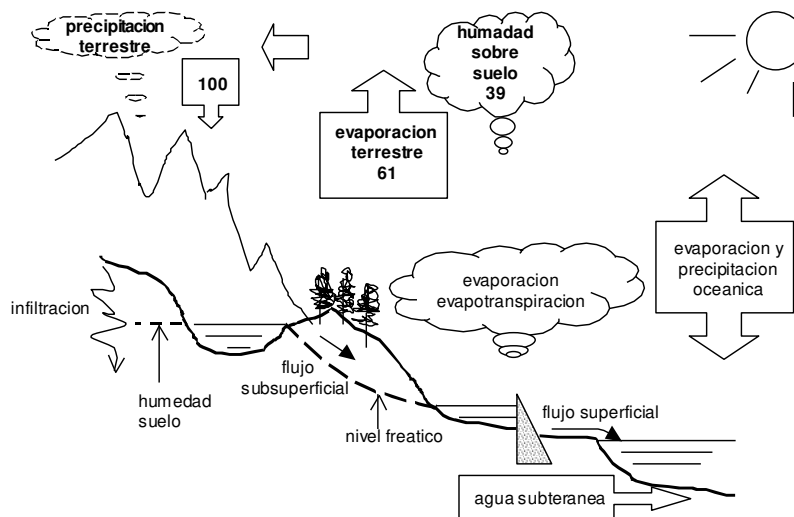
Se ve una alusión de que el agua para renovarse necesita de ser oxigenada, agua que salta y se mueve está en turbulencia. Cae la demanda de DBO y DQO por esa oxigenación que permite la vida.

En todas estas citas persiste la idea de limpieza por el lavado en agua.

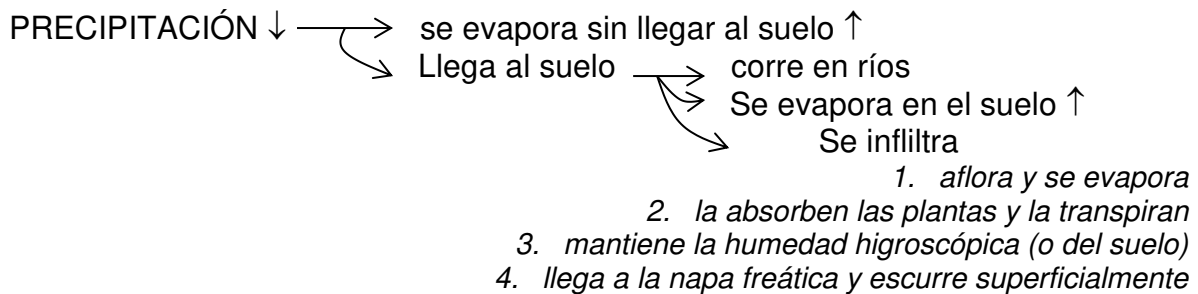
Si se regresa al inicio de que una ciudad está la lado de un río, se ve este simbolismo en Apocalipsis 22, en la visión de Juan de la ciudad Santa. *Después me mostró **un río limpio, de agua de vida, resplandeciente como cristal, que fluía del trono de Dios y del Cordero.***

Se ve que la tradición semita hebrea hace referencia a las necesidades básicas del hombre de principio a fin.

CICLO HIDROLÓGICO (M. V. Pollio)



De lo anterior se puede hacer el siguiente esquema:



ESTUDIO ⇒ BALANCE HIDROLÓGICO ⇒ CICLO DEL AGUA

DERIVANDO ECUACIÓN

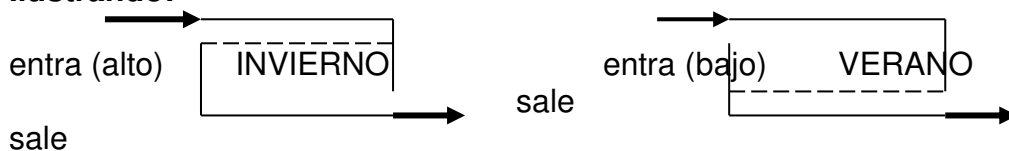
ACTIVO (entrada)	PASIVO (salida)
+PRECIPITACIÓN (P) +AGUA SUBTERRÁNEA (R)	-ESCURRIMIENTO (Q) -EVAPORACIÓN, TRANSPIRACIÓN, EVAPOTRANSPIRACIÓN Y DÉFICIT DE FLUJO (D) -INFILTRACIÓN AGUA SUBTERRÁNEA (R) -CAMBIOS EN ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO (ΔR)

Como ecuación: $P + R = Q + D + R + \Delta R$ (se estudiará cada letra en el curso)

Si $\Delta R = 0$ en un Año Hidrológico

Se tiene la expresión simple para un Año Hidrológico: $P = Q + D$

Ilustrando:



Entonces, **el CICLO⁸ HIDROLÓGICO se considera el concepto fundamental de la hidrología.** Como todo ciclo, el hidrológico no tiene principio ni fin, y su descripción se puede iniciar desde cualquier punto.

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA⁹ EN LA ECÓSFERA:

Las aguas de la hidrosfera se transmiten de manera continua de los mares a las regiones de la tierra y de nuevo a los mares, dentro de un proceso cíclico llamado

⁸ FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE. Francisco Javier Aparicio Mijares. Limusa Noriega Editores, 10ª reimpresión, México 2001. Sección 1.3, Pág.17.

⁹ Ídem.

Ciclo del Agua. Puesto que en realidad se genera muy poca agua por la actividad volcánica, el mismo líquido ha estado pasando a través del ciclo durante muchos siglos. La misma molécula de agua que se encuentra en una gota de saliva de la boca de alguno de ustedes pudo haber pasado un tiempo en los mares primitivos o en las capas de hielo. Puede haber sido transportada en la atmósfera como vapor y haberse depositado en el río Nilo durante el reinado de un gran faraón. La misma molécula puede haber sido arrastrada a la deriva en el mar Mediterráneo y mediante evaporación y condensación haber entrado en un acueducto romano para luego ser consumida por un emperador, convirtiéndose en parte del agua de su cuerpo. Es posible que haya salido durante la descomposición de su cuerpo e ir a parar durante siglos dentro de los ciclos locales de agua de la Europa medieval. En 1492 es muy probable que dicha molécula haya viajado con Colón para ser descargada en forma de orina en el Nuevo Mundo. Pudo haber formado parte del abastecimiento subterráneo de agua de las colonias americanas y haber sido transportada a la parte occidental de Guatemala por algún encomendero. De esta cuenta la molécula está presente en la clase de la noche de hoy.

AGUA EN LA HIDRÓSFERA¹⁰

Cada año caen aproximadamente 110 billones (10^{12}) de metros cúbicos (m^3) de agua en forma de precipitaciones pluviales sobre los continentes del globo terráqueo. Si se estima una población del planeta de unos 5700 millones de habitantes, significa que cada uno recibe en promedio cerca de 53000 litros ~ 53 toneladas de agua dulce por día. Esto sin considerar el agua que cae en forma de lluvia o nieve en los océanos. Ciertamente, debería alcanzar para todos.

Sin embargo, a pesar de esa aparente abundancia de agua, a diario mueren miles de personas por enfermedades asociadas con esquemas inadecuados de abastecimiento de agua limpia.

Por supuesto, el problema no es la cantidad de agua, ni el número de personas, sino la distribución relativa de ambos, así como el hecho de que el agua no llega de manera regular en el tiempo.

AGUA EN HIDRÓSFERA¹¹	% de 1500 millones km³
Mares	97.2
Casquetes polares y glaciales	2.15
Agua subsuperficial (humedad suelo, agua freática)	0.63
Agua superficial (ríos, lagos, corrientes agua dulce)	0.019
Agua atmosférica	0.001

¹⁰ AGUA SUBTERRÁNEA. Michael Price. Limusa Noriega Editores, 1ª impresión, México 2003. Pág.1

¹¹ QUÍMICA ENFOQUE ECOLÓGICO. T. R. Dickson. Limusa Noriega Editores. Pág 218.

CANTIDADES DE AGUA EN EL MUNDO¹²

ITEM	AREA 10 ⁶ km ²	VOLUMEN Km ³	% AGUA TOTAL	% AGUA DULCE
Océanos	361.3	1338000000	96.5	
Agua subterránea	134.8	10530000	0.76	30.1
Dulce	134.8	12870000	0.93	
Salada				
Humedad suelo	82.0	16500	0.0012	0.05
Hielo polar	16.0	24023500	1.7	68.6
Hielo no polar	0.3	340600	0.025	1.0
Lagos				
Dulces	1.2	91000	0.007	0.26
Salinos	0.8	85400	0.006	
Pantanos	2.7	11470	0.0008	0.03
Ríos	148.8	2120	0.0002	0.006
Agua biológica	510.0	1120	0.0001	0.003
Agua Atmosférica	510.0	12900	0.001	0.04
AGUA TOTAL	510.0	1385984610	100.0	
AGUA DULCE	148.8	35029210	2.5	100.0

BALANCE ANUAL DE AGUA GLOBAL¹³

ITEM		OCÉANO 361300000	TIERRA 148800000
Área km ²			
Precipitación	km ³ /año mm/año pulg/año	458000 1270 50	119000 800 31
Evaporación	km ³ /año mm/año pulg/año	505000 1400 55	72000 484 19
Escorrentía al océano	km ³ /año	Xxx	44700
Ríos	km ³ /año	Xxx	2200
Agua subterránea	km ³ /año	Xxx	47000
total	mm/año pulg/año	Xxx xxx	316 12

TIEMPO DE RESIDENCIA $Tr = (\text{vol. Almacenado})/(\text{flujo entrada ó salida})$

Ej. en **Agua Atmosférica**:

$$Tr = \{12900 \text{ km}^3\} / \{(458000+119000) \text{ km}^3/\text{año}\} / \{365 \text{ día/año}\} = \underline{\underline{8.2 \text{ día}}}$$

¹² **ELEMENTOS DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA.** Por Daniel Schenzer y Luis Silveira. Primer Curso de Hidrología Subterránea. UDELAR, UNESCO y OEA. Montevideo Uruguay, Septiembre - diciembre 2000.

¹³ Ídem



THEME: PRECIPITATION (ANNUAL)

AGUA EN EL MEDIO¹⁴ AMBIENTE:

Las aguas naturales en la hidrosfera por lo común son soluciones de diferente complejidad. Se debe al estrecho contacto que tiene el agua natural con compuestos químicos de la litosfera, atmósfera y biosfera. El agua de lluvia contiene gases de la atmósfera y, algunas veces, contaminantes del aire disueltos. El agua de ríos y lagos contiene minerales disueltos, gases atmosféricos y diversos compuestos químicos liberados por el hombre. El agua de mar constituye una selección compleja que se compone de varios compuestos químicos. Incluso el agua potable contiene algunos químicos. Cuando alguno de estos compuestos interfiere con el uso al que se destina el agua, se consideran como **contaminantes**.

(entre paréntesis) GUATEMALA Y EL PROBLEMA DE LA INFORMACIÓN:

En un país como el nuestro se tiene que afrontar a menudo la **falta de fuentes fiables** de información. Registros municipales y parroquiales quemado en el conflicto armado, etc. Si hay bancos de datos se debe estar conciente del grado de fiabilidad y confianza con que hay que tomar dicha información. Por Ej. Censos poblacionales que han sido manipulados por el gobierno de turno y sectores periféricos con intereses propios, justificar mas población para aumentar el número de: electores y a consecuencia diputados al congreso.

Existe también **poca cultura de información**, amparada por el conflicto armado en mención, mas la cultura de represión que viene desde Guatemala era colonia española, el guatemalteco común y corriente tiene la virtud de ver y callar. “*No he visto ni oído nada*” expresión que resume el temor y desconfianza en un clima de impunidad. Desconfianza en doble vía, el guatemalteco no tiene confianza en la administración de su estado y viceversa, el Estado de Guatemala no confía en sus habitantes. Prueba de ello es la existencia de unas 30000 leyes en este pequeño país, de las cuales un tercio es funcional. Para todo hay normativa por ese clima de desconfianza.

¹⁴ QUÍMICA ENFOQUE ECOLÓGICO. T. R. Dickson. Limusa Noriega Editores. Pág 217.

(a reflexionar)

Lo anterior obliga a ser muy creativo para obtener los datos necesarios. Se tiene que tener mucha imaginación para la aplicación de normas extranjeras en el diseño hidráulico de la infraestructura nacional; todo esto porque no hay datos de diseño, no hay una investigación a conciencia de hábitos y patrones de consumo del guatemalteco. Por ejemplo, normas de dotación de agua norteamericanas, pueden ser muy sobradas (o grandes) para nuestra realidad) **Recordar que estos patrones de consumo pueden no se constantes en las distintas regiones del país. Patrones de consumo y utilización del recurso agua además de estar condicionados por el aspecto climático, lo pueden estar por lo cultural y simbólico de los pobladores. Consumo de agua en función de costumbre e idiosincrasia de nuestros pueblos. La organización social y las fuentes de agua.**

AGUA EN LOS SERES¹⁵ HUMANOS:

La masa del cuerpo humano tiene un promedio aproximado de 65% de agua. El porcentaje de agua en el cuerpo varía mucho entre los seres humanos y, por regla general, el hombre tiene un mayor porcentaje de agua que las mujeres. Hay varias partes del cuerpo que contienen distintos volúmenes de agua: la sangre tiene un 83% de agua, los músculos 76% y los huesos sólo 22% de este líquido.

El agua se incorpora a las células del cuerpo y a los fluidos extracelulares del organismo. Alrededor del 63% del agua del cuerpo es intracelular, el 23% se localiza en fluidos intersticiales, entre células; 6.3% está en la sangre y 7.7% en las cavidades orgánicas como intestinos y glóbulos oculares.

Una persona normal pierde cada día cerca de 2.5 litros de agua del cuerpo: en orina y excretas más o menos 1.5 litros, en transpiración 0.5 litros y en la respiración otros 0.5 litros.

Para recuperar ese líquido es necesario beber alrededor de 1.25 litros de agua o líquidos que la contengan, el contenido de los alimentos proporciona más o menos un litro y el metabolismo de estos produce unos 250 mililitros.

*Entonces Jehová Dios formó al hombre del polvo de la tierra, sopló en su nariz aliento de vida y fue el hombre un ser viviente*¹⁶ parece que esto refuerza lo anteriormente descrito, además de agua en el cuerpo humano se encuentran otros compuestos químicos que se encuentran en la tierra. El Rito de los entierros la simbología de un cuerpo que se degrada en los mismos elementos. Si se recuerda la concepción Semita-Judía, agua como figura de espíritu o, en este caso, aliento de vida.

¿DE QUE ESTA FORMADO¹⁷ UN HOMBRE?

¹⁵ Ibíd. Pág. 199.

¹⁶ Génesis 2:7. Reina-Valera 1995—Edición de Estudio, (Estados Unidos de América: Sociedades Bíblicas Unidas) 1998.

¹⁷ ATOMOS, ENERGÍA Y MÁQUINAS. Colección Ciencia Creativa. McCormick USA 1960. Pág.74.

Grasa en cantidad suficiente para hacer siete barras de jabón; suficiente hierro para hacer un clavo mediano; suficiente caucho para hacer un cartucho de escopeta; bastante azúcar para endulzar cuatro litros de limonada; bastante cal para una pared; azufre como para bañar y quitar las pulgas a un perro; fósforo para hacer 2200 cabezas de cerillo y suficiente agua para lavar los trastos de tres comidas. Es para un hombre regular, que de venderse como materia prima tendría un precio el día de hoy de unos 130 quetzales; más gastos de destace y titulado para separar los elementos que vienen en pie.

En un análisis completo se ha encontrado que el cuerpo humano contiene unos veinte elementos que a continuación se detalla:

COMPOSICIÓN DE CUERPO HUMANO

ELEMENTO	%	LUGAR DONDE SE ENCUENTRA
Oxígeno	65.00	Agua, carbohidratos, proteínas y grasas
Carbono	18.00	Carbohidratos, proteínas y grasas
hidrógeno	10.00	Agua, carbohidratos, proteínas, ácidos estomacales
Nitrógeno	3..0	Proteínas
Calcio	2.00	Huesos, dientes, sangre
Fósforo	1.00	Huesos ,dientes, músculos, nervios, cerebro
Potasio	0.35	Tejidos suaves, secreciones lechosas
Azufre	0.25	Proteínas
Sodio	0.15	Sal común
Cloro	0.15	Sal común, ácidos estomacales
Magnesio	0.05	Huesos, tejidos suaves, líquidos del cuerpo
Hierro	0.004	Glóbulos rojos de la sangre, músculos
Manganeso	0.003	¿?
Flúor	huellas	Dientes, huesos
Silicio	huellas	¿?
Yodo	huellas	Secreciones de la tiroides
Cobre	huellas	Músculos, huesos, hígado, sangre
Cobalto, cinc, bromo, aluminio, selenio y boro	huellas	¿?

LA ATMÓSFERA (desde el punto de vista hidrológico)

La atmósfera está constituida por una capa gaseosa y turbulenta sometida a fuertes influencias térmicas que condicionan los procesos hidrometeoro lógicos.

Básicamente se tiene lo siguiente:

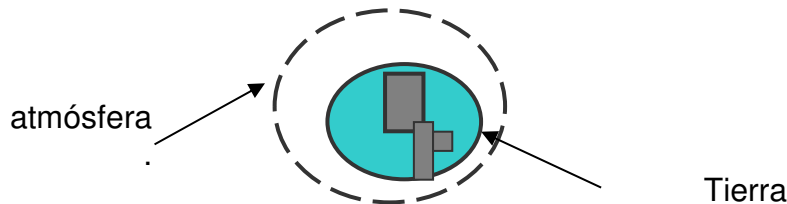
Aire húmedo = aire seco + vapor de agua

1. para la hidrología es importante ya que se considera como un gran reservorio de agua en estado de vapor (recipiente)
2. atmósfera como un sistema de transporte y repartición de agua (Niño y Niña)
3. Niño como un calentamiento global de la atmósfera.
4. Niña como un enfriamiento global de la atmósfera.

5. atmósfera como un gran conductor de calor que absorbe selectivamente una pequeña parte de la radiación solar directa y una porción menor de las calorías emitidas por la tierra que es calentada por el sol.

NOTA SOBRE EL DILUVIO

Se sentiría diferente antes del diluvio pues no había atmósfera. El clima y la temperatura eran iguales¹⁸ en toda la tierra, no había viento. El viento existe por la diferencia de temperaturas. Plantas sin mucho espacio para raíz, ahora si es necesario.



La raíz de las plantas tiene ahora la función de anclaje.

El Diluvio destruyó la Tierra, ahora hay vientos y los climas son distintos.

No se puede decir que la tierra fue creada hace cuatro mil años ¿cuánto es el período antes del Diluvio? No se sabe. Ahora las 24 horas dependen del Sol, pero el Sol es creado hasta el cuarto día, mientras que la tierra en el tercer día. No había Sol, tarde y mañana del día tercero.^c

El diluvio como un gran cataclismo que origina el ciclo Hidrológico, es decir el clima varía en la Tierra. Al séptimo día, las aguas del diluvio vinieron sobre la tierra.

¹¹Aquel día del año seiscientos de la vida de Noé, en el mes segundo, a los diecisiete días del mes, fueron rotas todas las fuentes del gran abismo y abiertas las cataratas de los cielos, ¹²y hubo lluvia sobre la tierra cuarenta días y cuarenta noches¹⁹ DILUVIO registrado por otras culturas ver por ejemplo la obra de Frazer en la expansión del Imperio Británico a inicios del siglo xx²⁰

COMPOSICIÓN DE LA ATMÓSFERA (% por volumen)

ELEMENTO	%
Nitrógeno	78.09
Oxígeno	20.95

¹⁸ Cuando Jehová Dios hizo la tierra y los cielos, ⁵aún no había ninguna planta del campo sobre la tierra ni había nacido ninguna hierba del campo, porque Jehová Dios todavía no había hecho llover sobre la tierra ni había hombre para que labrara la tierra, ⁶sino que subía de la tierra un vapor que regaba toda la faz de la tierra. ⁷Entonces Jehová Dios formó al hombre del polvo de la tierra, sopló en su nariz aliento de vida y fue el hombre un ser viviente. **Génesis 2:4-7**

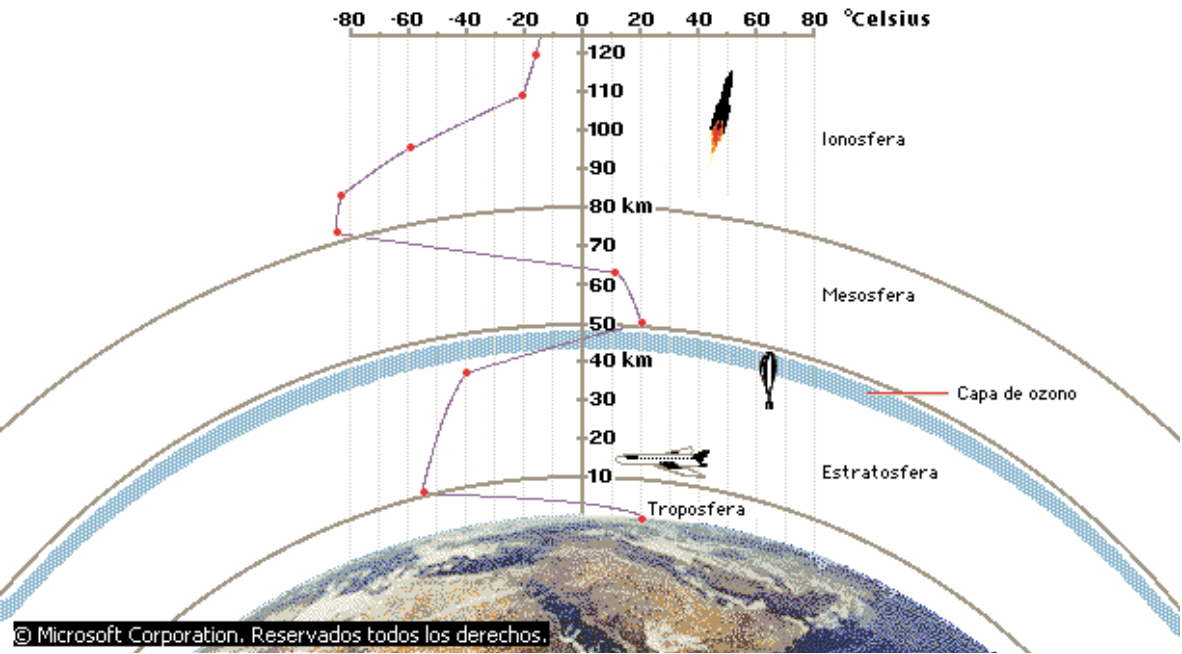
^c Pregunta seminario Iglesia Presbiteriana coreana de Norteamérica. Ex. Dr. Kim. 19990831 en base a: Génesis 1: 6-20

¹⁹ Génesis 7: 10-12. Reina-Valera 1995—Edición de Estudio, (Estados Unidos de América: Sociedades Bíblicas Unidas) 1998.

²⁰ Frazer, James George. **El Folklore en el Antiguo Testamento**. 1ª reimpresión. Fondo de Cultura Económico. México, 1986

Argón	0.93
Anhídrido carbónico	0.03
Neón	0.0013
Helio	0.000 524
Criptón	0.000 11
Hidrógeno	0.000 05
Xenón	0.000 008
Ozono	0.000 001
Radio	0.000 000 000 000 000 006

Depende del gradiente de temperatura en la atmósfera



en Troposfera la temperatura disminuya ~ 0.6 °C/100m

Sin embargo en las noches despejadas de poco viento se puede dar una **inversión térmica de temperatura**. La masa gaseosa adquiere la temperatura de la tierra. Aire caliente

Principales contaminantes atmosféricos

CONTAMINANTE	PRINCIPALES FUENTES	COMENTARIOS
Monóxido de carbono (CO)	Gases de escape de vehículos de motor; algunos procesos industriales	Máximo permitido: 10 mg/m ³ (9 ppm) en 8 hr; 40 mg/m ³ en 1 hr (35 ppm)
Dióxido de azufre (SO ₂)	Instalaciones generadoras de calor y electricidad que utilizan petróleo o carbón con contenido sulfurado; plantas de ácido sulfúrico	Máximo permitido: 80 µg/m ³ (0,03 ppm) en un año; 365 µg/m ³ en 24 hr (0,14 ppm)

Partículas en suspensión	Gases de escape de vehículos de motor; procesos industriales; incineración de residuos; generación de calor y electricidad; reacción de gases contaminantes en la atmósfera	Máximo permitido: 75 µg/m ³ en un año; 260 µg/m ³ en 24 hr; compuesto de carbón, nitratos, sulfatos y numerosos metales, como el plomo, el cobre, el hierro y el cinc
Plomo (Pb)	Gases de escape de vehículos de motor, fundiciones de plomo; fábricas de baterías	Máximo permitido: 1,5 µg/m ³ en 3 meses; la mayor parte del plomo contenido en partículas en suspensión
Óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂)	Gases de escape de vehículos de motor; generación de calor y electricidad; ácido nítrico; explosivos; fábricas de fertilizantes	Máximo permitido: 100 µg/m ³ (0,05 ppm) en un año para el NO ₂ ; reacciona con hidrocarburos y luz solar para formar oxidantes fotoquímicos
Oxidantes fotoquímicos (fundamentalmente ozono [O ₃]; también nitrato peroxiacetílico [PAN] y aldehídos)	Se forman en la atmósfera como reacción a los óxidos de nitrógenos, hidrocarburos y luz solar	Máximo permitido: 235 µg/m ³ (0,12 ppm) en 1 hr
Hidrocarburos no metánicos (incluye etano, etileno, propano, butanos, pentanos, acetileno)	Gases de escape de vehículos de motor; evaporación de disolventes; procesos industriales; eliminación de residuos sólidos; combustión de combustibles	Reacciona con los óxidos de nitrógeno y la luz solar para formar oxidantes fotoquímicos
Dióxido de carbono (CO ₂)	Todas las fuentes de combustión	Posiblemente perjudicial para la salud en concentraciones superiores a 5000 ppm en 2-8 hr; los niveles atmosféricos se han incrementado desde unas 280 ppm hace un siglo a más de 350 ppm en la actualidad; probablemente esta tendencia esté contribuyendo a la generación del efecto invernadero

21

PLAGUICIDAS PELIGROSOS²²

Diversas organizaciones ambientalistas promueven la prohibición de doce plaguicidas, con argumentos de: intoxicación para los campesinos de Guatemala y Centroamérica y, daño al ambiente.

Un costo económico de US\$ 18 millones en 1994 por el no ingreso de productos verdes a E. E. U. U. Por presentar altos niveles de plaguicidas

Entre los costos: enfermos crónicos, muertos, altos costos de operaciones agrícolas así como contaminación de alimentos y otros recursos.

El famoso de esta lista es el Paraquat por Ej. Que a causado muerte entre los suicidas.

Calas y Repac de grupos ambientalistas del Istmo proponen restringir a los doce sucios.

²¹ "Principales contaminantes atmosféricos." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

²² PRENSA LIBRE. Año LII, No. 17,017. Domingo 15 de Junio de 2003. Actualidad Nacional, Pág. 6.

Los Doce sucios

Metil paration Terbufos Etoprofos Aldicarb	INSECTICIDAS considerados altamente peligrosos
Metamidofos Metomil Monocrotofos Carbofuran	INSECTICIDAS
Endosulfan Clorpirifos Paraquat Fosfuro de aluminio	INSECTICIDA INSECTICIDA HERBICIDA ROEDICIDA E INSECTICIDA

Además se detecta contrabando de DDT (supuestamente fuera de circulación) desde México. Sustancia que puede permanecer en agua y ambiente 30 años.

Sin embargo, Julio Roberto Ruano, gerente de la Asociación del Gremio Químico Agrícola AGREQUIMA, no ve la necesidad de tal prohibición, pues según el, no provoca daños al ser utilizados estos productos de manera correcta.

¿Pero quién le va hacer tales advertencias a la mayoría de campesinos analfabetas? Dice Miguel Ángel Lucas, secretario general de la Central de Trabajadores del Campo.

METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA:

Observar el ciclo del agua en la atmósfera y armar algún modelo matemático del comportamiento del agua meteórica, atmosférica o celeste, lleva a la hidrología a auxiliarse de la meteorología.

METEOROLOGÍA

1. Ciencia que trata de los meteoros y de las variaciones de la atmósfera. **METEORO** como fenómeno atmosférico.²³
2. estudio científico de la atmósfera de la Tierra. Incluye el estudio de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas (meteorología sinóptica), el estudio de las propiedades eléctricas, ópticas y otras de la atmósfera (meteorología física); el estudio del clima, las condiciones medias y extremas durante largos periodos de tiempo (climatología), la variación de los elementos meteorológicos cerca del suelo en un área pequeña (micrometeorología) y muchos otros fenómenos. El estudio de las capas más altas de la atmósfera (superiores a los 20 km o los 25 km) suele implicar el uso de técnicas y disciplinas especiales, y recibe el nombre de

²³ CAMPANO ILUSTRADO. Diccionario Castellano Enciclopédico. Granier Hermanos, París enero de 1923. Pág. 731.

aeronomía. El término *aerología* se aplica al estudio de las condiciones atmosféricas a cualquier altura.²⁴

BREVE HISTORIA DE LA METEOROLOGÍA

Hay que recordar todos los conceptos referentes a METEORO mencionados en Job 38: *Has penetrado tú hasta los depósitos de la nieve? ¿Has visto los depósitos del granizo,*

Tiene padre la lluvia? gotas del rocío, hielo, escarcha Lo anterior es una historia muy antigua, mucho antes que Abraham e Isaac, padres de Ysrael (Israel) Posteriormente los estudiosos de la antigua Grecia mostraban gran interés por la atmósfera. Ya en el año 400 a.C. Aristóteles escribió un tratado llamado *Meteorologica*, donde abordaba el “estudio de las cosas que han sido elevadas”; un tercio del tratado está dedicado a los fenómenos atmosféricos y el término *meteorología* deriva de su título. A lo largo de la historia, gran parte de los progresos realizados en el descubrimiento de leyes físicas y químicas se vio estimulado por la curiosidad que despertaban los fenómenos atmosféricos.

La predicción del tiempo ha desafiado al hombre desde los tiempos más remotos, y buena parte de la sabiduría acerca del mundo exhibida por los diferentes pueblos se ha identificado con la previsión del tiempo y los almanaques climatológicos. No obstante, no se avanzó gran cosa en este campo hasta el siglo XIX, cuando el desarrollo en los campos de la termodinámica y la aerodinámica suministraron una base teórica a la meteorología. Las mediciones exactas de las condiciones atmosféricas son también de la mayor importancia en el terreno de la meteorología, y los adelantos científicos se han visto potenciados por la invención de instrumentos apropiados de observación y por la organización de redes de observatorios meteorológicos para recoger datos. Los registros meteorológicos de localidades individuales se iniciaron en el siglo XIV, pero no se realizaron observaciones sistemáticas sobre áreas extensas hasta el siglo XVII. La lentitud de las comunicaciones también dificultaba el desarrollo de la predicción meteorológica, y sólo tras la invención del telégrafo a mediados del siglo XIX se hizo posible transmitir a un control central los datos correspondientes a todo un país para correlacionarlos a fin de hacer una predicción del clima.

Uno de los hitos más significativos en el desarrollo de la ciencia moderna de la meteorología se produjo en tiempos de la I Guerra Mundial, cuando un grupo de meteorólogos noruegos encabezado por Vilhelm Bjerknes realizó estudios intensivos sobre la naturaleza de los frentes y descubrió que la interacción entre masas de aire genera los ciclones, tormentas típicas del hemisferio norte. Los posteriores trabajos en el campo de la meteorología se vieron auxiliados por la invención de aparatos como el *rawinsonde* o radiosonda, descrito más adelante, que hizo posible la investigación de las condiciones atmosféricas a altitudes muy elevadas. Después de la I Guerra Mundial, un matemático británico, Lewis Fry

²⁴"Meteorología." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Richardson, realizó el primer intento significativo de obtener soluciones numéricas a las ecuaciones matemáticas para predecir elementos meteorológicos. Aunque sus intentos no tuvieron éxito en su época, contribuyeron a un progreso explosivo en la predicción meteorológica numérica de nuestros días.²⁵

ESTACION METEOROLÓGICA EN GUATEMALA (~175 de todo tipo en el país)

1. TIPO A : la más completa, la mayoría de los instrumentos. ~12 parámetros.
2. TIPO B: tanque de evaporación, pluviógrafo, veleta, anemógrafo, termómetros. Instrumentación no completa, algo falta.
3. TIPO C: Pluviómetro y termómetros.
4. TIPO D: pluviómetro.

La importancia de que los instrumentos estén accesibles al operador. Evitar que el operador se invente la información. **Análisis de Doble Masa** para verificar consistencia de la información. En este análisis gráficamente se evalúa la pendiente de los datos en el tiempo y se contrasta con estaciones cercanas. La idea es que el comportamiento debe ser similar, si lo no es hay probabilidad de alteración (invención) de la información.

Así: 108,889 km² Guatemala/ 175 estaciones = 1 estación por 622.3 km². Si todas funcionan. Según OMM faltan 2/3 por cubrir aproximadamente. (ver Pluviómetro)

²⁵"Meteorología." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS



COBERTIZO METEOROLÓGICO

Es una caseta de madera o fibra de vidrio, cuyas paredes están provistas de celosías, a manera de persianas, que permiten la libre circulación del aire libre a través de ellas. Caseta de color **blanco** para que refleje la radiación solar.

Con el mismo fin, el fondo de la caseta está formado por tablillas traslapadas o un doble piso con agujeros desalineados, impidiendo la transmisión del calor y la luz que refleja el suelo hacia el interior.

Caseta en contra la dirección de los vientos.

Los instrumentos y aparatos que van dentro de la caseta o abrigo son:

- **Termómetro de Máxima** un termómetro vertical común y corriente con una contracción entre escala y bulbo para no regreso de mercurio.  - Temperatura máxima: 2 a 3 horas después del que el sol está en el cenit.
- **Termómetro de Mínima** un termómetro horizontal. Temp.. mínima, unos instantes antes de la salida del sol –mañana-
- **Temperatura como medición de calor.**

- **Higrótermografo**  - **Psicrómetro**



EVAPORÍMETRO

Instrumento para medir la cantidad de agua que se evapora en la atmósfera durante un intervalo de tiempo dado. Se denomina también *Atnómetro* y es término general para denominar cualquier aparato que sirve para medir la evaporación. En el centro un pozo de Tranquilidad, para evitar el oleaje que puede formar el aire, lo que dificulta lecturas. En tiempo de lluvia (compensa con dato de pluviómetro) a 35 mm, y en estación seca de 45 a 50 mm de altura.

Instrumentos resistentes a la intemperie.



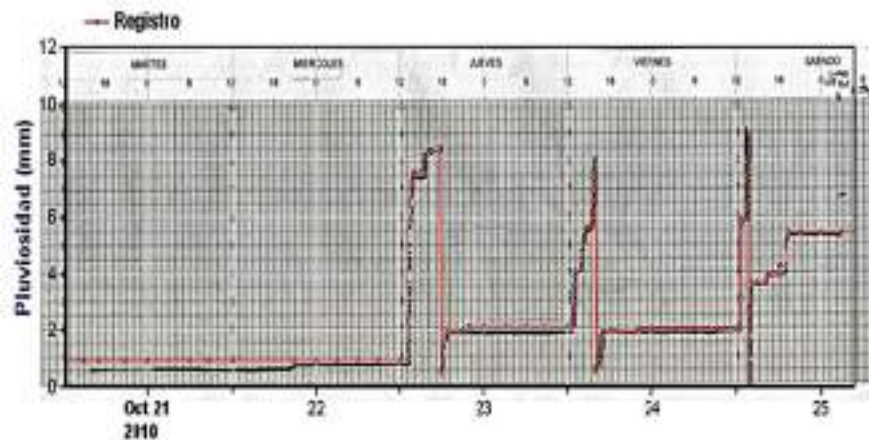
PLUVIÓGRAFO

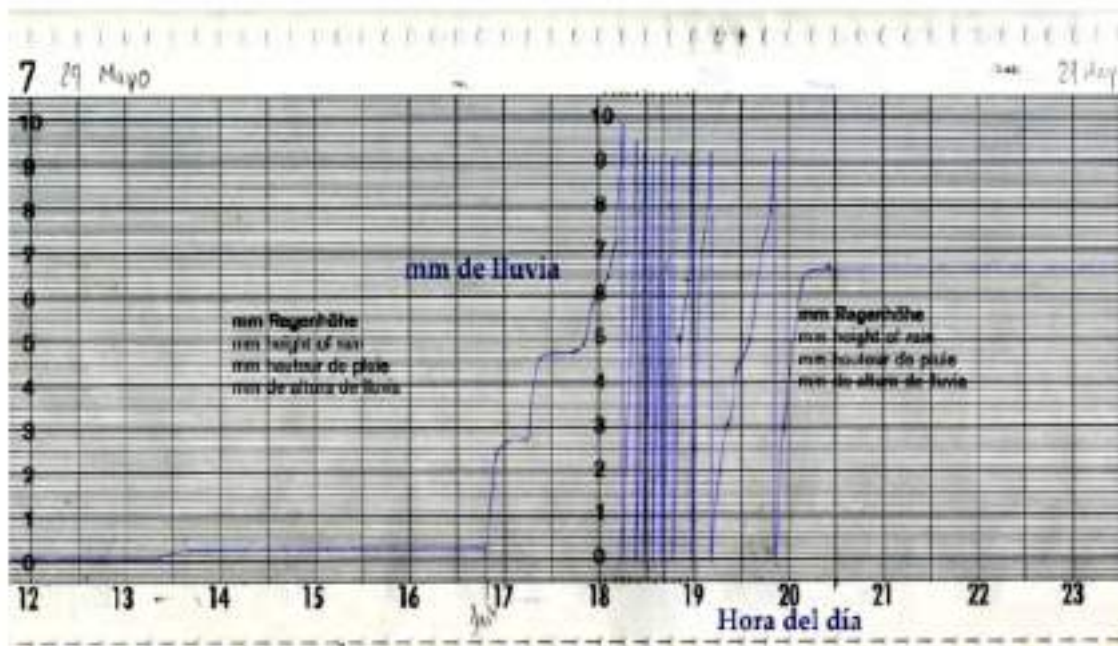
Es un instrumento que registra la cantidad de precipitación caída e indica la intensidad de la misma.

Carta semanal en un tambor accionado por un motor de relojería.

Línea horizontal en la carta semanal indica la inexistencia de lluvia.

10 área de recolección = área de captación.
Lectura en milímetros amplificada.





PLUVIÓMETRO

Es un instrumento que mide la cantidad de agua caída en un periodo de tiempo determinado (cada 6 horas).

Lectura puntual.

No deben ubicarse en lugares con obstáculos tales como árboles y cobertizos, que interrumpen la captación de lluvia. Un radio de espacio de 1.5 m como mínimo. No ubicarse en lugares de fuerte pendiente, interferencia en toma de lluvia. Por sentido común, más pluviómetros donde se espere mayor lluvia.

Según OMM²⁶ la densidad de una red es: **600 a 900 km²/estación** en regiones **PLANAS**; **100 a 250 km²/estación** regiones **MONTAÑOSAS**; **25 km²/estación** en **islas montañosas pequeñas** y, de **1500 a 10000 km²/estación** en zonas **ARIDAS Y POLARES**.

²⁶ OMM Organización Mundial Meteorología.



PSICRÓMETRO

Instrumento empleado para medir la humedad de la atmósfera, está formado por dos termómetros idénticos, uno de los cuales, llamado "Termómetro Seco", sirve sencillamente para obtener la temperatura del aire, y el otro, llamado "Termómetro Humedo", tiene el bulbo recubierto con una vaina de muselina humedecida por medio de una mecha que la pone en comunicación con un depósito de agua destilada.



ANEMÓMETRO

Instrumento para medir la velocidad del viento o para la observación simultanea de la dirección y velocidad del viento.

Viento: aire en movimiento.

Se trabaja como Rumbo Topográfico:
N163kphW

Viento por medio de la Cruz de Cazoletas.



HELIÓGRAFO

Instrumento registrador que mide únicamente la duración de la insolación (horas de brillo solar)

Base triangular que se nivela como un teodolito. Esfera como lente de aumento que va quemando la carta diaria indicando en el día las horas sol. Lente orientado al Norte Polar.

La carta diaria sobre un cuadrante que se corre dependiendo de las estaciones del año. Días largos, carta mas larga (junio, julio) Días cortos carta corta (diciembre, enero)



PIRANÓMETRO

Instrumento que mide la radiación solar (radiación global) recibida desde todo el hemisferio celeste sobre una superficie horizontal terrestre.

RADIACIÓN SOLAR: 43% reflejada al espacio, 12% que la absorbe el vapor de agua, 5% absorbida por nubes, polvo, ozono, anhídrido carbónico y 40% que llega a la tierra donde una parte es tomada y otra reflejada al espacio.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS



ESTACION METEOROLÓGICA CONVENCIONAL

Estación dotada de instrumentos convencionales los cuales son observados por el personal de meteorología para la obtención y actualización de datos tales como:

- Temperatura del momento - Temperatura del termómetro Húmedo
- Temperaturas extremas cuando corresponda - Precipitación
- Evaporación - Horas de sol



ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA

Estación meteorológica dotada de sensores electrónicos, por su característica de funcionamiento puede ser emplazada en cualquier lugar donde se le pueda suministrar energía eléctrica o en algunos casos puede funcionar con baterías.

Las estaciones meteorológicas automáticas integra sensores de temperatura, humedad, presión, viento, precipitación, alcance visual de pista(visibilidad), altura de nubes hasta los 1500 metros, cobertura de cielo nuboso, etc.

Por medio de un programa computacional instalado en un ordenador común, integra todos los datos y entrega información meteorológica en amigable presentación de pantalla.

TIPOS PRINCIPALES DE NUBES
PISO SUPERIOR



CIRRUS



CIRRUSCUMULOS



CIRRUSTRATOS

PISO MEDIO



ALTOSCUMULOS

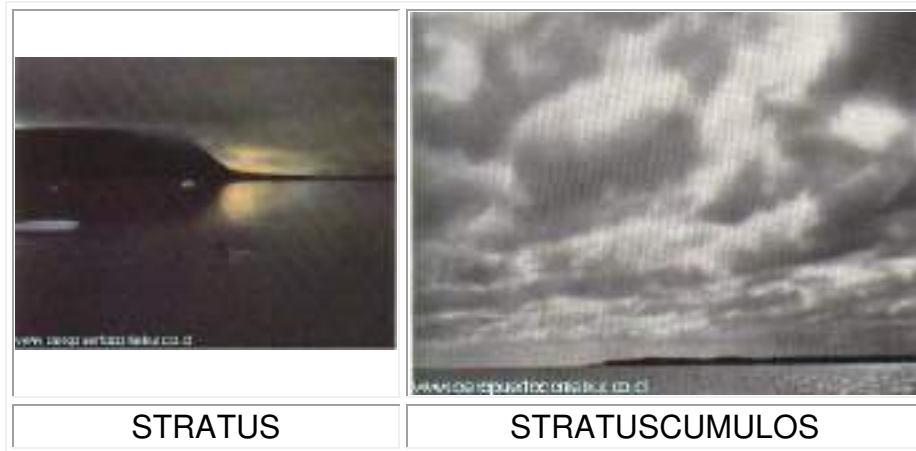


ALTOSTRATUS

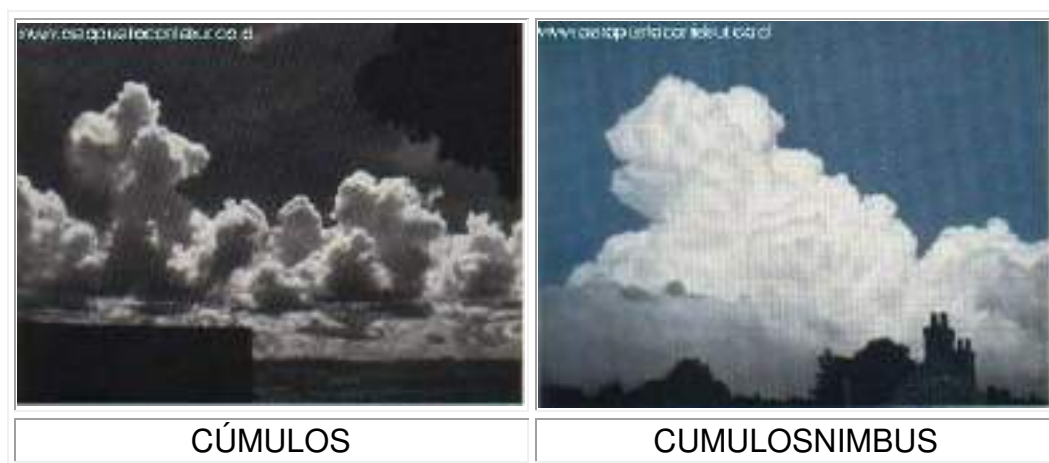


NIMBUSTRATUS

PISO INFERIOR



DESARROLLO VERTICAL



OTROS TIPOS DE NUBES

		
NUBE DE POLVO	ESTELA DE CONDENSACION	NUBE DE CENIZA VOLCÁNICA

ATLAS DE NUBES OMM

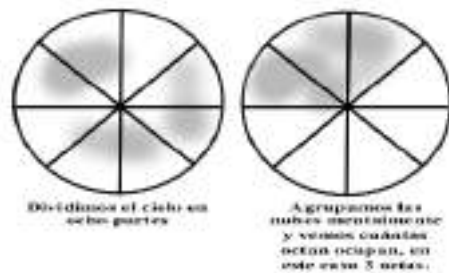
Mide la cantidad de cielo cubierto en **oktas** y si te animas ayudándote con las fotos, clasifica las nubes usando las siguientes abreviaturas: Ci - Cirros / Cc - Cirrocúmulos / Cs - Cirroestratos / Cu - Cúmulos / Ac - Altocúmulos / As - Altoestratos / Sc - Estratocúmulos / St - Estratos / Ns - Nimboestratos / Cb - Cumulonimbus

Observando el cielo - Cantidad de cielo cubierto

Debes dividir imaginariamente el cielo en ocho partes, cada una de las cuales se llamará **Octa**.

Cuando salgas a hacer la observación, deberás agrupar imaginariamente todas las nubes que veas en el cielo. De alguna manera, amontonarlas en un rincón y pensar cuántas de las Octas ocuparían todas esas nubes.

Importante registrar la nubosidad en un levantamiento topográfico referido al norte magnético. El ángulo de declinación magnética con respecto al norte verdadero es afecto a la cantidad de nubes.



Octas ocupadas	El cielo está...	Símbolo
0	Despejado	
1 ó 2	Ligeramente nublado	
3 ó 4	Algo nublado	
5 , 6 ó 7	Parcialmente nublado	
8 (Cielo totalmente cubierto)	Nublado	

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE CS. BIOLOGICAS Y FISICAS.
GRUPO FISICA DE LA ATMOSFERA.

ESTACION METEOROLOGICA.

La Estación Meteorológica de la Universidad Católica de Temuco se encuentra ubicada en una terraza del Edificio B del Campus San Francisco. Montt 056. Casilla 15 D . Fono (45)205480; Fax (45)211034. Temuco, Chile.
 Las coordenadas de la Estación son:

Latitud: 38° 44' Sur.

Longitud: 72° 36' Oeste.

Altura: 110 m. (sobre el nivel del mar).

Responsable: Mario Ramírez Espinoza .

email: mramirez@uctem.cl

**PARAMETROS REGISTRADOS EN LA ESTACION.
DEFINICIONES. UNIDADES E INSTRUMENTOS.**

Temperatura del aire:

Definición : Magnitud proporcional a la energía cinética media de las moléculas de aire.

Símbolo : T

Unidad : Grados Celcius, °C.; Grados Kelvin,°K; Grados Farenheit,°F

Equivalencias: $T^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273.15 = 5/9 (T^{\circ}\text{F} - 32)$

Instrumentos:

Termógrafo : sensor bimetálico de temperatura con plumilla inscriptora sobre diagrama,

movido por un sistema de relojería.

Termómetros de Máxima y de Mínima : Termómetros de mercurio y de alcohol que permiten registrar las temperaturas máxima y mínima del día, respectivamente.

Presión Atmosférica:

Definición : Peso de la columna de aire por unidad de superficie.

Símbolo : P

Unidad : Hectopascal (hPa), mm de mercurio (mm Hg) dinas/cm², milibar (mb).

Equivalencias: $1\text{hPa} = 1\text{Newton/m}^2 = 1\text{milibar} = 10^3\text{dinas/cm}^2 = 0.75\text{mmHg}$.

Instrumento:

Barógrafo.- Sensor de cápsulas al vacío, con plumilla inscriptora sobre diagrama movido por un sistema de relojería.

Nota: Para hacer comparaciones de valores de diferentes estaciones (con condiciones

físicas diferentes), los valores de presión leídos se corrigen para una atmósfera al nivel

del mar, a 45 ° de latitud y a 0°C de temperatura ("atmósfera normal"). A este valor se

le llama "PresiónReducida".

Humedad Relativa del Aire:

Definición : Valor del cuociente entre la presión parcial del vapor de agua y la presión

del vapor a una temperatura dada.

Símbolo : H.R.

Unidad : Tantos por ciento, %.

Instrumentos:

Higrógrafo: sensor de arpa de pelos, con plumilla inscriptora sobre un diagrama movido

por un sistema de relojería.

Higrómetro electrónico: sensor electrónico higrorresistivo.

Precipitación:

Definición : Volumen de agua caída (líquida), por metro cuadrado de superficie, en el
lugar de observación.

Símbolo : P.P.

Unidad : Milímetros , "mm".

Equivalencia: 1 "mm" = 1 litro de agua por metro cuadrado de superficie.

Instrumento: Pluviómetro (Tipo Hellman): Recipiente especial destinado a almacenar el

agua caída, en forma de precipitación líquida. Una probeta especialmente graduada

permite la lectura directa en "mm".

Evaporación:

Definición : Volumen de agua que pasa del estado líquido al estado de vapor en la superficie del suelo.

Símbolo : EVAP.

Unidad : Milímetro, mm.

Equivalencia: 1 mm = Se evapora 1 litro de agua líquida, por metro cuadrado.

Instrumento: Evaporímetro (según Piché): Probeta especial, graduada, que contiene agua

destilada y en cuyo extremo abierto, inferior posee un disco de papel filtro, que permite

que el agua se evapore por exposición directa. La diferencia de lecturas indica directamente

la evaporación . El instrumento mide el "poder evaporante del aire" o "evaporación

Radiación Solar:

Flujo Radiante:

Definición : Energía recibida de Sol en cada m² de suerficie, por unidad de tiempo.

Símbolo : H.

Unidad : Watt / m². ; cal / cm² min ; langley / min., etc.

Equivalencias: $1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule /seg}$; $1 \text{ cal} = 4,187 \text{ Joule}$;

1Langley (Ly) = 1cal/cm2.

$$1 \text{ Ly/min} = 6,98 \times 10^5 \text{ erg/cm}^2 \text{ seg.} = 697,83 \text{ W/m}^2$$

Instrumento: Piranómetro de celda de Silicio, sensible en el rango de 400 a 1100 (nm)

nanómetros, conectado a un Dataloger.

Radiación Integrada:

Definición : Energía total recibida en cada m² correspondiente a la Radiación Directa +

Radiación Difusa, en un período determinado (día, mes, etc.)

Símbolo : R.

Unidad : Watt hora /m² ; Joule / m²; cal/cm² ,etc.

Equivalencias: 1 Wh = 3,6 x10³ Joule ; 1 Joule = 9,48 x 10⁻⁴ Btu.

1Wh/m² = 0,086 cal/cm² = 3,4 Btu/m².

Insolación :

Definición : Tiempo durante el cual los rayos solares inciden directamente (radiación directa)

sobre la parte sensible del instrumento, sobrepasando un cierto umbral de radiación

(aproximadamente 200 W/m²).

Símbolo : Ins.

Unidad : Horas y décimas de hora, hr.

Instrumento:

Heliógrafo (según Campbell-Stokes):Instrumento que registra el tiempo de radiación directa.

Una esfera de cristal actuando como lente convergente, deja una traza sobre una cartulina

colocada en su foco, según se produce el tránsito aparente del Sol por el lugar.

Nubosidad:

Definición : Parte de cielo cubierta por nubes.

Símbolo : NUB.

Unidad : Octas o Décimas de superficie de la esfera celeste cubierta por nubosidad

La nubosidad se expresa también por los conceptos:

"Despejado" : sin nubes.

"Nublado" : 4 a 7 octas.

"Parcial nublado": 1 a 3 octas.

"Cubierto" : 8 octas.

Equivalencias: 1 octa = octava parte del cielo cubierta por nubes.

1 décima = décima parte del cielo cubierta por nubes.

Carrera del Viento:

Definición : Distancia recorrida por el aire entre observaciones consecutivas.

Símbolo : RUN

Unidad : Kilómetros (Km.), metros, etc.

Rapidez del Viento:

Definición : Distancia recorrida por el viento en la unidad de tiempo.

Símbolo : Vel., V.

Unidad : Km/hr , m/seg , nudos.

Equivalencias : 1 Km/hr = 0.2778 m/seg = 0.54 nudos

1 nudo = 1.85 Km/hr = 1 milla marina /hr.

Nota.- A menudo se expresa la velocidad del viento por el concepto "Fuerza del Viento"

relacionado con la "Escala de Velocidades de Beaufort", la cual clasifica las velocidades del viento de acuerdo a su efecto, por los números del 1 al 12.

Dirección de Viento:

Definición : Punto cardinal del cual procede el viento, según la "Rosa de los Vientos".

Unidad : La Rosa de los Vientos de 8 puntas determina las siguientes direcciones:

N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.

Angulo de dirección respecto a la dirección Norte :

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	: puntos cardinales.
0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°		

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

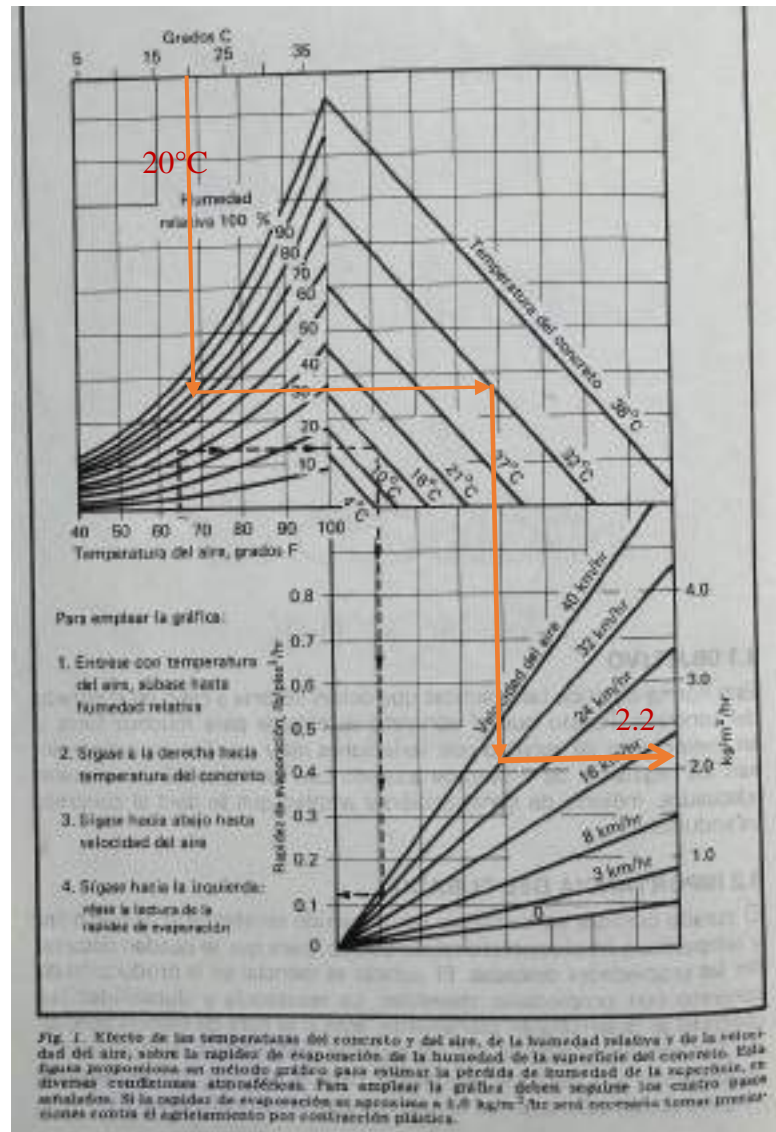
Por ejemplo, ya se colocaron 600 m² de pavimento de concreto. Eso ya implicó agua de saturación de suelo y formaleta, el agua del concreto. Peso se necesita calcular la cantidad de agua de curado para un día o 24 horas, posterior a la colocación del concreto del pavimento.

Se necesitan datos de meteorología medios e información del laboratorio de concreto. Por ejemplo, de la información meteorológica se tiene que el área de pavimentación se prevé en pronóstico climático lo siguiente:

- Temperatura de 20°C
- Humedad relativa del 70%
- Velocidad de viento de 32 km/hr

Del laboratorio de materiales, la temperatura de mezcla utilizada es de:

- 32° C. es la reacción del tipo de cemento con los agregados, el agua y los aditivos, si se necesitan. Generalmente el cemento Portland tipo III, de rápido fraguado inicial libera más calor. Lo contrario un Portland tipo II. De las notas del ACI 208 curado del concreto se tiene este gráfico donde se interconecta la información anterior para agua de curado:



Del gráfico anterior se obtiene 2.2 kg de agua/m²/hora.

Sea la densidad del agua $1000\text{kg/m}^3 = 1000\text{kg/litro} = 1\text{kg/lt}$.

Así la cantidad de agua en volumen a 24 horas es de

$$V = \frac{2.2\text{kgAgua}}{\text{m}^2} \times 600\text{m}^2 \times 24\text{hora} \times \frac{1\text{lt}}{1\text{kgAgua}} = 31680\text{tsAgua}$$

$$\frac{31680\text{ts}}{3.78\text{ts/galon}} = \mathbf{8381\text{galones}}$$

Si se utilizan camiones cisterna pequeños de 1000 galones, implica $8381/1000 = 8.4$ cisternas, aproximando a **9 cisternas de 1000 galones**.

¿Se necesitan esas 9 cisternas juntas? No, hay que programarlas o espaciarlas en el tiempo. Si se hace de manera proporcional o prorrateo se tiene:

$$\frac{24\text{ horas}}{9\text{ cisternas}} = \frac{2.66\text{ hora}}{\text{cisterna}} = \frac{2\frac{2}{3}\text{ hora}}{\text{cisterna}} = \frac{2\text{ horas } 40\text{ minutos}}{\text{cisterna}}$$

El anterior resultado obliga a plantear turnos de trabajo, si son de 8 horas son 3 turnos diarios, si son de 6 horas son 4 turnos diarios, por día. Se requerirá como equipo para la cisterna una bomba, mangueras y aspersores para mantener esa humedad. Además de lonas o brines (telas de costal) como cobertores superficiales para mantener esa humedad de curado.

Los meteoros y sus símbolos	
Hidrometeoros	Litometeoros
 Lluvia	 Bruma
 Llovizna	 Polvo en suspensión
 Chaparrón	 Humo
 Nieve	 Torbellino de polvo
 Granizo	Fotometeoros
 Niebla	 Arco iris
 Neblina	 Halo solar
 Helada	 Halo lunar
Electrometeoros	
 Tormenta	 Relámpagos
 Trueno	
Estos son los símbolos más representativos, pero existen muchos más, así como variaciones de los aquí presentados. Por ejemplo, la lluvia se simboliza diferente de acuerdo a su intensidad (leve, moderada o fuerte) y dependiendo de si cae en forma continua o intermitente, lo mismo el resto de las precipitaciones líquidas y sólidas. Esto hace que el meteorólogo al ver el símbolo, tenga una descripción rápida y exacta del tipo de fenómeno que se está registrando en la estación meteorológica	

Psicrómetro

En 1755 William Cullen, profesor de medicina de Edinburgo, observó que un termómetro inmerso previamente en alcohol marcaba temperaturas más bajas que un termómetro seco. Explicó este fenómeno como el enfriamiento que generaba la evaporación del alcohol. Este principio fue usado en el psicrómetro por James Ivory en 1822.

Materiales:

Dos termómetros, mecha confeccionada con tela blanca de lino, un cordel y un pequeño recipiente con agua

Procedimiento:

Examina los dos termómetros de manera que las lecturas de ambos sean iguales. Si esto es así cuélgalos de la pared con un cordel, separados unos 10 cm entre sí. Deben estar a la sombra en el jardín de tu casa o en un patio (al aire libre). Envuelve uno de los bulbos (el de la derecha) con la mecha de tela e introduce el extremo de esta mecha en un recipiente con agua. El otro termómetro debe permanecer seco. Lee las temperaturas en ambos termómetros y calcula la diferencia entre ellas. Usa la tabla que se adjunta para averiguar la humedad del aire.

Cuando el agua de la mecha de tela se evapora consume calor, calor que obtiene del bulbo del termómetro, por lo que las temperaturas que se leen en el termómetro húmedo serán menores que las leídas en el termómetro seco. Si el aire es muy húmedo, menos agua se evaporará, la diferencia de temperaturas entre ambos será menor y la medida de humedad mayor. La humedad se mide en porcentaje.

Temperaturas en el termómetro seco (°C)	Diferencia entre los termómetros seco y húmedo											
	0.5°C	1°C	1.5°C	2°C	2.5°C	3°C	3.5°C	4°C	4.5°C	5°C	10°C	
-10	85	69	54	39	24	10	-	-	-	-	-	% de humedad
-7.5	87	73	60	48	35	22	10	-	-	-	-	
-5.0	88	77	66	54	43	32	21	11	0	-	-	
-2.5	90	80	70	60	50	41	31	22	12	3	-	
0.0	91	82	73	65	56	47	39	31	23	15	-	
2.5	92	84	76	68	61	53	46	38	31	24	-	

5.0	93	86	78	71	65	58	51	45	38	32	-
7.5	93	87	80	74	68	62	56	50	44	38	-
10.0	94	88	82	76	71	65	60	54	49	44	-
12.5	94	89	84	78	73	68	63	58	53	48	4
15.0	95	90	85	80	75	70	66	61	57	52	12
17.5	95	90	86	81	77	72	68	64	60	55	18
20.0	95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	24
22.5	96	92	87	83	80	76	72	68	64	61	28
25.0	96	92	88	84	81	77	73	70	66	63	32
27.5	96	92	89	85	82	78	75	71	68	65	36
30.0	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	39

Se puede evaluar la humedad con un cabello humano, que es sensible a los cambios de humedad. A mas humedad se prolonga en cabello longitudinalmente, ambientes más secos hace que este cabello se contraiga. Hay que buscar un cabello sensible a esos cambios de humedad, cabello rubio (natural) es las fino y por lo tanto el más sensible (debilidad) a la humedad.

Además, a más humedad mas presión. Como regla general, cuando se ve que en el Barómetro la presión empieza a subir, se empieza a cargar la atmósfera de la región de humedad. Muy probablemente va a llover.

Confeccionar un pronóstico (ideas)

Para elaborar un pronóstico se necesitan muchos años de estudio y experiencia, pero con unas reglas de carácter muy general se puede jugar a hacer el propio pronóstico.

Estas reglas tienen en cuenta la dirección del viento y la tendencia de la presión atmosférica. **RECORDAR QUE NO SON APLICABLES A TODAS LAS REGIONES**, fueron confeccionadas para el área del Río de la Plata (costa argentina). Realiza tus propias reglas en base a tus observaciones.

Dirección del viento	Tendencia de la presión	Condiciones meteorológicas
N – NE	Bajando	Nubosidad, probables precipitaciones y rotación del viento al sector SW. Descenso de la temperatura en las próximas 24 horas
N – NE	Estacionaria o subiendo	Bueno, algo nublado, ascenso de la temperatura. Caluroso y húmedo en verano
E – SE	Bajando	Desmejorando, aumento de la velocidad del viento. Probables precipitaciones en las próximas 24 horas. Poco cambio de temperatura
E – SE	Estacionaria o subiendo	Nubosidad. Poco cambio de temperatura
S – SW	Estacionaria o bajando	Nubosidad con probables chaparrones. Aumento de la velocidad del viento. Descenso de temperatura. Frío en invierno
S – SW	Subiendo	Aclarando, algo nublado. Descenso de temperatura. Frío en invierno.
W – NW	Estacionaria o subiendo	Bueno. Ascenso de la temperatura.

W – NW	Bajando	Nubosidad, probable rotación del viento al sector SW y precipitaciones aisladas en las próximas 24 horas. Descenso de temperatura.
--------	---------	--

ENTRE LA REALIDAD, EL MITO LA RELIGIÓN Y LA CIENCIA

Si se escucha con cuidado algunas expresiones de la gente mayor, se puede entender la preocupación por la observación del tiempo en la cotidianeidad de la vida. Se puede admirar a las personas que saben la hora exacta con solo ver la sombra del sol. Obviamente una observación muy fina del entorno.

A continuación, se exponen algunas de estas frases (locales, **para Quetzaltenango**) de predicción del tiempo.

1. luna del anochecer de coloración rojiza: *“vienen días de calor”*
2. luna en cuarto creciente inclinada al sur o hacia el mar: *“la luna trae agua o lluvia”*
3. luna en cuarto creciente inclinada al norte –contrario- *“luna trae viento”*
4. si por el atardecer el viento sopla de sur a norte: *“mañana cae neblina”*
5. si al atardecer el viento sopla de norte a sur: *“mañana es día despejado”*
6. al temblar *“viene o se va el agua” cambio de estación*

esta la intención de estudios en China de correlacionar el comportamiento animal con terremotos

ROSA DE LOS VIENTOS



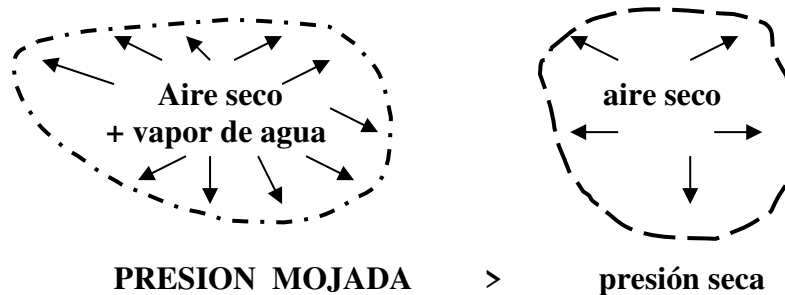
VIENTOS DOMINANTES EN EL MUNDO



entonces retomando el tema de humedad, se tiene lo siguiente:

TENSIÓN DEL VAPOR

En una mezcla de gases, cada uno de ellos ejerce una presión parcial independiente de los otros. La presión así ejercida por el vapor de agua se le denomina tensión del vapor.



$$\text{TENSIÓN DEL VAPOR} = e = \text{PRESION MOJADA} - \text{presión seca}$$

La cantidad máxima de vapor de agua que contiene un volumen determinado, depende únicamente de la temperatura y es independiente de la presión. Si el volumen contiene el máximo vapor de agua para una temperatura dada, a este **volumen** se le llama **saturado**. A partir del punto de saturación toda cantidad adicional de agua no puede figurar mas que en forma líquida y sólida.

DIFERENTES EXPRESIONES PARA LA HUMEDAD VOLUMEN MASA

ABSOLUTA

Masa de vapor de agua contenida en un volumen determinado, o bien como el peso específico del vapor de agua bajo la presión parcial a una temperatura específica.

$$[H] = \frac{\text{masa..vapor..agua}}{\text{volumen...aire...humedo}}$$

RELATIVA

La relación entre la tensión del vapor real y la tensión del vapor saturante a una misma temperatura. Se entiende como un porcentaje de saturación a temperatura dada.

$$\%H = \frac{\text{tension..vapor..real}}{\text{tensión}_{MAXIMA}..vapor..saturante} = \frac{e_{real}}{e_{maxima}}$$

ESPECÍFICA

Es la relación de la masa del vapor de agua a la masa total.

$$H.E = \frac{\text{masa..vapor..agua}}{\text{masa..aire...humedo}}$$

TASA DE HUMEDAD

Relación de masa de vapor de agua a la masa del aire seco.

$$T.H = \frac{\text{masa..vapor..agua}}{\text{masa..aire...humedo}}$$

PUNTO DE ROCÍO

De una masa húmeda a la temperatura “T” a presión “P” y teniendo la Tasa de Humedad, es la temperatura “Tr” a la cual el aire debería ser enfriado para saturarse. La presión y la tasa de humedad permaneciendo constantes.

TERMINOLOGÍA PARA TEMPERATURA²⁷

1. **PROMEDIO O MEDIDA ARITMÉTICA NORMAL:** como patrón de comparación. Es el valor promedio para una fecha, un mes, estación o año, en un período específico de 30 años.
2. **PROMEDIO DIARIA:** promedio de temperaturas horarias (también cada 3 ó 6 horas)
3. **MEDIA DIARIA:** promedio de máxima y mínima diaria.
4. **PROMEDIO MENSUAL:** promedio de las temperaturas medias mensuales máximas y mínimas.
5. **PROMEDIO ANUAL:** promedio de las temperaturas promedios mensuales para ese año.

²⁷ **ELEMENTOS DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA.** Por Daniel Schenzer y Luis Silveira. Primer Curso de Hidrología Subterránea. UDELAR, UNESCO y OEA. Montevideo Uruguay, Septiembre - Diciembre 2000.

IDEAS DE SUELO Y AGUA EN GUATEMALA



El mapa de Guatemala es como la palma de una mano con los dedos extendidos. Es este un recurso de mnemotecnia o de memoria. Ver las siguientes ilustraciones.

Un tanto forzada la comparación en inicio. Sea el dedo pulgar la zona del Petén y el meñique el litoral del pacífico, ambas regiones planas. La primera con suelos cal arenisca y poca agua superficial y la segunda rica en sedimentos de se suelo arrastrados por ríos de las cumbres volcánicas. En esta última región es importante hacer ingeniería e hidrología de montaña.

La cercanía del océano Pacífico al sur de Guatemala, hace que la región del litoral Pacífico o franja sur (meñique) disponga de altas tasas de humedad, tal como lluvias por convección. Históricamente es una región agrícola, que condiciona a una buena limpia y chapeo para hacer mecánica de suelos y obra de cimentación.

Sea el espacio entre los dedos meñique y anular la Sierra Madre (principal) de Guatemala, donde se localizan los principales volcanes. Es una región con vulnerabilidad sísmica, de inundaciones en las partes bajas, como de actividad volcánica. Todas estas aunadas. Por la cercanía con el océano Pacífico, la parte sur de esta sierra con gran disposición de lluvia orográfica, pero la parte norte es un poco más seca. Menos probabilidades de encontrar nacimientos de aguas de montaña.

El dedo anular es el altiplano de Guatemala, las tierras altas donde se ubican un buen número de ciudades importantes de este país, incluyendo su capital. Área densamente poblada y con explotación agrícola, pero también de recurso hídrico para usos humanos, tal como agricultura y dotación para consumo humano. Se debe sumar la gran cantidad de aguas servidas que contaminan en gran manera los cuerpos de agua, tal como ríos y lagos. Un aspecto importante en gestión de riesgo y vulnerabilidad para renglones de saneamiento.

El espacio entre dedo anular y corazón (o medio) como la Sierra de las Minas, cuya frontera sur al oriente de Guatemala es el principal río de este país, el Motagua, que nace en los altos de Totonicapán y desemboca en el litoral o costa atlántica de Izabal. De dicho río se puede

decir que divide a este país en dos partes geográficas, su cauce es una falla geológica, y es una frontera entre dos zonas sísmicas.

El dedo medio o corazón como algunos valles intermedios, que tienden a ser corredores secos. Por ejemplo, el valle de San Antonio Sajcabajcá, Zacualpa, San Miguel Chicaj y Salamá. Esto del departamento del Quiché (bajo) a Baja Verapáz.

El espacio entre el dedo medio y el índice como los Cuchumatanes en su parte central y principal en el norte de Huehuetenango. Allí el mirador de López Olaverri, pasando por la cresta y caer por el camino de las piedras de Captzin.

Sea el dedo índice el valle o espacio bajo de San Pedro Soloma, como de otro valle intermedio tal como el de Santa Eulalia en las partes altas de Huehuetenango. Para caer al espacio entre el dedo índice y pulgar que son las montañas de San Mateo Ixtatán. No quede más que ir al norte en las tierras bajas del norte de Huehuetenango, Quiché y las Verapaces para buscar el río la Pasión y están en el Peten o dedo pulgar de este recurso de memoria para la geografía física descriptiva.

CONCEPTO DE CUENCA SUPERFICIAL

Dado un punto específico en un cauce, la cuenca hidrológica es la zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella drenan por el sistema de corrientes hacia dicho punto de salida.

Asociada a la cuenca superficial existe también una cuenca subterránea, cuyos límites no tienen porque coincidir con los límites de la cuenca superficial.

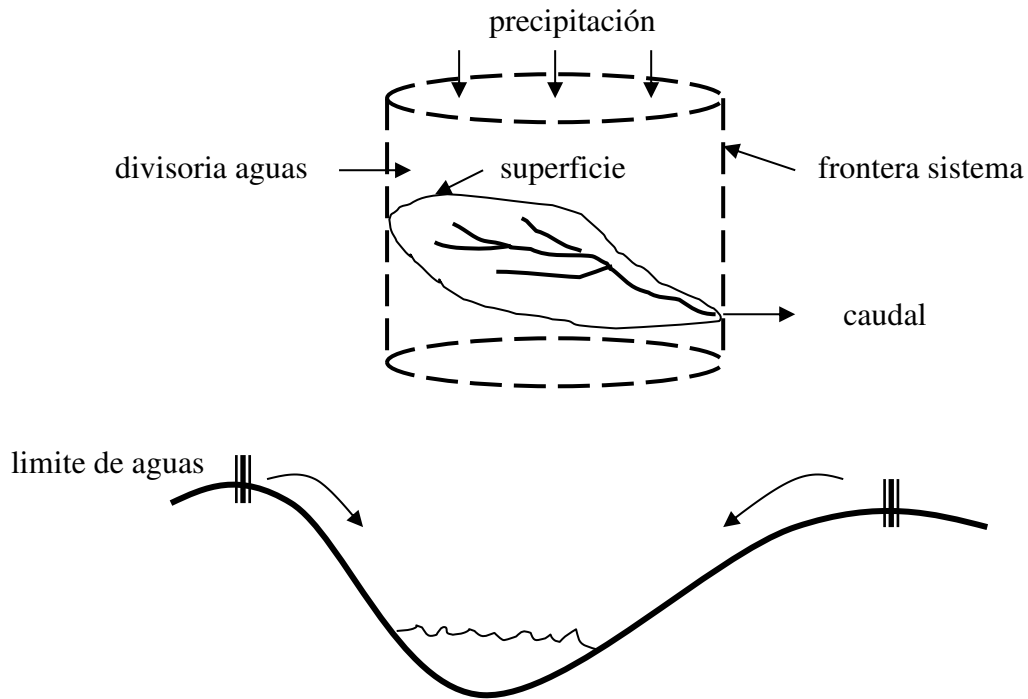
Cuenca de un Río: la superficie topográfica drenada por ese río y sus afluentes.

Cuenca Hidrológica: además de la de río incluye agua subterránea en la ecuación del balance hidrológico.

PARTEAGUAS O DIVISORA DE AGUAS

Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.

- La línea corte ortogonal a las curvas de nivel
- Cuando la línea divisora va aumentado (disminuyendo) su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa(cóncava)
- La línea divisora nunca debe cortar a un río, arroyo o cañada, excepto en el punto del que queremos obtener su divisoria.



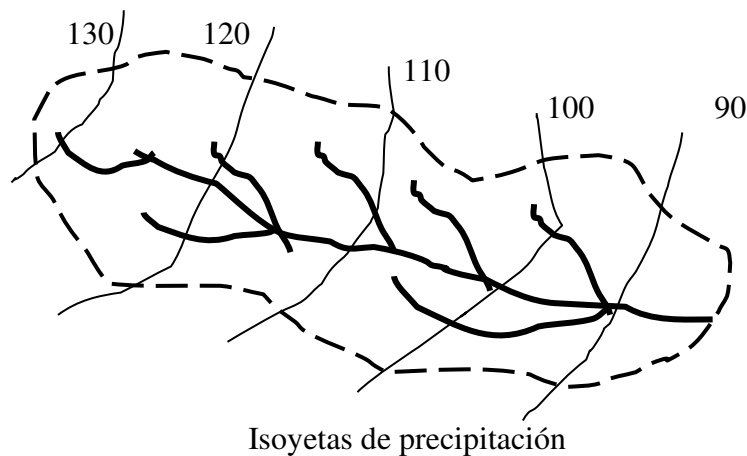
CORTE DE CUENCA

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

AREA: Es la superficie, en proyección horizontal, delimitada por la divisoria de aguas.

FORMA: El índice de compacidad o de Gravelius (I_c) da una idea de la forma de la cuenca, y se define como la relación entre el perímetro de la cuenca (P) y el de un círculo de la misma superficie (A), y se expresa:

$$I_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

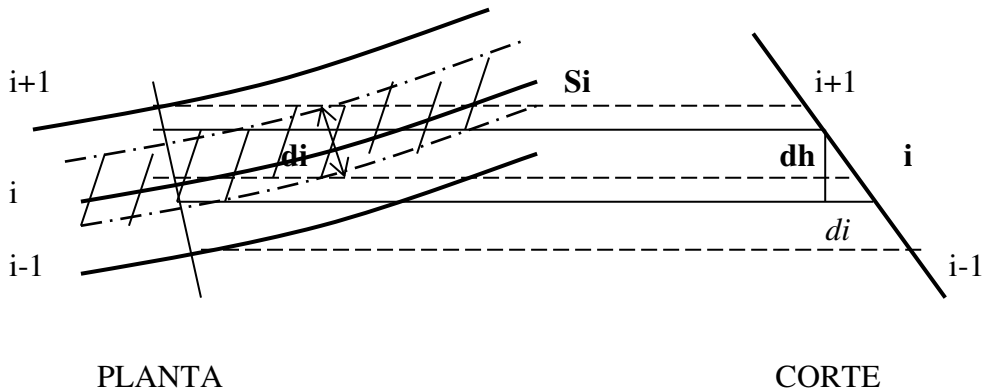


CUENCA EXORRÉICA: drenaje hacia fuera de la cuenca (río)
CUENCA ENDORREICA: drenaje hacia adentro de la cuenca (lago)

FACTORES FÍSICOS QUE INFLUYEN EN UNA CUENCA.

1. PANDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Es la media de todas la pendientes correspondientes a áreas elementales en las que pudiéramos considerar constante la máxima pendiente.



S_i = Superficie de la cuenca asignada a la curva de nivel i

S = Superficie de la cuenca = $\sum S_i$

L_i = Longitud de la curva de nivel i

L = Longitud total de las curvas de nivel = $\sum L_i$

dh = Equidistancia entre las curvas de nivel

p_i = Pendiente media de una banda = $\frac{dh}{d_i}$

p = Pendiente media de la cuenca

Se define d_i tal que $S_i = d_i L_i$

La pendiente media para cada curva de nivel es:

$$p_i = \frac{dh}{d_i} = \frac{dh \times L_i}{d_i \times L_i} = \frac{dh \times L_i}{S_i}$$

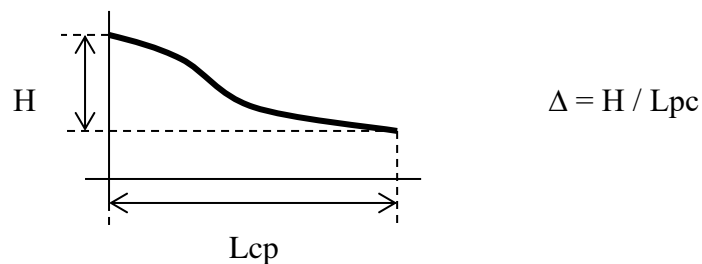
$$\text{Ponderando: } p = \frac{\sum p_i S_i}{S}$$

Sustituyendo:
$$p = \frac{\sum \left(\frac{dh L_i}{S_i} \right)}{S} = \frac{\sum L_i dh}{S} = \frac{L dh}{S}$$

1.A. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL:

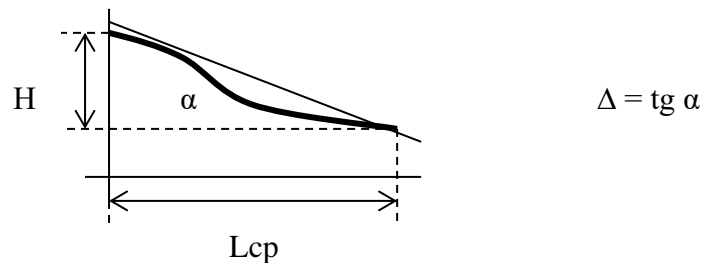
Pendiente media entre extremos:

La pendiente media del cauce principal es igual al cociente entre el desnivel entre los extremos del cauce principal y su longitud en planta.



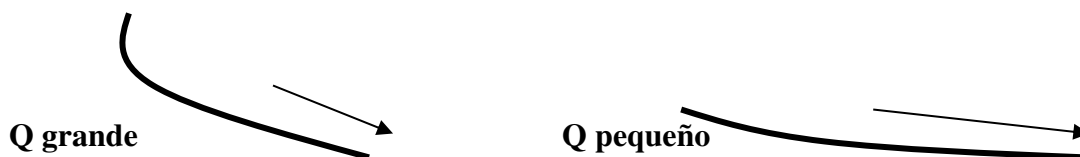
Pendiente por área:

La pendiente media del cauce principal es la de una línea recta que apoyándose en el extremo aguas abajo del perfil del cauce, hace que las áreas entre el perfil y la recta, por encima y por debajo, sean iguales.

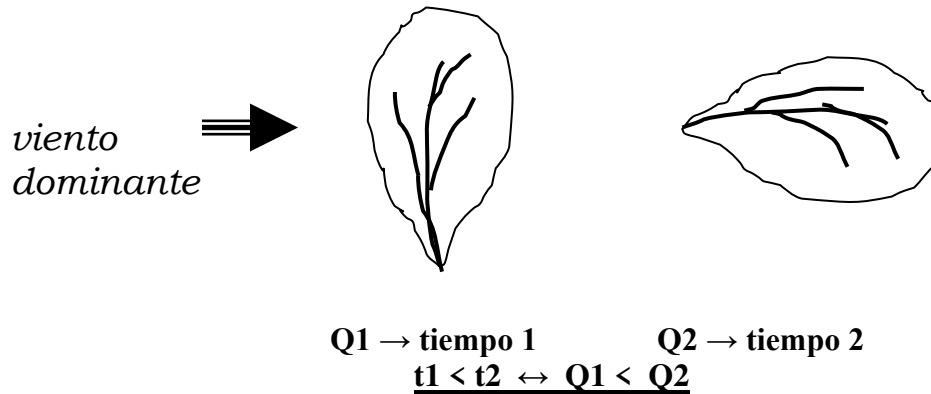


1.B. PERFIL LONGITUDINAL

Caudal como producto de la lluvia. Velocidad que integra caudal en función de la pendiente.
Grandes caudales a mas pendiente, pequeños caudales pequeña pendiente.



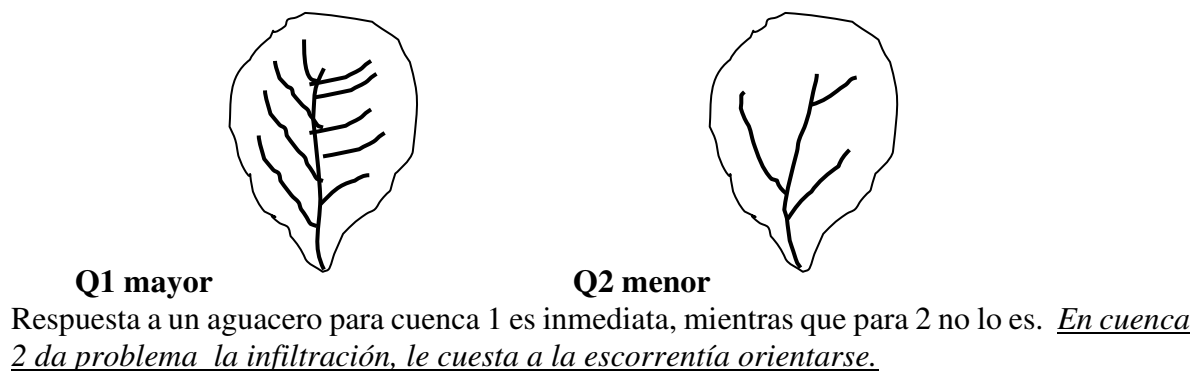
2. ORIENTACIÓN



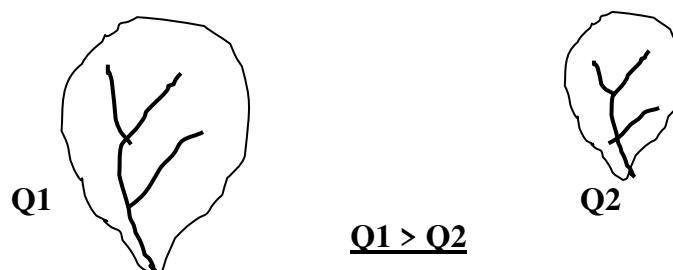
3. ALTURA

Afecta la forma de la precipitación. Conviene una curva hipsométrica (altura vrs. % área) La curva permite ver la cantidad de agua a determinada altura de la cuenca.

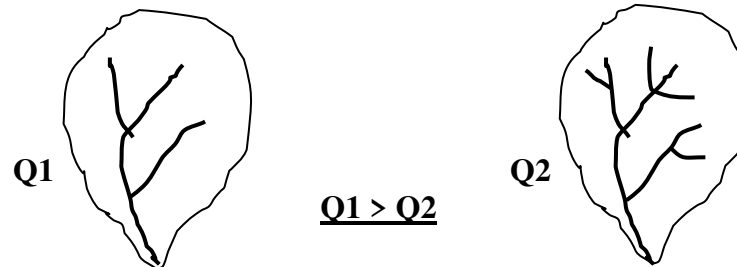
4. RED HIDROGRÁFICA



5. ÁREA DE LA CUENCA



6. FORMA DE LA CUENCA



Un caudal uno mayor o sea volumen en menor tiempo. La cuenca dos tiene mas tiempo de recorrido para una gota de agua, de donde caudal dos mas pequeño que caudal uno.

PERFIL DE LA VELOCIDAD DE LOS VIENTOS

De alguna forma, la precipitación sobre una cuenca está condicionada por la velocidad y dirección de los vientos dominantes. Además, es importante el tener una idea general de cómo se comporta el gradiente del viento para estimar una carga viva por empuje del mismo. Se sabe que la carga de empuje de vientos es crítica en estructuras metálicas, que además de empuje genera una fuerza de succión sobre las cubiertas o techos.

No hay estudio en Quetzaltenango. Algunos manuales dan como valor de diseño: 200 kph en general, AGIES NSE 2, por ejemplo, indica una velocidad de 100 kph = 27.78 m/s, a 10 m sobre el suelo. A continuación algunos modelos matemáticos para el gradiente o vela de los vientos.

MODELO A²⁸

$$\frac{\bar{V}}{V^*} = \frac{1}{K} \ln \left(\frac{z}{z_o} \right) \Rightarrow z \geq z_o$$

donde:

“V” = velocidad promedio del viento durante algunos minutos a una altura “Z” encima del terreno

“K” = constante de von Karman ~ 0.4 pero depende del diferencial de temperatura:

$T_{400ft} - T_{5ft} \{^{\circ}F\}$	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12
k	0.32	0.44	0.59	0.62	0.63	0.77

“zo” = longitud de rugosidad de la superficie, velocidad del viento se estima CERO de donde:
 $z \geq z_o$

²⁸ **HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS.** Linsley, Kohler & Paulus. Mc-Graw Hill. Segunda Edición. Pág. 34

“V*” = es la velocidad de fricción $\sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$ con “τ” como Esfuerzo cortante o de Reynolds y “ρ” la densidad del aire.

TIPO SUPERFICIE	Zo		V*	
	Cm	in	cm/s	ft/s
Muy liso: Fango, hielo	0.001	0.0004	16	0.5
Prado y pasto hasta 1 cm alto	0.1	0.04	26	0.9
Zona baja, pasto poco espeso, hasta 10 cm alto	0.7	0.28	36	1.2
Pasto espeso, hasta 10 cm alto	2.3	0.91	45	1.5
Pasto poco espeso, altura inferior a 50 cm	5	2	55	1.8
Pasto espeso, altura inferior a 50 cm	9	3.5	63	2.1

MODELO B²⁹: expresando el Modelo A como una ley exponencial se tiene:

$$\frac{\bar{V}}{V^*} = \left(\frac{z}{z_o} \right)^k$$

MODELO C: sin embargo si no se toma en cuenta el exponente “k” para un perfil de viento se puede tener la velocidad promedio “v” a una altura “z” con respecto a otra velocidad “v1” previamente calibrada a una altura “z1” (Datos de estación meteorológica, por ejemplo)

$$\frac{v}{v1} = \frac{\ln \left(\frac{z}{z_o} + 1 \right)}{\ln \left(\frac{z1}{z_o} + 1 \right)}$$

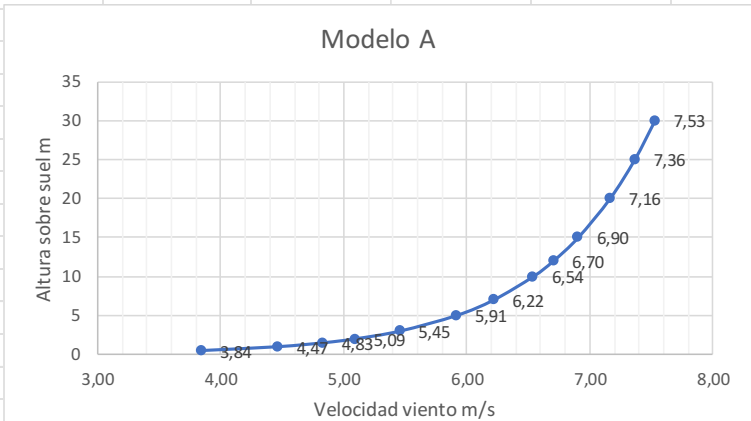
A continuación de ilustrará con ejemplos numéricos la construcción de los gradientes de vientos con los modelos A, B y C.

MODELO A y B			MODELO C		
K	0,4		Z1	10 m	
Zo, pasto poco espeso, monos 10 cm	0,7 cm		V1	27,78 m/s	
	0,007 m				
V*	36 cm/s				
	0,36 m/s				

²⁹ Íbid. Pág. 35

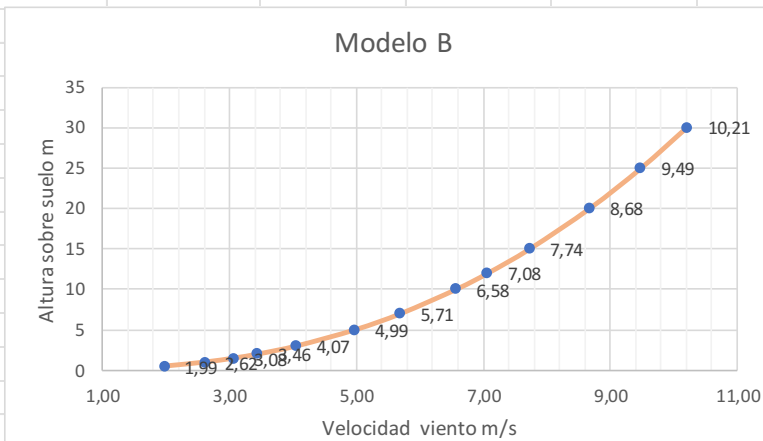
$$\frac{V}{0.36} = \frac{1}{0.4} \ln \left(\frac{z}{0.007} \right) \text{ Modelo A}$$

Modelo A	
V m/s	Z m
3,84	0,5
4,47	1
4,83	1,5
5,09	2
5,45	3
5,91	5
6,22	7
6,54	10
6,70	12
6,90	15
7,16	20
7,36	25
7,53	30



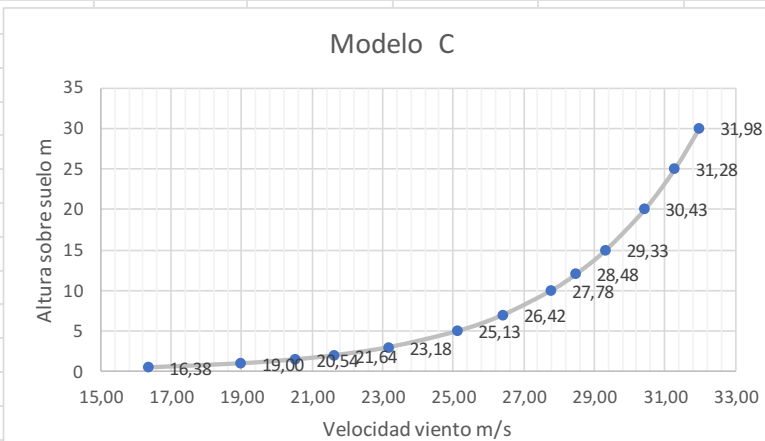
$$\frac{V}{0.36} = \left(\frac{z}{0.007} \right)^k \text{ Modelo B}$$

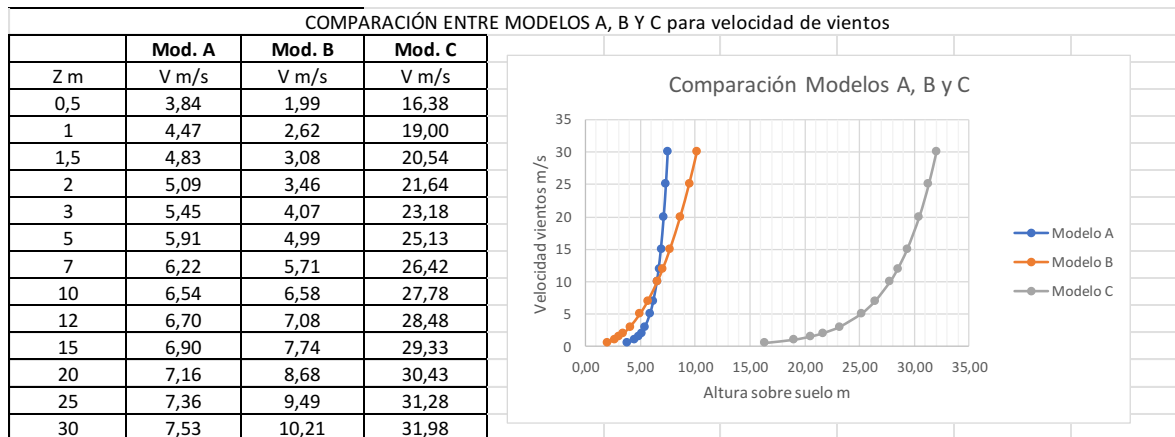
Modelo B	
V m/s	Z m
1,99	0,5
2,62	1
3,08	1,5
3,46	2
4,07	3
4,99	5
5,71	7
6,58	10
7,08	12
7,74	15
8,68	20
9,49	25
10,21	30



$$\frac{V}{27.78} = \frac{\ln \left(\frac{z}{0.007} + 1 \right)}{\left(\frac{10}{0.007} + 1 \right)} \text{ Modelo C}$$

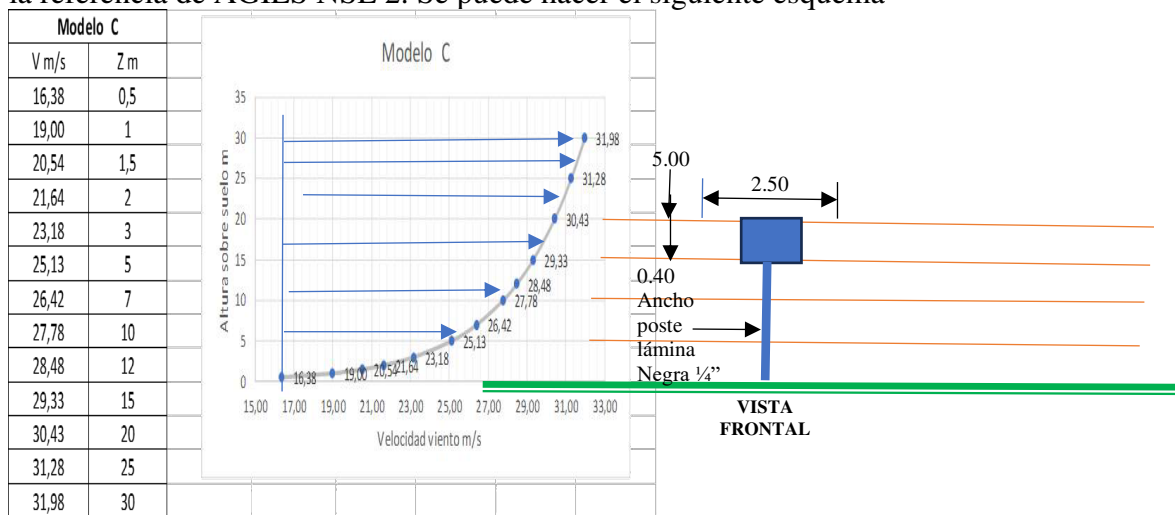
Modelo C	
V m/s	Z m
16,38	0,5
19,00	1
20,54	1,5
21,64	2
23,18	3
25,13	5
26,42	7
27,78	10
28,48	12
29,33	15
30,43	20
31,28	25
31,98	30





En este caso el modelo con valores críticos y mayores es el Modelo C, al cual se puede integrar la velocidad referida en AGIES NSE 2, de 100 kph a 10m sobre el suelo.

Ahora un ejemplo de aplicación para la vela o gradiente de viento. Por ejemplo, una valla publicitaria de 20 m de alto sobre nivel del suelo. Si se mantiene un suelo de poco pasto de altura menor a los 10 centímetros, no se cambian los parámetros para los modelos A, B y C. Si se utiliza el gradiente crítico que es el modelo C, el de mayores velocidades y que incluye la referencia de AGIES NSE 2. Se puede hacer el siguiente esquema



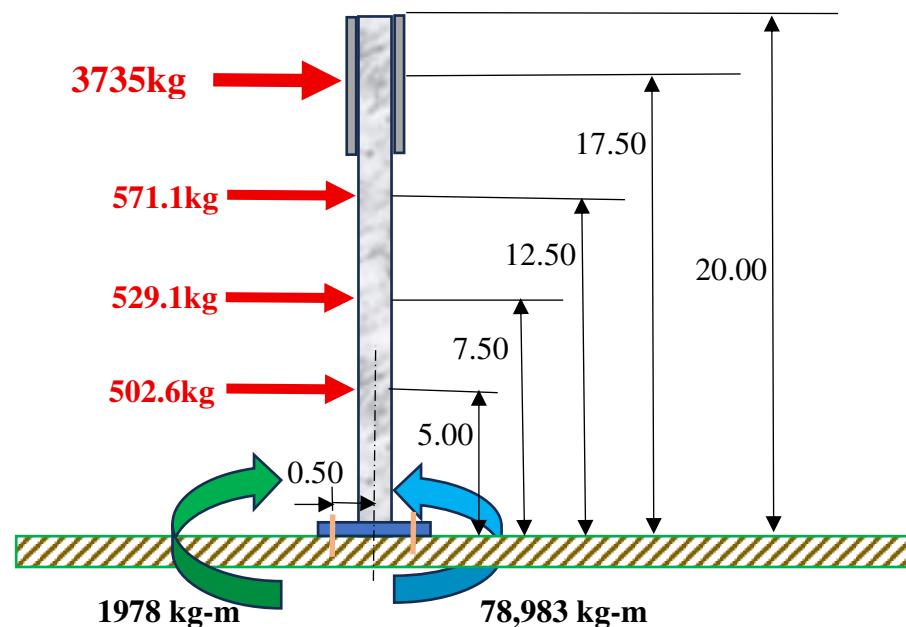
Entonces se tiene una valla con un **área de anuncio de $2.50\text{m} \times 5.00\text{m} = 12.5000\text{m}^2$** , un área de poste bajo la valla (poste cuadrado de 0.40m de arista o lado) de $0.40\text{m} \times 15.00\text{m} = 6.0000\text{m}^2$. Sea la densidad del viento de 1 kg/m^3 . Ahora es de calcular las fuerzas de empuje de viento sobre este cartelón publicitario, el cual a conveniencia y criterio se dividirá en segmentos de 5 m. Es decir, de: 0-5m, 5-10m, 10-15m y de 15-20m. Si las ráfagas de viento no duran menos de 20 segundos, un valor medio para este diseño es de **10 segundos**

Ahora se calcula el empuje en la valla publicitaria en segmentos de 5m de altura, con la media de la velocidad de viento para estos segmentos.

1. Segmento de **0 a 5 metros** = El área del segmento de poste es de $0.40 \times 5.00 = 2.0000\text{m}^2$. Por ser el inicial con una velocidad de viento = 0 sobre el suelo, se

considera la velocidad a 5 m = 25.13 m/s, el **empuje es de 25.13 m/s x 1kg/m³ x 2m² x 10 s = 502.6 kg a 5 m del suelo**

2. Segmento de **5 a 10 metros** = El área del segmento de poste es de 0.40 x 5.00 = 2.0000m². Si se considera la velocidad media de la vela de viento entre 5 y 10 metros implica (25.13 + 27.78) / 2 = 26.455 m/s, el **empuje es de 26.455 m/s x 1kg/m³ x 2m² x 10 s = 529.1 kg a 7.5 m del suelo** (altura media del segmento)
3. Segmento de **10 a 15 metros** = El área del segmento de poste es de 0.40 x 5.00 = 2.0000m². Si se considera la velocidad media de la vela de viento entre 10 y 15 metros implica (27.78 + 29.33) / 2 = 28.555 m/s, el **empuje es de 28.555 m/s x 1kg/m³ x 2m² x 10 s = 571.1 kg a 12.5 m del suelo** (altura media del segmento)
4. Segmento de **15 a 20 metros** = El área del anuncio es = 20.0000m². Si se considera la velocidad media de la vela de viento entre 15 y 20 metros implica (29.33 + 30.43) / 2 = 29.88 m/s, el **empuje es de 29.88 m/s x 1kg/m³ x 12.5m² x 10 s = 3735 kg a 17.5 m del suelo** (altura media del segmento)



VISTA LATERAL

Momento de empuje de viento

$$M_v = 502.6 \times 5 + 529.1 \times 7.5 + 571.1 \times 12.5 + 3735 \times 17.5 = 78,983 \text{ kg} - \text{m}$$

A que se le resta el momento por el peso propio de la estructura publicitaria, si este gran poste cuadrado se construye con acero negro o al carbono, se considera una densidad de 7850 kg/m³, en lámina de ¼ pulgada de espesor = 0.635cm = 0.00635m

Estimando el peso del poste de tiene

$$4 \times 20\text{m} \times 0.40\text{m} \times 0.00635\text{m} \times 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1596\text{kg}$$

Al peso del poste es de agregar el peso de la valla publicitaria que es variable entre anuncios sobre lámina más alumbrado propio, acrílico con iluminación interior o incluso grandes pantallas inteligentes publicitarias. En una aplicación puntual es de calcular este letrero

considerando espesores de paredes como densidades de materiales en el área del anuncio a exhibir.

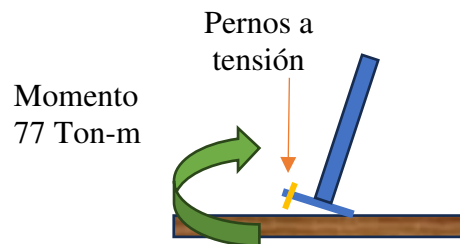
Para este ejemplo genérico considerando que el letrero es perfectamente simétrico con un peso de 2000 kg. Se tiene un peso total de $2000 + 1596 = 3596 \text{ kg}$.

Por mantenimiento y accesorios tal como escalera de servicio, se adiciona un 10% de carga al anterior peso, esto es $3596 * 1.10 = 3956 \text{ kg}$.

Ahora el momento resistente al viento por peso propio de la valla publicitaria respecto a su base, con un brazo de $50 \text{ cm} = 0.50 \text{ m}$ $M_{resistente} = 0.50 \text{ m} \times 3956 = 1978 \text{ kg} - \text{m}$

Momento de diseño = $78,983 - 1,978 = 77,005 \text{ kg} - \text{m} = 77 \text{ Ton} - \text{m}$

Entonces para revisar los pernos de anclaje del poste publicitario, se revisa la tensión por este momento de diseño, por ejemplo



Estimando la tensión de los pernos, con un brazo de 0.50 m en la base publicitaria; $77 \text{ T} - \text{m} / 0.50 \text{ m} = 154 \text{ Ton}$

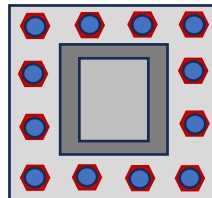
Con pernos A325 a $120,000 \text{ psi} = f_y = 8400 \text{ kg/cm}^2$, se necesita una sección de pernos de

$$\frac{154,000 \text{ kg}}{8400 \text{ kg/cm}^2} = 18.33 \text{ cm}^2$$

Un perno de 1 pulgada = 2.54 cm de diámetro con un área de $\frac{\pi 2.54^2}{4} = 5.07 \text{ cm}^2$

Número de pernos necesarios $18.33 \text{ cm}^2 / 5.07 \text{ cm}^2 = 3.61 = 4$ **pernos de 1 pulgada diámetro A325**

Por lo anterior las bases de estos postes van en una placa cuadrada con 4 pernos por lado, para un total de 12, es por aleatoriedad de dirección de los vientos.



PLANTA DE BASE POSTE VALLA

Ahora, si estos 12 pernos se anclan en un dado o base de concreto hay que definir la profundidad de estos primeros, por ejemplo, bajo el criterio de la longitud de desarrollo del ACI 318-19. De la tabla 25.4.2.3. con varillas mayores a No. 6, es decir pernos de 1 pulgada diámetro = No. 8 y un concreto de $7000 \text{ psi} = 490 \text{ kg/cm}^2 = f'_c$, se tiene de dicha tabla

$$l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_g}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{8400 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.3}{1.7 \times 1.0 \times \sqrt{490}} \right) 2.54 = 737 \text{ cm} = 7.4 \text{ m}$$

Sea Ψ_t como ubicación de refuerzo, en “otra” condición, tabla 25.4.2.5
 Sea Ψ_e refuerzo sin recubrimiento y capa de zinc galvanizado, tabla 25.4.4.3
 Sea Ψ_g Acero mayor a grado 690 tabla 25.4.2.5
 λ concreto de densidad normal

Si se encontrara en el mercado local un concreto especial de unos 12,000psi = 840 kg/cm² de f'c, para el cálculo anterior. **NOTA: el máximo f'c en nuestro medio 6000psi.**

$$l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_g}{1.7 \lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b = \left(\frac{8400 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.3}{1.7 \times 1.0 \times \sqrt{840}} \right) 2.54 = 563cm = 5.6m$$

Entonces se necesitará un diseño de anclaje (que ya sale de este curso) El cálculo anterior da una profundidad considerable, es mejor estos pernos con algún accesorio de anclaje extra en el concreto para reducir la profundidad del dado.



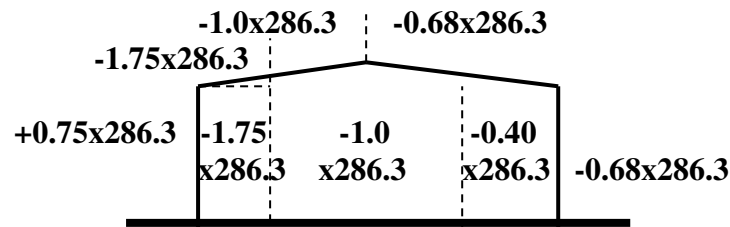
NOTAS SOBRE POSTES PUBLICITARIOS Y MAS.

Al ser estos elementos estructurales fabricados en metal, lámina, soldadura y pernos, la corrosión es un enemigo que considerar. Además de la pintura base y anticorrosiva, es importante el mantenimiento de esta, que consiste en retoque y repintado en función del clima.

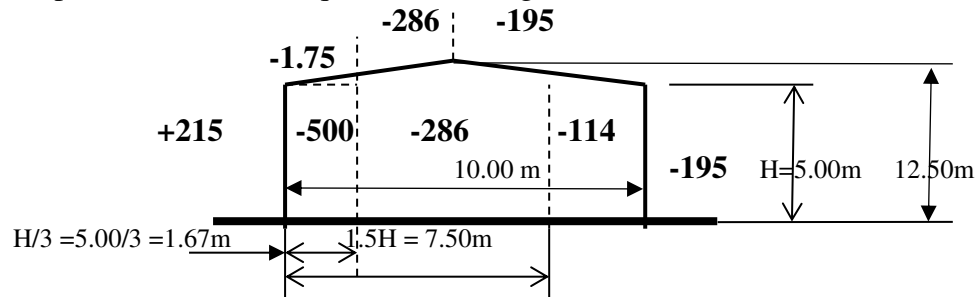
No es solo la humedad de la lluvia, los es también la orina de los perros y otras especies que están como mascotas o que viven en condición de calle. Las bases de estos postes con más exposición son las ancladas a nivel del suelo, el agua de lluvia encharcada acelera este proceso si se retiene alrededor de una base de estas. A veces dejar un dado de concreto arriba del nivel de la calle puede ayudar.

Alguna vez una empresa de teléfonos, que utilizan postes de aluminio, replantea dentro de sus políticas para mantenimiento de líneas y cableado que sus operarios lleven consigo herramienta para limpia y chapeo, es de ver o observar la condición del poste al ras del suelo después de dicha limpieza. La razón es la frecuencia de accidentes, que terminan en lesiones y muertes, por la caída de postes metálicos corroídos en una base que la maleza no deja ver a primera vista. Estos postes corroídos no soportan el empuje y bamboleo de una escalera con obreros arriba, que hacen mantenimiento y conexiones de cableado.

valor de la velocidad de diseño es de 28.63 m/s. Así la carga distribuida por metro cuadrado es **28.63 m/s x 1kg/m³ x 10seg (tiempo ráfaga) = 286.3kg/m²**, aplicando este valor

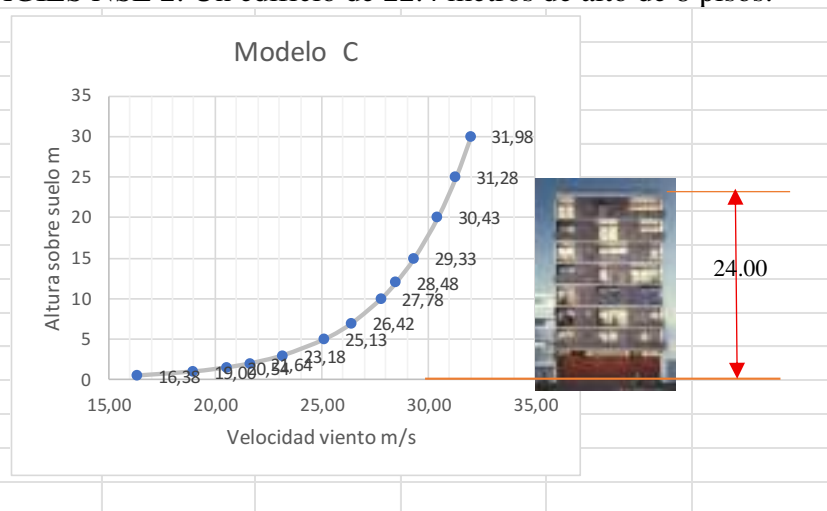


Datos de presiones por metro cuadrado quedan así, en kg/m²:



Ahora un ejemplo como la carga de viento se integra al análisis estructural de un edificio cualquiera, tomando la vela del Modelo C, que no sólo es la más crítica, sino que también integra la información de AGIES NSE 2. Un edificio de 22.4 metros de alto de 8 pisos.

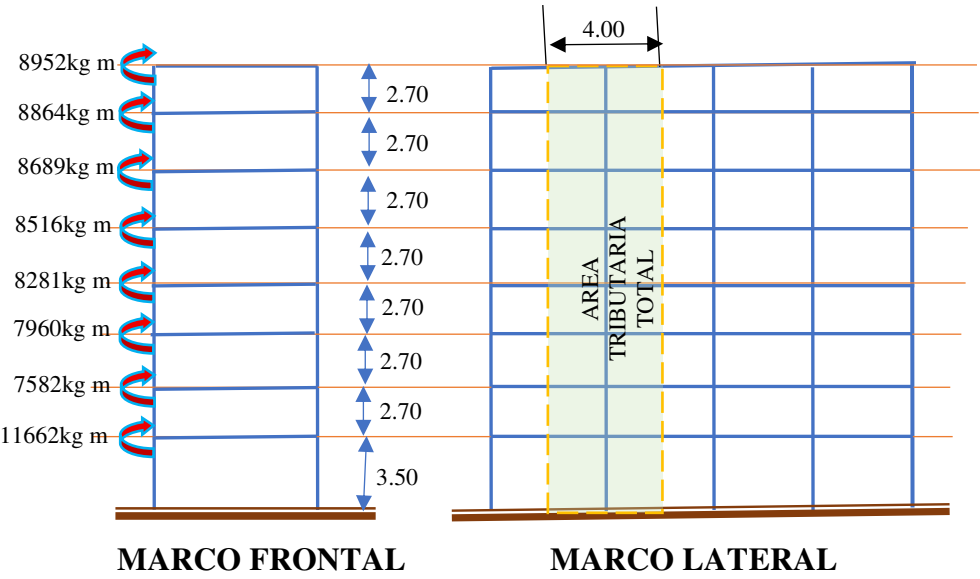
Modelo C	
V m/s	Z m
16,38	0,5
19,00	1
20,54	1,5
21,64	2
23,18	3
25,13	5
26,42	7
27,78	10
28,48	12
29,33	15
30,43	20
31,28	25
31,98	30



Se necesitan las alturas de losa o cubierta de cada nivel para evaluar la velocidad del viento y así integrar la presión del referido. En consecuencia, con la información anterior y el área tributaria vertical de cada marco estructural integran la carga por marco y por nivel, para un posterior momento de carga horizontal por viento. Modelo C $\frac{V}{27.78} = \frac{\ln\left(\frac{z}{0.007} + 1\right)}{\left(\frac{10}{0.007} + 1\right)}$, donde la presión del viento es velocidad x densidad x tiempo ráfaga = $V \times 1\text{kg/m}^3 \times 10\text{s}$

NIVEL	Altura m	V ms	Presión Kg/m ²	H nivel m	Área Tributaria Hx4.00 m ²	Carga x nivel kg	Momento por nivel kg-m
1	3.50	23.77	238	3.50	14.00	3332	11662

2	6.20	25.95	260	2.70	10.80	2808	7582
3	8.90	27.33	273	2.70	10.80	2948	7960
4	11.60	28.35	284	2.70	10.80	3067	8281
5	14.30	29.23	292	2.70	10.80	3154	8516
6	17.00	29.81	298	2.70	10.80	3218	8689
7	19.70	30.37	304	2.70	10.80	3283	8864
8	22.40	30.86	307	2.70	10.80	3316	8952

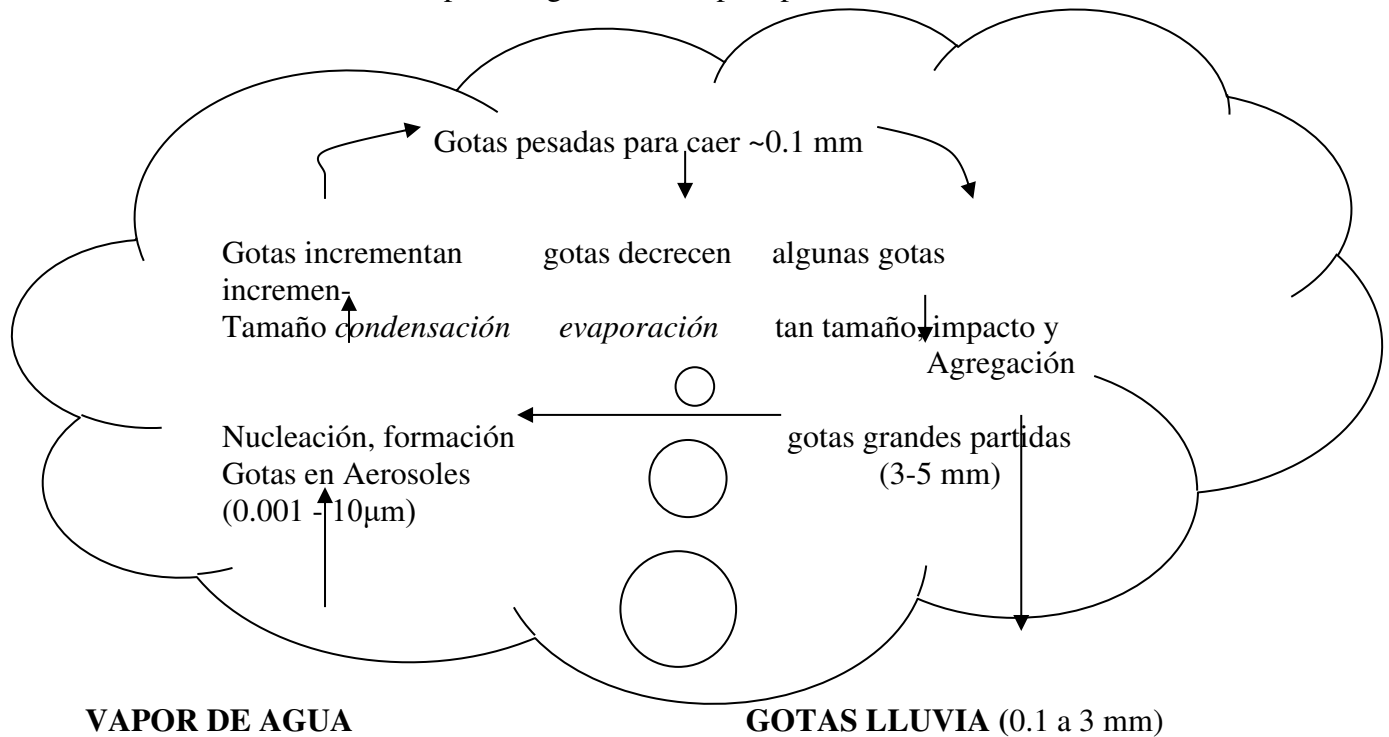


PRECIPITACIÓN

PRECIPITACIÓN aguas meteóricas que caen en la superficie terrestre (básicamente)

$$\underline{P} = Q + D \text{ con AIRE HÚMEDO} = \text{AIRE SECO} + \text{VAPOR AGUA}$$

CONDENSACIÓN: del vapor de agua forma la precipitación. Ilustrando ³¹



VELOCIDAD TERMINAL³² o velocidad máxima de caída para una presión de 1013.3 milibares, 20 °C de temperatura, humedad relativa del 50% y aire en reposo:

Diámetro Gotas mm	Velocidad Terminal cm/s
0.5	206
1.0	403
1.5	541
2.0	649
3.0	806
4.0	883
5.0	909
5.5	915
5.8	917

³¹ **ELEMENTOS DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA.** Por Daniel Schenzer y Luis Silveira. Primer Curso de Hidrología Subterránea. UDELAR, UNESCO y OEA. Montevideo Uruguay, Septiembre - Diciembre 2000.

³² **HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS.** Linsley, Kohler & Paulus. Mc-Graw Hill. Segunda Edición. Pág. 47

OCURRENCIA DE LA PRECIPITACIÓN: La precipitación ocurre cuando se eleva una masa de vapor de agua en la atmósfera, de tal forma que se enfría y parte de la humedad condensa.

FORMAS³³ DE LA PRECIPITACIÓN:

Escarcha: una capa de hielo por lo general transparente y suave

Nieve: formas con patrones hexagonales (Job 30) Bolitas de 2 a 5 mm diámetro.

Granizo: pueden ser esféricos, irregulares. De 5 a 125 mm diámetro.

Llovizna: pequeñas gotas de agua de 0.1 a 0.5 mm diámetro.

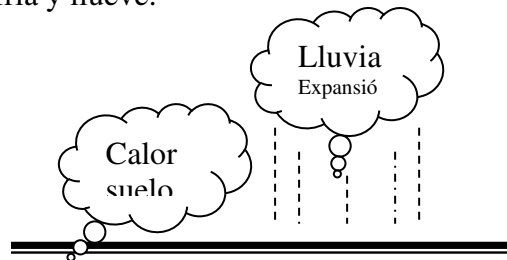
Lluvia: gotas de mas de 0.5 mm diámetro.

- ❖ Ligera: hasta 2.5 mm/hora
- ❖ Moderada: de 2.5 a 7.6 mm/hora
- ❖ Fuerte: mas de 7.6 mm/hora. En Guatemala una lluvia fuerte no mas de 2 horas.

¿CÓMO SE CLASIFICAN? De acuerdo al fenómeno meteorológico que los provocan, las precipitaciones pueden ser:

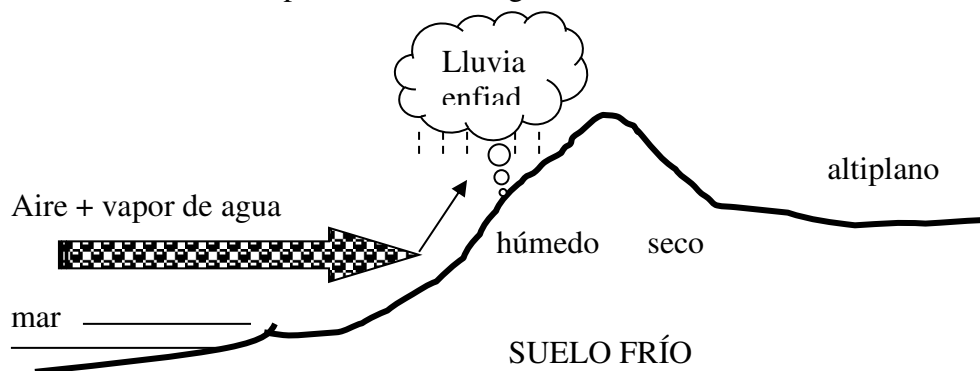
POR CONVECCIÓN

No hay corrimiento de viento. Propia de climas calurosos y, en especial cuando la temperatura es alta. El vapor del calor del suelo se condensa , forma nubes, sube en la atmósfera se enfría y llueve.



OROGRÁFICAS

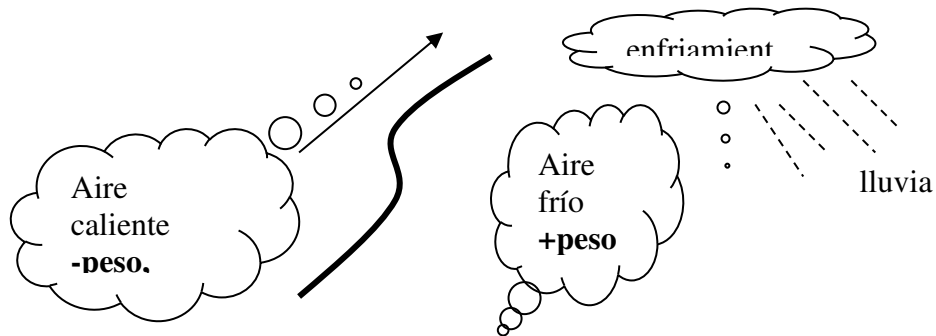
En Guatemala, propia entre costas del litoral Pacífico y la cadena montañosa de la Sierra Madre. El viento con humedad del Océano Pacífico se enfría al subir sobre las cadenas montañosas, de ese enfriamiento viene la precipitación. Región de Santa María de Jesús y El Palmar son húmedas por lluvias de orografía.



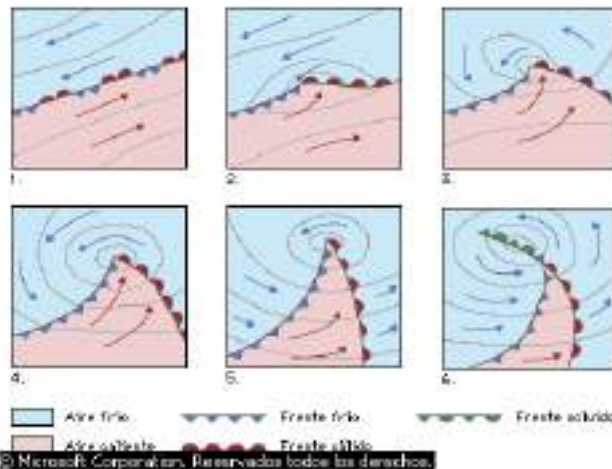
³³ **HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS.** Linsley, Kohler & Paulus. Mc-Graw Hill. Segunda Edición. Pág. 48 & 49.

DE FRENTE: línea de división entre dos frentes ó del suelo. (frente y suelo) Cuando se encuentran dos masas de aire con condiciones diferentes de temperatura.

1. **Frente Frío:** desplaza masa de aire caliente.
2. **Frente Cálido:** desplaza masa de aire frío.
3. **Frente Estacionario:** equilibrio, no existe desplazamiento.



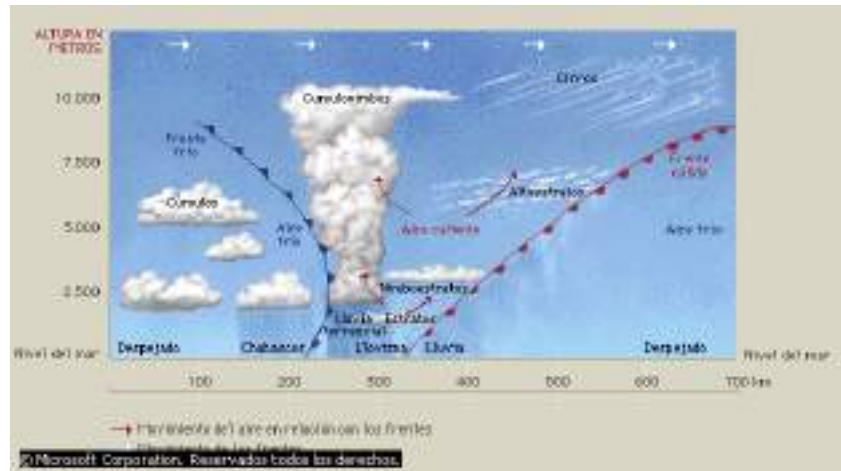
Frentes y Tormentas:



Los frentes se asocian con ciclones o zonas de baja presión y se producen cuando una masa de aire frío entra en contacto con otra de aire cálido. La circulación de la atmósfera terrestre hace que el aire frío se mueva hacia el Este y hacia el ecuador, mientras que el cálido se desplaza hacia el Este y hacia los polos formando una cuña llamada sector cálido. Este movimiento hace que el frente se curve; el frente cálido se desvía hacia el Este, donde el borde delantero del sector cálido está reemplazando al aire frío, y el frente frío se desvía hacia el Oeste. Como el aire frío se mueve más deprisa que el cálido, el sector cálido se va comprimiendo y el frente se cierra y pierde fuerza³⁴

³⁴"Etapas de formación de un frente." *Enciclopedia® Microsoft® Encarta 2001*. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Corte de un Frente:



MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

- Pluviómetros

El área de capacitación A es normalmente 10 veces mayor que el área del recipiente graduado, con el objeto de que, cada milímetro de lluvia, se deposite en 1 cm en el recipiente.

- Pluviógrafos
- Radar

UNIDADES: 1mm = 1 litro/m²

EJEMPLO DE PRECIPITACION PARA CÁLCULO DE DRENAJE DE TORMENTA

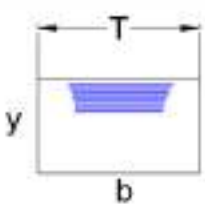
1. Para pluviómetros Hellman, se tiene que 1mm = 1 litro/m²
2. Ese 1 mm para un área de 1 km², implica que el área a m², es como sigue:

$$1\text{km}^2 \times \left(\frac{1000\text{m}}{\text{km}}\right)^2 = 1000000\text{m}^2 \text{ y } 1 \frac{\text{lt}}{\text{m}^2} \times 1000000\text{m}^2 = 1000000\text{lt} = 1000\text{m}^3$$
3. Si el área es para parque, se tiene un coeficiente "C" de infiltración de C = 0.15, entonces **0.15x1000m³ = 150m³** de caudal de escorrentía o agua superficial. Además (1-0.15)x1000m³ = 850m³ de caudal de agua de infiltración, que es el agua que absorbe el suelo y va camino al agua profunda.
4. Se hace una primera estimación del área del colector de drenaje de lluvia por medio de la fórmula de Manning que dice: $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$, donde V es velocidad en m/s, n es coeficiente de rozamiento del material de la canal. Si es una canal de concreto sea n=0.010. Ahora S es la pendiente media del terreno, sea para este ejemplo S = 5% = 0.05. Entonces R es el radio hidráulico de la sección de la canal del drenaje de tormenta, donde $R = \frac{\text{área sección}}{\text{perímetro mojado de sección}}$. De esta manera la ecuación de Manning queda así: $V = \frac{1}{0.010} \times R^{2/3} \times 0.05^{1/2}$.

5. Por el principio de “Continuidad y Caudal”, asumiendo una densidad constante del agua, se tiene: $Q = A \times V$, donde Q es caudal, A es el área de la sección y V es la velocidad. Ajustando la ecuación de Manning:

$$A \times V = Q = \frac{1}{0.010} \times R^{2/3} \times 0.05^{1/2} \times A.$$

6. Resolviendo al radio hidráulico, se propone por facilidad de este ejemplo una sección cuadrada de cuneta, donde $b=y$

Sección	Área	Perim / Mojado	R hidráulico
 Rectángulo	by b^2	$b + 2y$ $3b$	$\frac{by}{b + 2y}$ $b^2/3b = b/3$

7. Ajustando nuevamente la ecuación de Manning: $Q = \frac{1}{0.010} \times \left(\frac{b}{3}\right)^{2/3} \times 0.05^{1/2} \times b^2$, donde $Q = 150\text{m}^3$, así:

$$Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.05^{1/2} = 150 \approx 10.7499 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{2.6869m \approx b}$$

8. Si la pendiente se incrementa a un 10% la ecuación de Manning: $Q =$

$$\frac{1}{0.010} \times \left(\frac{b}{3}\right)^{2/3} \times 0.10^{1/2} \times b^2, \text{ donde } Q = 150\text{m}^3, \text{ así:}$$

$$Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.10^{1/2} = 150 \approx 15.2026 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{2.3595m \approx b}$$

9. Si la pendiente se incrementa a un 15% la ecuación de Manning: $Q =$

$$\frac{1}{0.010} \times \left(\frac{b}{3}\right)^{2/3} \times 0.15^{1/2} \times b^2, \text{ donde } Q = 150\text{m}^3, \text{ así:}$$

$$Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.15^{1/2} = 150 \approx 18.6194 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{2.1867m \approx b}$$

10. Entonces, se puede ver que el incremento de la pendiente del terreno, hace que la velocidad del agua de escorrentía se incremente también, de donde al mantener constante el caudal, hace que la sección del canal se reduzca, “b” es menor.
11. El anterior problema implica que el drenaje de 1 mm de precipitación pluvial, para un área de 1 km², se drena en un solo canal, lo que deja un pareo considerable, haciendo una tabla resumen se tiene:

PENDIENTE %	ARISTA ÁREA CUADRADA metro
5	2.6869 = 2.70
10	2.3595 = 2.40
15	2.1867 = 2.20

12. Sin embargo eso no se hace en la práctica, los canales de drenaje pluvial son de dimensiones considerables. Si se aplican principios de urbanismo y se planifica y secciona el área, se encontrarán dimensionales menores y más manejables de esos canales de drenajes de tormentas. Por ejemplo, al hacer la propuesta de 10 canales

para ese kilómetro cuadrado, se puede reducir el caudal de escorrentía o agua superficial. De manera racional $Q_{1km} = 150m^3$, al ser un sistema de 10 canales, $Q_{canal} = 150/10 = 15m^3$. Así se tiene de nuevo las ecuaciones de los cálculos anteriores modificadas:

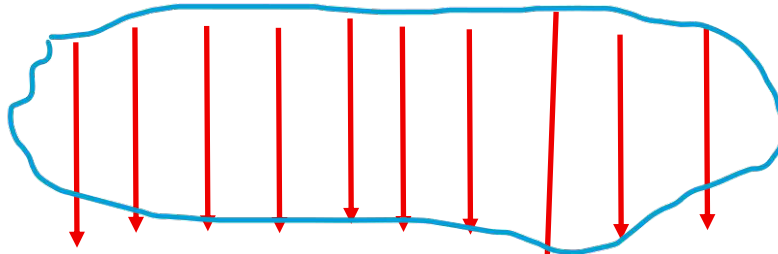
$$S = 5\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.05^{1/2} = 15 \approx 10.7499 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{1.1331m \approx b}$$

$$S = 10\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.10^{1/2} = 15 \approx 15.2026 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.9950m \approx b}$$

$$S = 15\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.15^{1/2} = 15 \approx 18.6194 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.9221m \approx b}$$

Estos valores de lado o arista de canales para drenajes de tormenta son más pequeños y construibles.

Para 1 km² de área se proponen 10 canales de evacuación en función de la forma del área del terreno y de las curvas de nivel de este. Los canales de drenaje de tormenta corren del punto más alto al más bajo. Es lo que se ve en la ecuación de Manning.



13. Si bajo los mismos principios de urbanismo se hacen bloques de 100 de arista, el área de estos es de $100 \times 100 = 10000m^2$, de donde el caudal por prorratio o reparto proporcional es de $Q_{10000m^2} = 150m^3 \times 10000m^2 / 1000000m^2 = 1.5m^3$

Así se tiene de nuevo las ecuaciones de los cálculos anteriores modificadas:

$$S = 5\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.05^{1/2} = 1.5 \approx 10.7499 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.4778m \approx b}$$

$$S = 10\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.10^{1/2} = 1.5 \approx 15.2026 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.4196m \approx b}$$

$$S = 15\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.15^{1/2} = 1.5 \approx 18.6194 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.3889m \approx b}$$

14. Ahora, con un ejemplo corolario a este que se ha tratado de 1mm de precipitación, como problema de ilustración, si se consideran estos bloques de partición urbana de 100m de arista para un área de $10000m^2$ en la ciudad de Quetzaltenango, en un área multifamiliar unida, con un coeficiente "C" de infiltración $C = 0.70$ y una precipitación media anual de 330mm/año, implica $330mm/año / 360 días/año = 0.9167 mm/día$, para un evento de 2 horas por ejemplo, $0.9167mm/día / 24hr/día \times 2 hr = \mathbf{0.0764mm/evento de 2 horas de lluvia}$.

15. Integrando el caudal para $10000m^2$ de área (aristas de 100m x 100m), donde 1mm = $1lt/m^2$ se obtiene: $Q_{medio} = 0.0764lt/m^2 \times 10000m^2 = 764lts = 0.764m^3$.

16. Ajustando el caudal se tiene un coeficiente "C" de infiltración de $C = 0.70$, entonces $\mathbf{0.70 \times 0.764m^3 = 0.5348m^3}$ de caudal de escorrentía o agua superficial. Además $(1 - 0.70) \times 0.764m^3 = 0.2292m^3$ de caudal de agua de infiltración, que es el agua que absorbe el suelo y va camino al agua profunda.

17. Así se tiene de nuevo las ecuaciones de los cálculos anteriores modificadas:

$$S = 5\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.05^{1/2} = 0.5348 \approx 10.7499 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.3246m \approx b}$$

$$S = 10\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.10^{1/2} = 0.5348 \approx 15.2026 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.2850m \approx b}$$

$$S = 15\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.15^{1/2} = 0.5348 \approx 18.6194 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.2641m \approx b}$$

Es importante aclarar que este diseño es para precipitación media anual.

- 18.** Pero se si considera el mes de más lluvia (julio) con una precipitación de 550mm/mes, eso es 550mm/mes / 30días/mes = 18.3333 mm/día. Para el evento de lluvia de 2 horas que interesa en este problema, 18.3333 mm/día / 24hr/día x 2 hr evento lluvia = 1.5278 mm, si 1mm precipitación es 1lt/m², se obtiene **1.5278lt/m²**. El caudal para este cálculo es de 100m x 100m = 10000m² x 1.5278lt/m² = 15278lt = 15.278 m³

- 19.** Ajustando el caudal se tiene un coeficiente “C” de infiltración de C = 0.70, entonces **0.70x15.278m³ = 10.6946m³** de caudal de escorrentía o agua superficial. Además (1- 0.70)x15.278m³ = 4.5834m³ de caudal de agua de infiltración, que es el agua que absorbe el suelo y va camino al agua profunda.

- 20.** Así se tiene de nuevo las ecuaciones de los cálculos anteriores modificadas:

$$S = 5\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.05^{1/2} = 10.6946 \approx 10.7499 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.9981m \approx b}$$

$$S = 10\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.10^{1/2} = 10.6946 \approx 15.2026 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.8764m \approx b}$$

$$S = 15\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.15^{1/2} = 10.6946 \approx 18.6194 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.8123m \approx b}$$

Es importante aclarar que este diseño es para precipitación media de mes de más lluvia al año.

- 21.** Ahora algunas comparaciones para lo calculado en el drenaje de tormenta de Quetzaltenango, viendo la tabla resumen siguiente se va entendiendo la naturaleza de probabilidad de ocurrencia de la precipitación, por ello es tan importante el disponer de buenos registros de clima, incluyendo la lluvia. Esas variaciones explican desde la probabilidad la ocurrencia de inundaciones por lluvia, así como el impacto de la impermeabilización de suelo por las cubiertas de concretos, asfaltos y más.

Pendiente terreno	PP media anual	PP media mes pico
5%	0.3246 = 0.35m	0.9981 = 1.00m
10%	0.2850 = 0.30m	0.8764 = 0.90m
15%	0.2641 = 0.30m	0.8123 = 0.85m

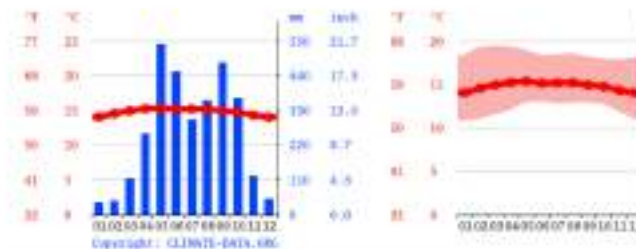
22. Notas aclaratorias

- En estas variaciones de este ejercicio se utiliza un tiempo de evento de lluvia de 2 horas, pero eso puede variar dependiendo de la región geográfica en función de lo que indique la meteorología del lugar. Es de imaginar en el pasado el daño de tormentas como el Mitch y Stan con duraciones de 24 a 48 horas de lluvias.
- El área de influencia para estas precipitaciones parte del kilómetro cuadrado o 1000000m² de superficie, que posteriormente se parcela a la décima parte y

después a la centésima parte que es la hectárea métrica o 10000m² de superficie, que equivale a un cuadro de 100m de arista.

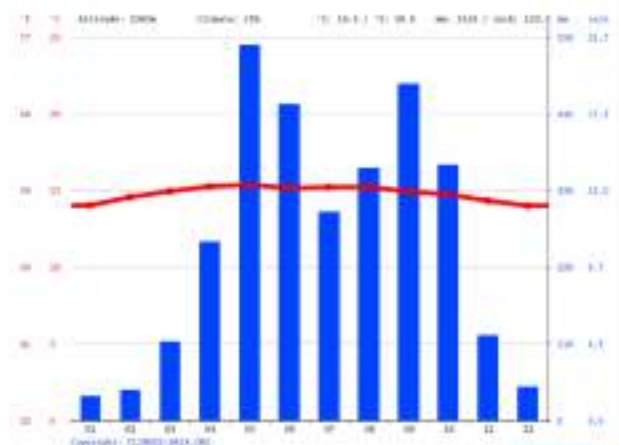
- c. Las zonas más densamente pobladas tienden a tener mas escorrentía o agua superficial, por lo que los coeficientes “C” de infiltración son altos. Se ve en Guatemala en estas zonas con la frecuentes inundaciones que sufren.

CLIMA QUETZALTENANGO (XELA) (GUATEMALA)



El clima en Quetzaltenango (Xela) es cálido y templado. En comparación con el invierno, los veranos tienen mucha más precipitación. Según la clasificación de Köppen-Geiger, el clima predominante en esta región se clasifica como:

CLIMOGRAMA QUETZALTENANGO (XELA)

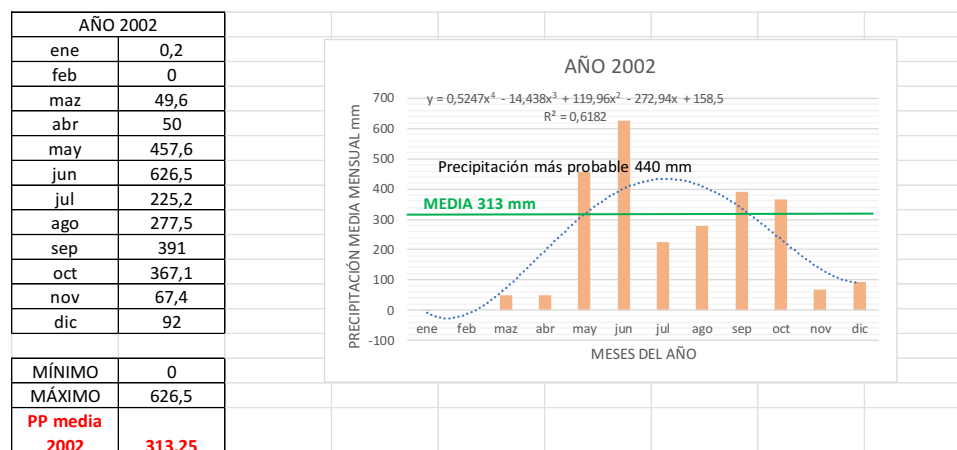
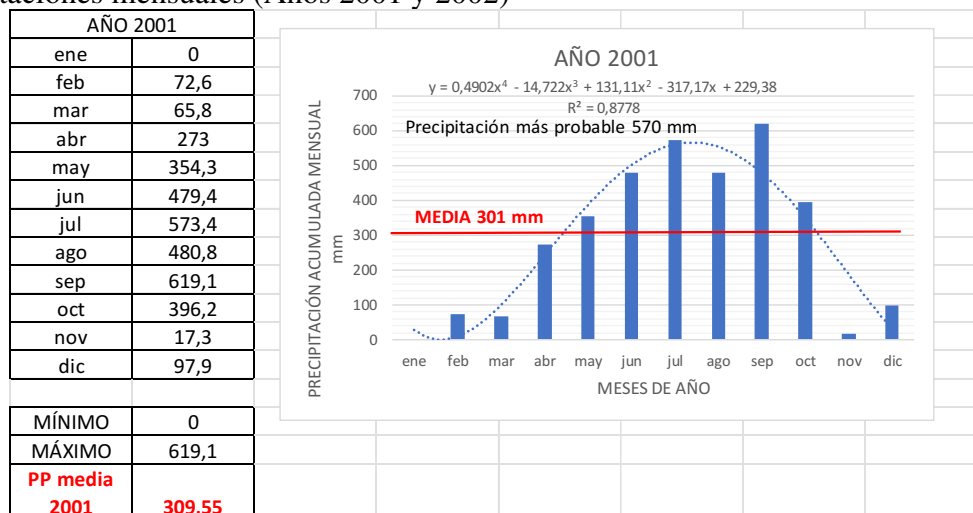


Gráficos de Climate Data. 13 de agosto 2025 <https://es.climate-data.org/americas-del-norte/guatemala/quetzaltenango/quetzaltenango-xela-5774/>

Construyendo las gráficas anteriores, sobre una base de datos de la Estación Meteorológica de Labor Ovalle, de Olinpeque, Quetzaltenango, a 20 años, por ejemplo

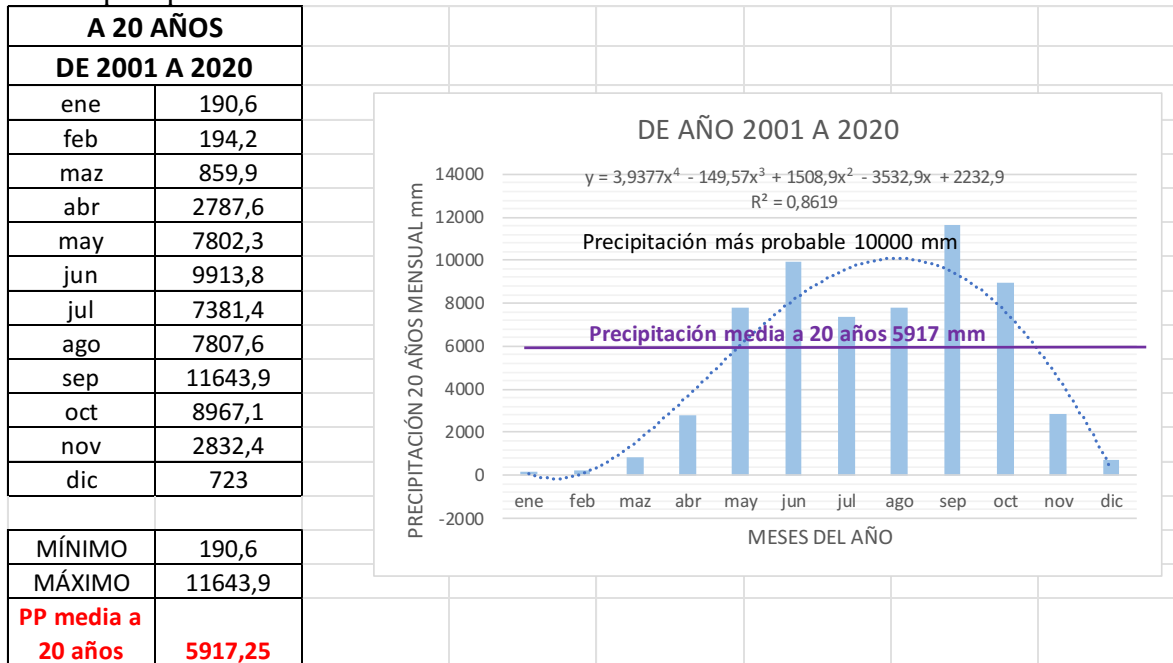
ESTACIÓN METEOROLÓGICA LABOR OVALLE, OLINTEPEQUE, QUETZALTENANGO													
precipitación en milímetros del altura													
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	SUMATORIA
años	2001	0	72,6	65,8	273	354,3	479,4	573,4	480,8	619,1	396,2	17,3	97,9
	2002	0,2	0	49,6	50	457,6	626,5	225,2	277,5	391	367,1	67,4	92
	2003	5,4	1	83,8	92,1	290	487,9	329,2	358,3	536	357,3	189,8	0
	2004	12,2	2	52,4	40	247,7	368,7	379,6	498,2	442,6	355,3	26,9	2
	2005	1,5	6	91,8	67,9	323,9	312,7	262,8	258,2	390,3	581,3	157	83
	2006	0	62,3	86,4	325,5	367,5	469	485,1	459,1	1170,1	308,3	159	95,3
	2007	17	3	0	259,8	524,9	590,5	386,9	206,8	598,8	489,9	178,6	0
	2008	20	5,2	21,1	217	320,7	370,1	250,5	180,1	596,4	222,6	365	104,9
	2009	0	0,5	30	5,1	32,5	498,7	446,2	610,4	441,6	362	399,1	26
	2010	0	0,2	52,4	85,5	342,3	707	307	352,6	653,2	467,9	49,5	18,2
	2011	14,4	0	5,2	60,4	700,6	431,9	355,5	392,6	620,1	515,3	216,5	17
	2012	30,8	5,2	71,3	154,7	297,2	322,6	350,8	282	418	478,6	77,2	18,3
	2013	25	0	1,2	134,3	298,2	225,2	354,5	324,5	644,3	457,1	214,1	0,4
	2014	0	0	71,9	112,7	404,3	596,2	329	409	407,1	340	185,2	0
	2015	1,6	0,4	49,2	109,4	360,2	717,9	518,6	314,4	622,4	989	31,7	10,8
	2016	51,7	1,8	24	166,6	527,8	602,1	377	358,4	456,9	672,8	236	8,4
	2017	3,2	0	14,6	150,5	601,9	388,1	404,4	455,2	529,7	539,1	9,8	28,4
	2018	2	20,1	54,7	285,2	145,1	518,9	319,7	531	857,9	372,1	33,7	0
	2019	5,1	3,8	34,5	4,1	337,1	518,5	254,6	442,2	299,1	554,3	187,9	23,7
	2020	0,5	10,1	0	193,8	868,5	681,9	471,4	616,3	949,3	140,9	30,7	96,7
SUMATORIA		190,6	194,2	859,9	2787,6	7802,3	9913,8	7381,4	7807,6	11643,9	8967,1	2832,4	723
Máximo mensual en 20 años		1170,1 mm											

Se analizan un par de años para ver la construcción de esos diagramas de frecuencia de precipitaciones mensuales (Años 2001 y 2002)



Si se repite el proceso para 20 años de vida útil de proyecto, 20 años el tiempo de una nueva generación, se es mayor de edad a los 18 o 21 años, como media 20 años.

23. La precipitación media, tal como la de los años 2001 y 2002 se puede utilizar en obras provisionales. Por ejemplo, durante algunos meses de año hay que construir un drenaje de lluvia para evitar inundaciones en un área de construcción de puentes, de pavimentos o cimentaciones, por costos, es razonable utilizar la precipitación media del último o de los últimos años.



Ahora es de replantear el drenaje de tormenta que se viene trabajando. Algunas ideas y alternativas pueden ser, el ir del lado seguro con calores máximos de precipitación, que es más inversión de recursos por el tamaño de la obra, o por un valor más probable, que económicamente es más razonable. Este último generalmente no es mayor a los valores máximos, pero es la tendencia estadística de la base de datos de precipitación.

Lo anterior indica que en el diseño de la obra gris de los drenajes de lluvia no se maneja un factor de seguridad (que en esencia también es estadístico) la estadística del diseño en la seguridad de la probabilidad de ocurrencia de la precipitación sobre una base de datos de meteorología para lluvias.

Respecto a los valores máximos, del lado seguro (aunque no hay garantía, con cambios climáticos, donde la estadística y probabilidad pueden verse superadas) se tiene

- I. El valor máximo mensual que, para 20 años es 20 años x 12 meses/año = 240 meses, con una precipitación máxima mensual de **1170.1 mm**
- II. Otra alternativa de máximo valor es de considerar que, a 20 años, el mes con más precipitación es septiembre, con un valor de **11643.9 mm**, a 20 años implica una precipitación media mensual de $11643.9/20 = 582.95 \text{ mm}$

- 24.** Si se considera la precipitación más probable sobre la base de datos a 20 años de **10000 mm**, eso conlleva a $10000/20 = 500 \text{ mm}$. Este enfoque busca un valor

razonablemente económico para diseñar el drenaje de lluvias, sin llegar a los extremos. Si se replantea el diseño del drenaje de tormentas con el último valor se tiene 500mm/mes, eso es 500mm/mes / 30días/mes = 16.6666 mm/día. Para el evento de lluvia de 2 horas que interesa en este problema, 16.6666 mm/día / 24hr/día x 2 hr evento lluvia = 1.3889 mm, si 1mm precipitación es 1lt/m², se obtiene 1.3889lt/m². El caudal para este cálculo es de 100m x 100m = 10000m² x 1.3889lt/m² = 13889lt = 13.889 m³

25. Ajustando el caudal se tiene un coeficiente “C” de infiltración de C = 0.70, entonces **0.70x13.889m³ = 9.7223m³** de caudal de escorrentía o agua superficial. Además (1-0.70)x15.278m³ = 4.1667m³ de caudal de agua de infiltración, que es el agua que absorbe el suelo y va camino al agua profunda.

26. Así se tiene de nuevo las ecuaciones de los cálculos anteriores modificadas:

$$S = 5\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.05^{1/2} = 9.7223 \approx 10.7499 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.9630m \approx b=1.00}$$

$$S = 10\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.10^{1/2} = 9.7223 \approx 15.2026 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.8457m \approx b=0.85}$$

$$S = 15\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.15^{1/2} = 9.7223 \approx 18.6194 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{0.7837m \approx b=0.80}$$

Este cálculo está bien si la base estadística es continua y confiable. Hay un fuerte apoyo y confianza en las estadísticas que se pueden obtener sobre la recopilación de datos de precipitaciones, pero si esto no es así, las bases de datos son precarias e irregulares, lo que es frecuente en regiones de Guatemala. Así un punto de vista es sobre diseñar este tipo de obra, por ejemplo, con el valor máximo de los 20 años de la base de datos de este ejemplo.

27. Con un caudal de **1170.1 mm/mes**, para 1170.1mm/mes / 30días/mes = **39.0033 mm/día** de precipitación media. Ajustando a las 2 horas de este ejercicio (duración máxima en Guatemala, excepto tormentas) se obtiene: 39.0033 mm/día / 24hr/día x 2 hora = 3.2503 mm x 1lt/m²/mm = **3.2503 lt/m²**. El caudal para este cálculo es de 100m x 100m = 10000m² x 3.2503lt/m² = **32503lt = 32.503 m³**.

28. Ajustando el caudal se tiene un coeficiente “C” de infiltración de C = 0.70, entonces **0.70x32.503m³ = 22.7521m³** de caudal de escorrentía o agua superficial. Además (1-0.70)x32.503m³ = 9.7509m³ de caudal de agua de infiltración, que es el agua que absorbe el suelo y va camino al agua profunda.

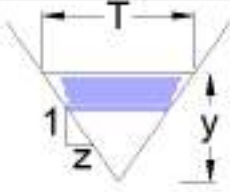
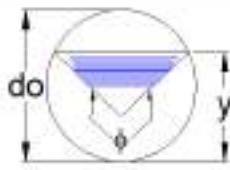
29. Así se tiene de nuevo las ecuaciones de los cálculos anteriores modificadas:

$$S = 5\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.05^{1/2} = 22.7521 \approx 10.7499 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{1.3246m \approx b=1.35}$$

$$S = 10\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.10^{1/2} = 22.7521 \approx 15.2026 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{1.1632m \approx b=1.20}$$

$$S = 15\%, Q = \frac{1}{0.010} \times \frac{b^{8/3}}{3^{2/3}} \times 0.15^{1/2} = 22.7521 \approx 18.6194 \times b^{8/3} \therefore \mathbf{1.0781m \approx b=1.10}$$

30. Si se plantean otras secciones diferentes a la cuadrada tal como la triangular o circular, se puede especular para posibles dimensionales

 Triangulo	AREA zy^2 z^3	PERÍMETRO MOJADO $2y\sqrt{1+z^2}$ $2z\sqrt{1+z^2}$	RADIO HIDRAU $\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$ $\frac{z^2}{2\sqrt{1+z^2}}$
 Circulo	b = do ángulo = π $\frac{1}{8}(\phi - \text{sen}\phi)b^2$ $\frac{1}{8}(\pi - \text{sen}\pi)do^2 = 0.2677do^2$	Se trabaja con radianes $\frac{1}{2}\phi do$ $\frac{\pi do}{2} = 1.5708do$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen}\phi}{\phi}\right)do$ $\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen}\pi}{\pi}\right)do = 0.1704do$

Ajustando la ecuación de Manning: $Q = \frac{1}{0.010} \times \left(\frac{z^2}{2\sqrt{1+z^2}}\right)^{2/3} \times S^{1/2} \times z^3$, para

$$\text{triángulo } Q = \frac{S^{1/2}}{0.01} \times \frac{z^{13/3}}{(2\sqrt{1+z^2})^{2/3}} = 22.7521$$

Y ecuación de Manning para **media circunferencia** se tiene:

$$Q = \frac{1}{0.010} (0.1704do)^{2/3} \times S^{1/2} \times 0.2677do^2 = 8.2280do^{8/3} \times S^{1/2} = 22.7521$$

31. Con las ecuaciones para la sección triangular, resolviendo de manera numérica y aproximada

$$S = 5\%, Q = \frac{0.05^{1/2}}{0.01} \times \frac{z^{13/3}}{(2\sqrt{1+z^2})^{2/3}} = 22.7521 = \frac{22.3607z^{13/3}}{(2\sqrt{1+z^2})^{2/3}} \therefore 1.32425m \approx 1.35m$$

$$S = 10\%, Q = \frac{0.1^{1/2}}{0.01} \times \frac{z^{13/3}}{(2\sqrt{1+z^2})^{2/3}} = 22.7521 = \frac{31.6228z^{13/3}}{(2\sqrt{1+z^2})^{2/3}} \therefore 1.2064m \approx 1.20m$$

$$S = 15\%, Q = \frac{0.15^{1/2}}{0.01} \times \frac{z^{13/3}}{(2\sqrt{1+z^2})^{2/3}} = 22.7521 = \frac{38.7298z^{13/3}}{(2\sqrt{1+z^2})^{2/3}} \therefore 1.1429m \approx 1.15m$$

32. Así se tienen las ecuaciones para media circunferencia:

$$S = 5\%, Q = 8.228 \times do^{8/3} \times 0.05^{1/2} = 22.7521 \approx 1.8398 \times do^{8/3} \therefore 2.2568m \approx 100"$$

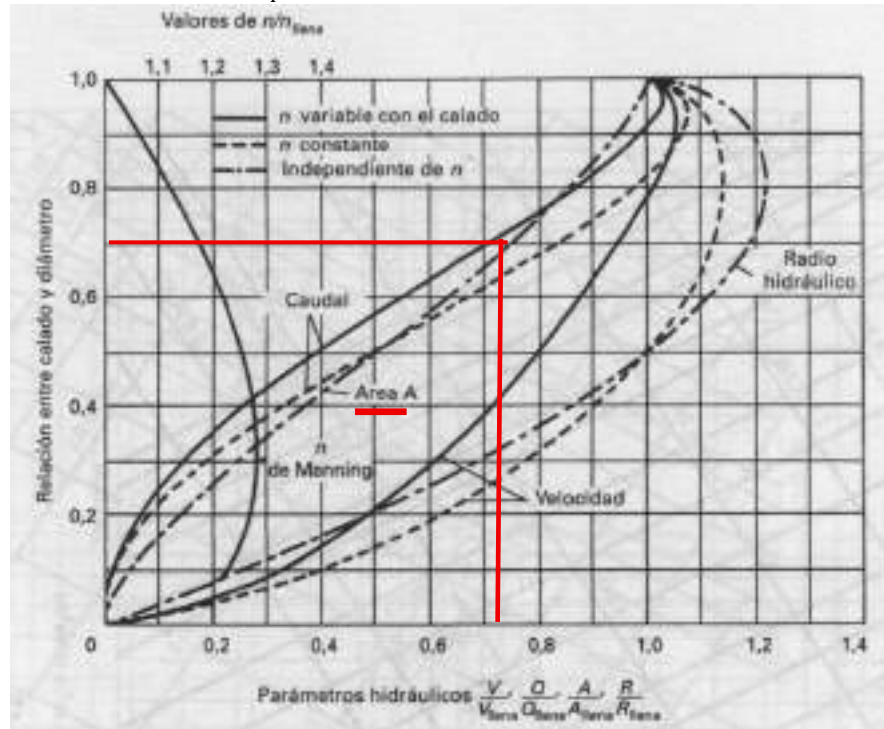
$$S = 10\%, Q = 8.228 \times do^{8/3} \times 0.1^{1/2} = 22.7521 \approx 2.6019 \times do^{8/3} \therefore 2.255m \approx 90"$$

$$S = 15\%, Q = 8.228 \times do^{8/3} \times 0.15^{1/2} = 22.7521 \approx 3.1867 \times do^{8/3} \therefore 2.09m \approx 82"$$

33. Por las dimensionales de los drenajes se puede trabajar con un pequeño drenaje de superficie, tal como cunetas, pero reforzado por una tubería mayor tamaño a enterrar bajo el pavimento de la calle, ambas tuberías deben sumar al menos el cálculo de una única tubería como la que se viene calculando. El drenaje de tormenta enterrado puede ser tubería con un tirante no menor al 10% y no más de un 70%.

34. Por ejemplo, si se piensa por comodidad del transeúnte o peatón colocar canales en al hombro de la calle de una sección de **0.25m x 0.25 m = 0.0625 m²**, la pregunta es ¿de que diámetro el colector subterráneo? Por ejemplo, del inciso 28 de este

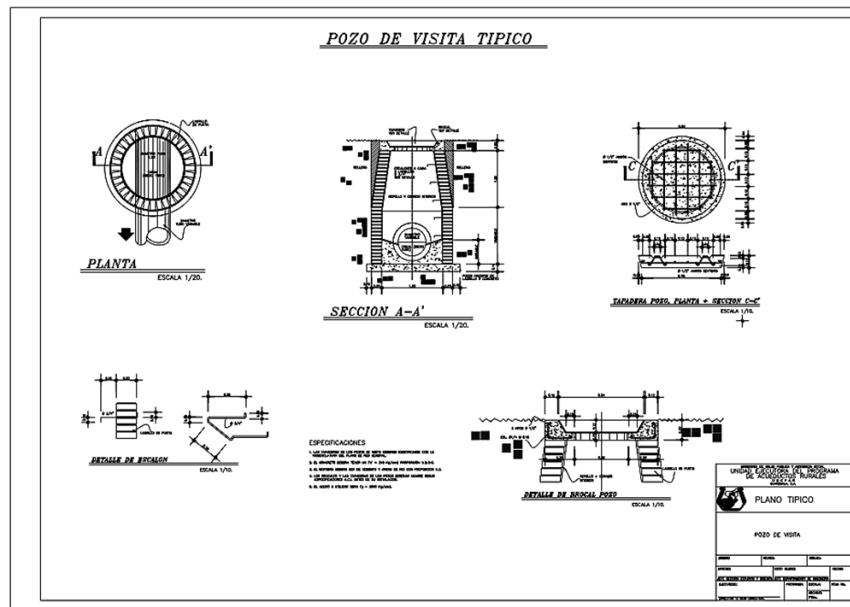
problema, para una pendiente $S = 5\%$, se tiene una sección cuadrada de $1.3246\text{m} \times 1.3246 = \mathbf{1.7546\text{m}^2}$. Por diferencia el área útil del canal colector subterráneo, al 70% como sección máxima de agua es de $1.7546 - 0.0625 = \mathbf{1.6921\text{m}^2}$. ¿Qué diámetro de tubería se hace necesaria? Si se mantiene ese 5% de pendiente del terreno por supuesto. Por relaciones hidráulicas, por ejemplo, la relación de tirante o calado dividido diámetro de tubería para $d/D = 0.70$, se tiene un valor aproximado de 0.72 de relación de áreas, es decir $\mathbf{0.72 = 1.6921\text{m}^2/\text{Area}_{\text{tubo}}}$. Así $\text{Area}_{\text{tubo}} = 1.6921/0.72 = \mathbf{2.3502\text{m}^2}$. Si, $2.3502\text{m}^2 = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow \mathbf{D = 1.7298\text{m} = 172.98\text{cm} = 68.1 \sim 68\text{pulgada}}$



35. El cálculo anterior ilustra las grandes dimensiones de los colectores de agua de lluvias o tormentas, lo que hace que en varias ocasiones no se construyan, se dejen sin resolver dejando una vulnerabilidad a las inundaciones. Los diámetros de drenajes de lluvias son mucho mayores que los drenajes de aguas negras o servidas, por ello se construyen los últimos y no los primeros. Ahora, si se construye un drenaje de tormentas esta la tentación de la practicidad de conectar en este el pequeño drenaje negro o de aguas servidas. Parece una buena solución, pero la contaminación del agua servida contamina el agua de lluvia, y al final se necesitará una planta de tratamiento de aguas servidas gigantesca para tratar el agua de los drenajes negros, mas el agua de lluvia contaminada por el contacto con la primera. Se resuelve en primera instancia un problema de drenajes a cambio de una gran planta de tratamiento que es muy cara, y en ocasiones no hay espacio suficiente para hacer el tratamiento. Por ejemplo, la ciudad de Quetzaltenango en el Plan Maestro de Drenajes en el año 2002, al prever el tratar sus aguas de drenaje combinados (lluvias+servido) se pensó en el área al pie de la entrada de la Granja Penal Cantel, para una gran planta de tratamiento de aguas, pero al revisar el diseño el área no era suficiente. Hoy

esa área esta urbanizada y no se trata aún el agua de los drenajes de esta ciudad, una gran factura ambiental pendiente.

36. El tema de los drenajes es sensible, hay indicios en la ciudad de Tikal, sus habitantes en el período clásico disponen de mala manera el agua de sus desechos o drenajes, lo que hizo que contaminaran sus fuentes de agua para subsistencia, lo que lleva a problemas de epidemias y más. Lo que no hay que perder y rescatar de nuestros antepasados es el respeto y búsqueda de equilibrio en el uso de recursos naturales que son finitos, por renovables que parezcan.
37. Los canales de drenajes necesitan limpieza y mantenimiento. La mala educación de botar basura en la vía pública y tapar los tragantes, canales y tuberías de drenajes, acelera la vulnerabilidad de inundaciones. Es el caso de la ciudad de Guatemala con los hundimientos en función de los grandes colectores municipales a nivel de secreto a voces. Cuando una tubería de drenaje se tapa, se va acumulando agua que al final genera una especie de cloaca o lodo cenagoso, como una gran caries, que hace que el pavimento superior colapse, cuando colapsa y se desintegra el colector. Se ha visto acá en Quetzaltenango en la parte superior de la Cuesta Blanca o en la diagonal 33 de la zona 3, saluda a San Marcos.
38. Estos colectores llevan pozos de visita para evaluar su limpieza y buen funcionamiento, por ejemplo, para drenajes negros con Infom se tienen planos típicos.



39. ACTIVIDAD: ir a observar, fotografiar y medir cunetas de diversos puntos de la ciudad de Quetzaltenango. Recopilar evidencia y discutir la comparación entre lo observado y estos cálculos. Es de considerar que algunos drenajes de lluvia de esta ciudad de Quetzaltenango, por ejemplo, la 4ta calle de la zona 3, desde la Cuesta Blanca se comenzaron a construir entre los años 1957 a 1958. Era una ciudad pequeña con gran cantidad de áreas verdes, y está el comentario de algunos viejos vecinos, que algunos

tramos de estos drenajes de tormentas no eran suficientes, que se debían reforzar y actualizar, de lo que no hay noticias.

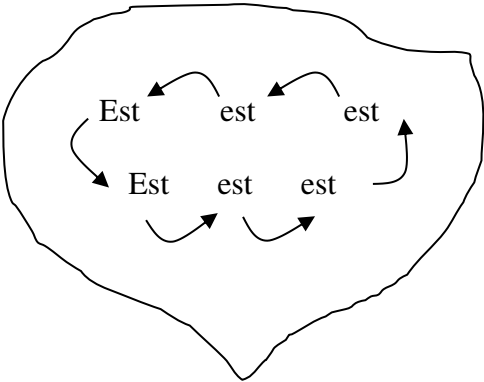
NOTA ACLARATORIA: las bases de datos en el tiempo van mostrando que en el tiempo ha ciclos de lluvias y más. Hay años lluviosos como secos. Por ejemplo, los lagos de Atitlán como de Petén Itzá tienden a mostrar ciclos de subida y bajada de nivel entre 50 y 52 años. Entonces al diseñar drenajes de lluvias o de tormentas, cuando raya el final de la vida útil, es adecuado empezar al revisar los datos estadísticos de lluvias, para ajustar el nuevo proyecto de drenaje, o en todo caso el refuerzo y actualización de este tipo de obra gris.

RED PLUVIOMETRA

Densidad mínima de pluviómetros recomendada por la OMM

- Regiones planas: 600 a 900 km^2/EST
- Regiones montañosas: 100 a 250 km^2/EST
- Islas montañosas pequeñas: 25 km^2/EST
- Zonas áridas y polares: 1.500 a 10.000 km^2/EST

Es conveniente que todos los instrumentos sean de las mismas normas. Se recomienda rotar periódicamente los pluviógrafos (una año) Lo mas importante es la supervisión a este proceso.



PRECIPITACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS PLUVIOMÉTRICOS RELATIVOS A UNA ESTACIÓN:

El conjunto de alturas de precipitación ya sea *diaria, semanal, mensual*, etc. De una estación durante un largo período se puede presentar por medio: Datos estadísticos, cuadros y gráficas cronológicas en curvas de precipitación acumulada o clasificada. Boletines meteorológicos.

Mes	ene	feb	mar	Abr	may	jun	Jul	Ago	sep	oct	nov	Dic
día												
1												
2												
3...												
6												

7...												
15												
16..												
30												
31												

El tiempo en las abscisas, se tabulan los días del año. En nuestro medio la precipitación en mm.

Valor Central

El módulo pluviométrico medio y anual. Que no es mas que el promedio aritmético de las precipitaciones anuales durante un largo período.

Medida de Dispersión o Varianza

$$\Delta(\text{año mas húmedo} - \text{año mas seco})$$

Desviación media, estándar, etc.

Es frecuente que una estación no de información ¿cómo obtener ese faltante?

En principio, correlacionando con otras estaciones aplicando principios estadísticos.

- ❖ Se debe tomar en cuenta a las 3 estaciones circundantes mas cercanas a la estación faltante.
- ❖ Se debe tomar en cuenta todas las estaciones cercanas a la que se le complementa el registro.

PROCEDIMIENTO PARA DATOS FALTANTES

- Si la precipitación media anual en cada una de las estaciones circundantes difiere en menos del 10% de la registrada en la estación en estudio:

$$P_x = \frac{P_a + P_b + P_c + \dots + P_n}{N}$$

- Si la precipitación media anual de cualquiera de las estaciones circundantes defiere en más del 10% Se utiliza el criterio de la Razón Ponderable. PM como precipitación media.

$$P_x = \frac{\frac{PM_x}{PM_a} P_a + \frac{PM_x}{PM_b} P_b + \dots + \frac{PM_x}{PM_n} P_n}{N}$$

EJEMPLO

Durante la semana del 8 al 14 de junio la estación “El Asintal” estuvo fuera de registro. Durante dicho período hubo una tormenta cuyas precipitaciones registradas en las estaciones: Madre Vieja, Retalhuleu e IRTRA fueron de: 56, 68 y 47 mm respectivamente.

Los módulos pluviométricos de las estaciones: El Asintal, Madre Vieja, Retalhuleu e IRTRA son: 1627, 1412, 1538 y 1207 mm respectivamente. Estimar la precipitación en El Asintal en el período antes indicado.

$$\frac{Nx}{Na} = \frac{1627}{1412} = 1.15$$

$$\frac{Nx}{Nb} = \frac{1627}{1538} = 1.06$$

$$\frac{Nx}{Nc} = \frac{1627}{1207} = 1.35$$

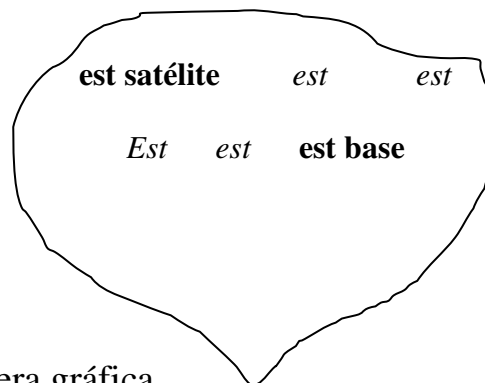
$$0.90 \leq \frac{Nx}{Nu} \leq 1.10$$

$$Px = \frac{1}{3}(1.15 \times 56 + 1.06 \times 68 + 1.35 \times 47) = 66.6mm$$

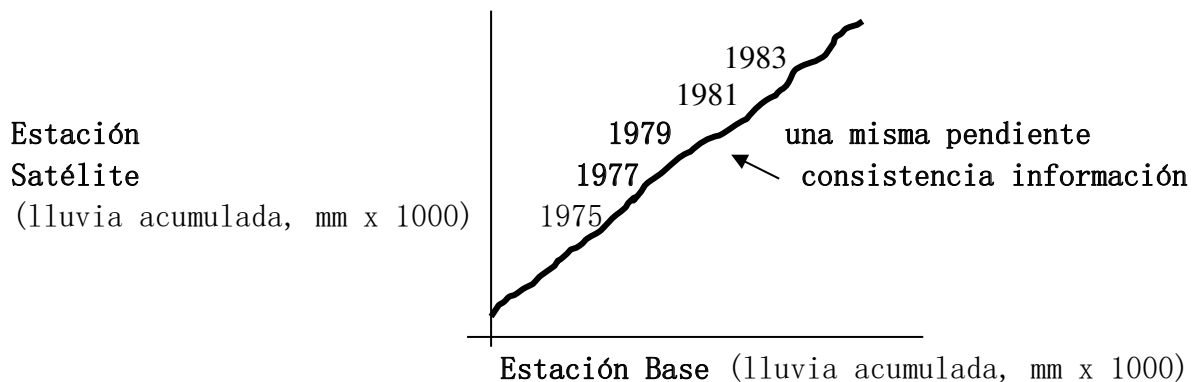
CALIDAD DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

- **Método de doble masa**

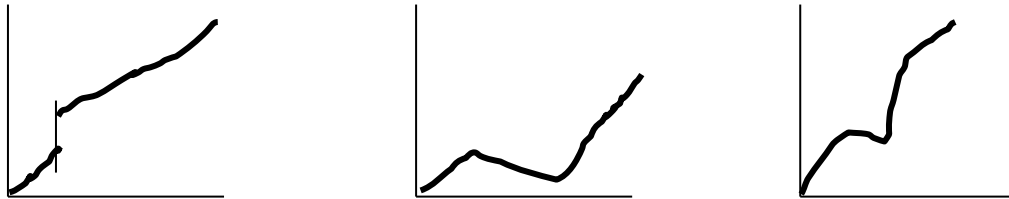
Verifica la consistencia en una estación referente a sus registros. Se compara la precipitación acumulada, bien sea anual ó estacional, con valores acumulados de la precipitación media de un grupo de estaciones de los alrededores, o bien con una estación confiable.



Interpretando de manera gráfica



CASOS GRAVES: no hay continuidad de pendiente.

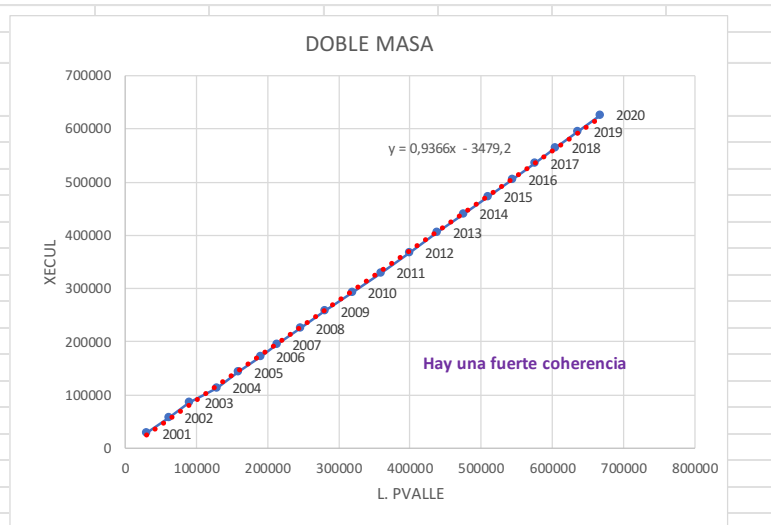


Sin embargo para, casos no tan graves se puede corregir la pendiente de la curva por procedimiento: Gráfico, Mínimos Cuadrados, Triángulos Semejantes, etc.

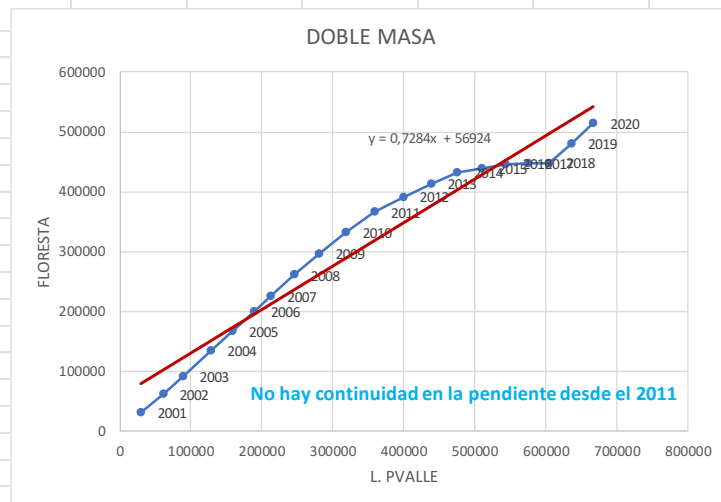
A continuación, unos ejemplos numéricos, donde se tienen los módulos anuales (precipitación media) por año para 4 estaciones meteorológicas cercanas

AÑO	E. BASE	E. SATELITE A	E. SATELITE B	E. SATELITE C
	PP. L. PVALLE mm	XECUL mm	FLORESTA mm	CHUISUC mm
2001	30	28,5	31,1	27,1
2002	31	29,1	31,5	27,7
2003	28,5	28	29,7	25,8
2004	39	28,1	42,2	45,1
2005	30,5	29,6	32,7	19,4
2006	30,7	29,4	33	89,3
2007	23	22,1	25,3	20,5
2008	33	30,9	35,6	32,2
2009	35	31,9	35,5	33,6
2010	38	35,5	36,2	34,4
2011	40	36,8	33,3	37,3
2012	40,5	37,7	25,5	37,5
2013	39	37,6	22,2	37
2014	37,2	35,4	17,7	34,4
2015	34,1	32,3	7,1	33,2
2016	34,5	32,1	8	33
2017	31,1	30	0,5	30
2018	29,9	30	0,9	28
2019	30,8	30,4	32,2	29
2020	31,6	30,5	34,4	31,6

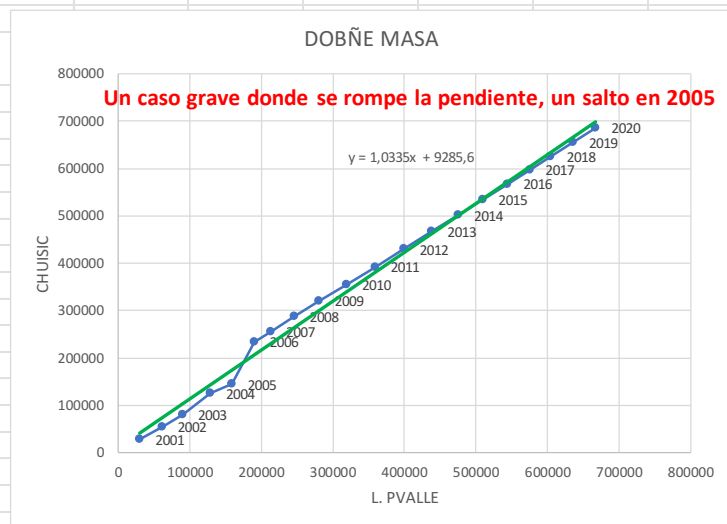
DOBLE MASA, ACUMULADO POR MIL		
AÑO	E. BASE	E. SATELITE A
	PP. L. PVALLE mm	XECUL mm
2001	30000	28500
2002	61000	57600
2003	89500	85600
2004	128500	113700
2005	159000	143300
2006	189700	172700
2007	212700	194800
2008	245700	225700
2009	280700	257600
2010	318700	293100
2011	358700	329900
2012	399200	367600
2013	438200	405200
2014	475400	440600
2015	509500	472900
2016	544000	505000
2017	575100	535000
2018	605000	565000
2019	635800	595400
2020	667400	625900



DOBLE MASA, ACUMULADO POR MIL		
AÑO	E. BASE	E. SATELITE B
	PP. L. PVALLE mm	FLORESTA mm
2001	30000	31100
2002	61000	62600
2003	89500	92300
2004	128500	134500
2005	159000	167200
2006	189700	200200
2007	212700	225500
2008	245700	261100
2009	280700	296600
2010	318700	332800
2011	358700	366100
2012	399200	391600
2013	438200	413800
2014	475400	431500
2015	509500	438600
2016	544000	446600
2017	575100	447100
2018	605000	448000
2019	635800	480200
2020	667400	514600

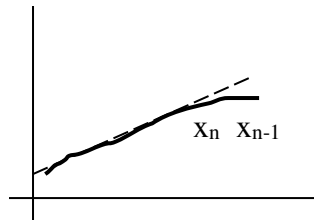


DOBLE MASA, ACUMULADO POR MIL		
AÑO	E. BASE	E. SATELITE C
	PP. L. PVALLE mm	CHUISUC mm
2001	30000	27100
2002	61000	54800
2003	89500	80600
2004	128500	125700
2005	159000	145100
2006	189700	234400
2007	212700	254900
2008	245700	287100
2009	280700	320700
2010	318700	355100
2011	358700	392400
2012	399200	429900
2013	438200	466900
2014	475400	501300
2015	509500	534500
2016	544000	567500
2017	575100	597500
2018	605000	625500
2019	635800	654500
2020	667400	686100



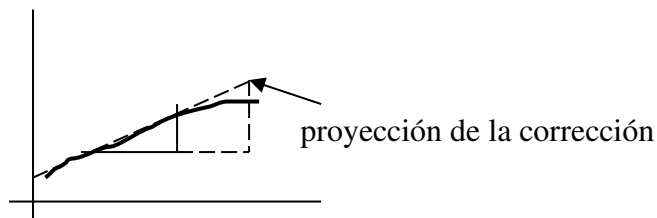
CORRECCIONES PARA DOBLE MASA

1. MÉTODO GRÁFICO

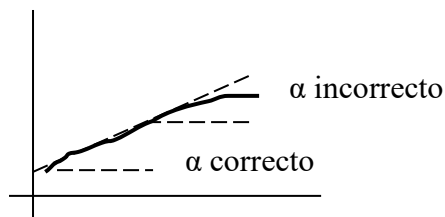


- MÍNIMOS CUADRADOS:** ecuación de la recta en base a datos correctos. Una correlación de pendiente promedio de esos datos correctos: $Y = aX + b$, que se ve en ejemplos numéricos anteriores

3. TRIÁNGULOS SEMEJANTES



4. MÉTODO DE PENDIENTES



$$Y_{correcta} = \frac{\tan \alpha_{correcto}}{\tan \alpha_{incorrecto}} (Y_{incorrecta} - Y_o) + Y_o$$

$$\tan \alpha_{correcta} = \frac{Y_{correcta} - Y_o}{X_c - X_o}$$

$$\tan \alpha_{incorrecta} = \frac{Y_{incorrecta} - Y_o}{X_c - X_o}$$

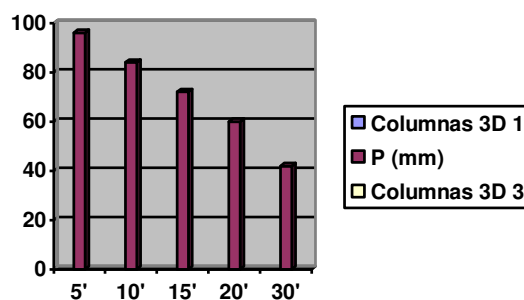
$$\frac{\tan \alpha_{correcta}}{\tan \alpha_{incorrecta}} = \frac{Y_c - Y_o}{Y_i - Y_o}$$

ANÁLISIS DE UNA SERIE DE AGUACEROS: en nuestro medio no dura una lluvia fuerte mas de 2 horas. Evacuación rápida y eficiente del agua precipitable. Para diseñar el sistema de evacuación, no llegar a sobredimensionar ó dimensionar en forma pequeña. Un balance dimensional a criterio técnicos y económicos. **Diseño no tanto en función de factor de seguridad (ignorancia) en base a la probabilidad de ocurrencia de un evento.**

Intensidad de la Lluvia: $I = h / \Delta t \rightarrow \text{mm} / \text{hora}, \text{pulg} / \text{hora}$. Se necesita de un PLUVIOGRAMA, la carta que genera el Pluviografo sobre el tambor de relojería. Tabulando por ejemplo a cada 5 minutos, un intervalo a trabajar a voluntad se puede tener:

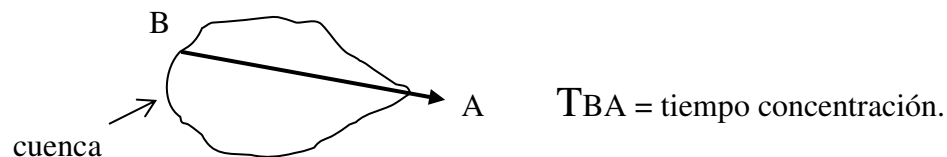
Tiempo (min)	P(mm) ³⁵	I (mm / Hora)
5	8	$60 \times 8 / 5 = \mathbf{96}$
10	14	$60 \times 14 / 10 = \mathbf{84}$
15	18	$60 \times 18 / 15 = \mathbf{72}$
20	20	$60 \times 20 / 20 = \mathbf{60}$
30	21	$60 \times 21 / 30 = \mathbf{42}$

Con lo anterior se construye un **HIETOGRAMA:**

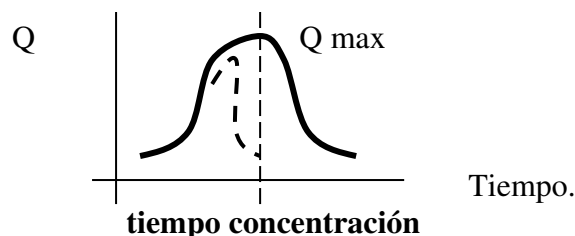


Entonces, para una cuenca se tiene el **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN**, o tiempo en que llega el Caudal Máximo; que se da en el instante en que una gota de agua que es captada del punto mas lejano de la cuenca llega al punto de salida o desfogue de esta misma cuenca. Ilustrando:

³⁵ Tomado del Pluviograma.



Si para una lluvia con caudal (Q) constante se pudiera construir una Curva Modal (o de Moda estadística) se tiene al caudal máximo ($Q_{\max}$) como el de mas incidencia o el mas probable posible. Ilustrando a continuación:



Si la lluvia tarda menos que el **tiempo de concentración**, no se llega al caudal máximo. En nuestro medio el tiempo de entrada va de 10 a los 14 minutos. Sin embargo chequear Nomograma³⁶ para tiempo de concentración.

Como un auxilio se necesitan valores promedios de Escorrentía³⁷ para Varias Áreas:

Descripción Área	C
Comercial	
Central	0.70-0.95
De Barrio	0.50-0.70
Residencia urbana	
Familiar urbana	0.30-0.50
Multifamiliar separada	0.40-0.60
Multifamiliar unida	0.60-0.75
Residencia No urbana	0.25-0.40
Áreas apartamentos	0.50-0.70
Industria	
Liviana	0.50-0.80
Pesada	0.60-0.90
Parques, cementerios	0.10-0.25
Lugares de juego	0.20-0.35
Patios ferrocarril	0.20-0.40
Áreas no mejoradas	0.10-0.30

³⁶ ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO. Ingeniería Ambiental. Terence J. McGhee. Sexta Edición. Mc Graw Hill. Pág. 277.

³⁷ *Íbid.*

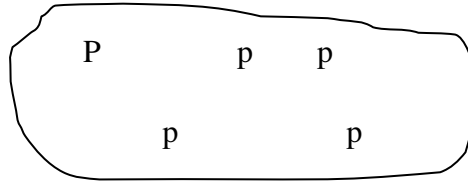
PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE UNA CUENCA

- **Media Aritmética**

Pluviómetros distribuidos uniformemente dentro de la cuenca

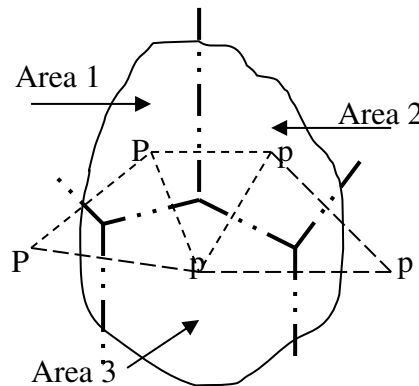
Los registros no varían considerablemente respecto a la media

$$P_m = \frac{\sum P_i}{n}$$



- **Polígonos de Thiessen** método muy rígido (a mano) Crítica literaria

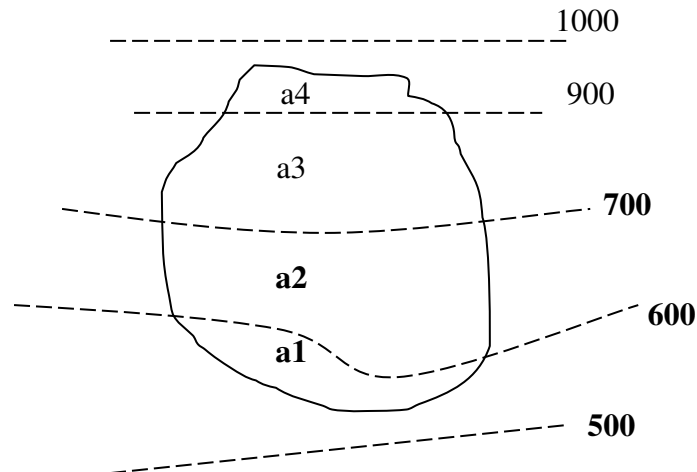
$p_m = \frac{1}{A} \sum A_i P_i$ un promedio Ponderado en función del área de influencia, polígono.



1. en el mapa de la cuenca localizar las estaciones.
2. unir las estaciones con líneas rectas.
3. en los puntos medios de las rectas trazar perpendiculares, las que al unirse forman un polígono para cada estación.
4. la precipitación media será igual a la sumatoria del producto de área de cada polígono, por su precipitación, dividido entre el área total de la cuenca (forma triángulos)

- **Isoyetas** Isolineas, para ello se necesita una red densa de pluviómetros

$$P_m = \frac{1}{A} \sum \frac{P_i + P_{i+1}}{2} A_i$$



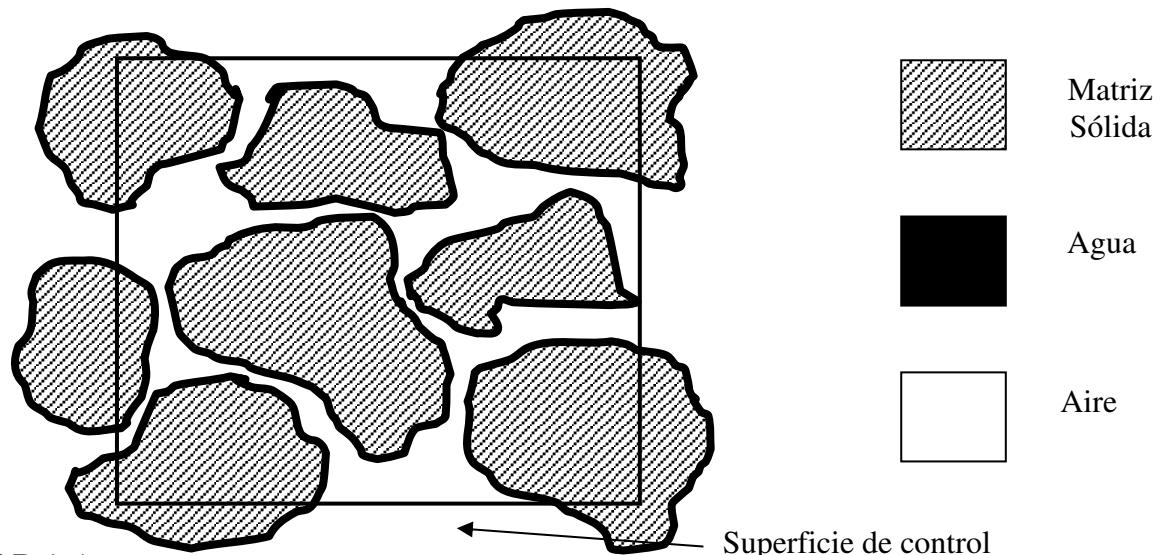
$$P = \frac{1}{A_{total}} \left(A1 \times \left(\frac{500 + 600}{2} \right) + A2 \times \left(\frac{600 + 700}{2} \right) + A3 \times \left(\frac{700 + 900}{2} \right) + A4 \times \left(\frac{900 + 1000}{2} \right) \right)$$

1. las estaciones y sus precipitaciones se localizan en el mapa de la cuenca.
2. luego se trazan isoyetas, que son líneas que unen puntos de igual precipitación.
3. la precipitación media de la zona se calcula como la sumatoria del producto del área entre isoyetas por la precipitación media entre isoyetas sucesivas, dividido entre el área total

ISOYETAS es análogo mas no igual a las Curvas de Nivel. No es que se interpole linealmente. La Isoyeta busca la misma precipitación que depende de la atmósfera antes que del terreno en sí.

Se puede auxiliar de un mapa topográfico que da el perfil del terreno.

AGUA EN EL SUELO



POROSIDAD (n)

$$N = \text{Vol. De poros} / \text{Vol. Total}$$

Contenido de Humedad del Suelo (0)

$$0 = \text{Vol. De agua} / \text{Vol. Total}$$

Se cumple: $0 \leq 0 \leq n$

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL AGUA EN EL SUELO.

PARÁMETROS DE HUMEDAD DEL SUELO.

HUMEDAD DEL SUELO: Corresponde al volumen de agua extraída luego de secar la muestra de suelo a 105°C.

AGUA HIGROSCOPICA: Ocupa estrechamente una delgada película alrededor de las partículas de suelo y no puede ser removida por fuerzas gravitatorias o capilares.

AGUA CAPILAR: Ocupa los espacios de los pequeños poros del suelo. El volumen de estos espacios determina la capacidad de almacenamiento y retención del suelo.

AGUA GRAVIFICA: Es el agua que temporalmente ocupa los poros más grandes, en los cuales las fuerzas gravíficas son mayores que las capilares. Esta agua no es retenida por el suelo, percolando hacia la zona saturada o escurre como flujo subsuperficial.

PUNTO DE MARCHITEZ: Es el grado de humedad del suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que las fuerzas de succión de las raíces son menor que la de retención del agua por el terreno y, en consecuencia, las plantas no pueden extraerla.

CAPACIDAD DE CAMPO: Es el grado de humedad del suelo luego que ha perdido su agua gravífica. Corresponde a la suma de agua higroscópica + agua capilar.

AGUA UTIL: Es el agua utilizable por la planta. Es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez

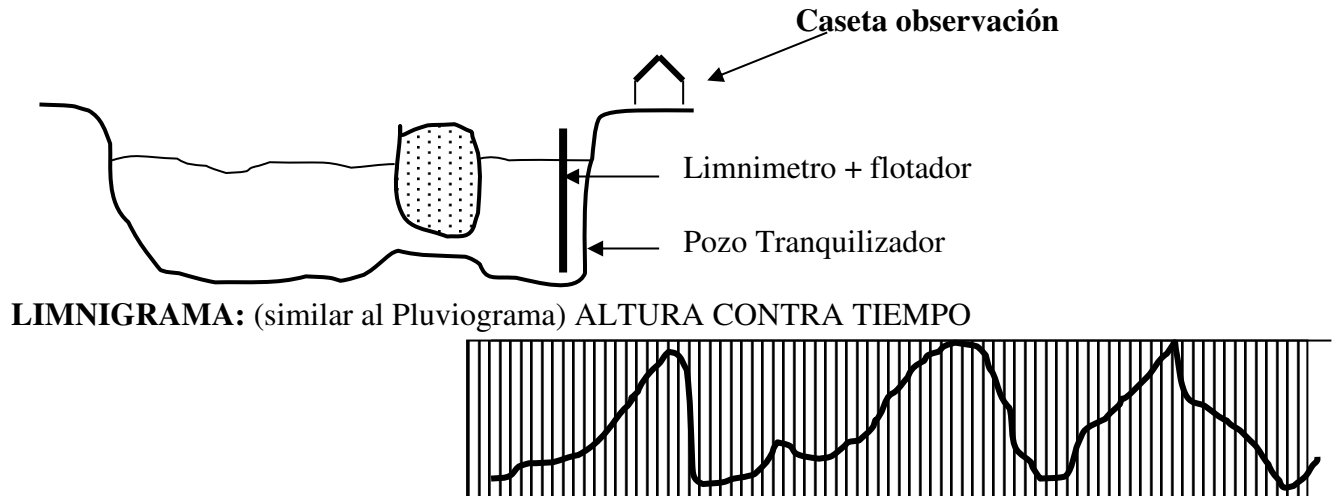
ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE AGUAS SUPERFICIALES.

$$P = Q + D$$

Ecuación que se representa en altura (mm, pulgadas) Si medición de altura correlaciona medición de caudales, se necesita de una curva de calibración Descarga: Altura Vrs. Caudal.

MEDICIÓN DE ALTURA DE RÍOS

Por Limnómetro ó limnógrafo, que dibuja limnigrama. Ilustrando un limnómetro, u poste de concreto o metal, como escala topográfica:



MEDICIÓN DE CAUDALES: MÉTODOS DE AFORO.

1. **volumétrico:** para caudales menores a 5 lts / seg
2. **Sección por velocidad**
3. **vertederos ú orificios**
4. **químico:** medición del desplazamiento de productos químicos.
5. **flotadores:** de manera superficial o lastrado a 0.6h de superficie.
6. **molinete**
7. **estrangulamiento de corriente:** canal de Parshall, tablas de diseño.
8. **directo:** un canal definido. Aplicación de fórmulas hidráulica.

Ecuación de Chezy: $V = C\sqrt{RI}$

Ecuación Manning: $V = \frac{1}{n}R^{2/3}I^{1/2} \Rightarrow Q = AV \therefore Q = \frac{1}{n}A \times R^{2/3}I^{1/2}$

AFOROS DE CANALES Y RÍOS³⁸

Introducción La disminución en las lluvias tanto espacial y temporal ha afectado la recarga hídrica y así la poca esorrentía superficial en los ríos. Aunado a eso, la deficiente administración y uso irracional del agua por parte de los usuarios son los principales problemas que en la actualidad afectan a las comunidades y sector productivo; este hecho se evidencia en el bajo caudal de los ríos y lagunas, así como la mala distribución y uso del recurso hídrico, asociado a que el país no cuenta con una legislación sobre el recurso hídrico, esto hace que exista una mayor conflictividad social. De ahí surge la necesidad de la medición de los caudales que permitan monitorear espacial y temporalmente los afluentes, en lugares estratégicos en los cuales se estime la cantidad de agua que circula en los distintos puntos de

³⁸ IMEPRE. (2001). Acotaciones para el cálculo de caudales hidrológicos. Guatemala. Manual de Medición de Caudales. Instituto Privado de Investigación de Cambio Climático. Guatemala 2017.

la cuenca y se construya una base de datos que ayude a tomar decisiones sobre el manejo integral del agua con los diferentes usuarios del agua.

Con una metodología de fácil aplicación, proporcionar a los interesados en la temática de la estimación de caudales una herramienta para la medición de la cantidad de agua en ríos y canales de distribución de agua superficial.

Conceptos básicos

Hidrometría La Hidrometría se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería en la unidad de tiempo.

Importancia La hidrometría permite conocer los datos de caudales y volúmenes en forma oportuna y veraz. La información hidrométrica también permite lograr una mayor eficiencia en la programación, ejecución y evaluación del manejo integral del agua. (Organización Meteorológica Mundial, 2011)

El uso de una información hidrométrica ordenada permite:

- a. Dotar de información para los pronósticos de la disponibilidad de agua, esta información es importante para elaborar el balance hídrico y planificar la distribución del agua de riego.
- b. Monitorear la ejecución de la distribución del agua.
- c. La información hidrométrica también permite determinar la eficiencia en el sistema de riego y de apoyo para la solución de conflictos.

Secciones de control de aforo Se refiere al punto donde se efectúa la medición del caudal, en una sección transversal de un río. (Organización Meteorológica Mundial, 2011). Esta sección, además, debe cumplir con ciertas características importantes como:

- a) accesibilidad, es decir, que debe existir un poblado cercano o carretera de fácil acceso.
- b) ubicación del tramo de aforo, el cual debe ser estable para que no suceda sedimentación o erosión de este
- c) rangos de velocidad del agua del río entre 0.1 a 2.5 m/s.
- d) sección homogénea a lo largo del tramo, tanto arriba como abajo del punto de aforo.
- e) ubicación donde el flujo de agua sea calmado con la menor influencia de turbulencia
- f) libre de malezas o cualquier otro obstáculo que pueda provocar imprecisiones en la medición, principalmente arriba del punto de medición.
- g) Tanto arriba como abajo del punto de aforo debe estar libre de la influencia de puentes, presas y cualquier otra construcción que altere la medición

Existen varios tipos de secciones de aforo:

- a. Sección de forma natural Tienen la característica que su área es variable, teniendo el problema que en ella se produce mucha sedimentación o erosión, lo que impide la toma de caudales exactos principalmente en época lluviosa.
- b. Sección con tabloncillos Este tipo de puntos de aforo, se caracteriza por poseer tabloncillos enterrados en las orillas del río, obteniéndose una figura o forma geométrica regular, donde

se puede calcular el área de la sección y donde no se tendrán muchos problemas de sedimentación o erosión como en el caso anterior.

c. Sección de concreto Esta sección de aforo es la más ideal, debido a que nos expresa un área permanente o invariable en el tiempo, pero tiene el inconveniente de su elevado costo y trabajos en el cauce del río, así como su mantenimiento.

Métodos de aforo Los métodos prácticos de aplicación más utilizados son: (Organización Meteorológica Mundial, 2011).

1. Método volumétrico
2. Medidor Parshall
3. Método de vertederos y orificios
4. Método de sección-velocidad, calculando la velocidad con:
 - Flotador
 - Molinete

Método Volumétrico

Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de forma precisa. Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene:

$$Q = V/T$$

Donde:

Q = es el caudal expresado en m³/s

V = volumen dado en m³, un volumen manejable para una sola persona

T = Tiempo en segundos

Por lo tanto, este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, en trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal aportado por determinado riachuelo.

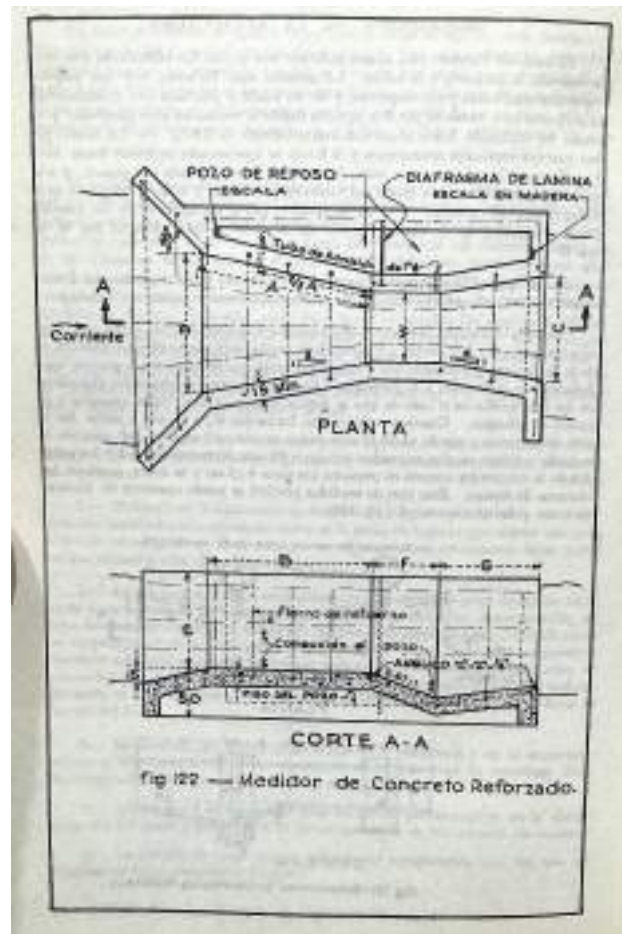
Ejemplo, una cubeta de 5 galones se llena en 20 segundos, ¿Cuál es el caudal en lt/seg?

Sean 5 galones = 5gl x 3.78lt/gl = 18.9lt. $Q = 18.9\text{lt} / 20 \text{ seg} = \mathbf{0.946 \text{ lt/seg}}$

Medidor Parshall³⁹

Método ideado por Ralph Parshall (1,920), el cual se utiliza en el aforo de canales y pequeños ríos, se recomienda para canales de riego de poca pendiente, en drenes, donde no es conveniente instalar estructuras como vertederos que alteren el régimen del escurrimiento.

³⁹ Trueba Cornel, Samuel. HIDRÁULICA. Norgis Editores, S. A. México D. F. Tercera Edición, Septiembre 1947



T A B L A X V I I

DIMENSIONES EN PIES Y CAPACIDADES EN PIES CUBICOS POR SEGUNDO, DE MEDIDORES PARSHALL.

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	X	Y	GASTO LIMITE PARA DESCARGA LIBRE	
												MAX.	MIN.
0.20	1.33	1.500	0.583	0.848	1.200	0.500	1.000	0.083	0.187	0.083	0.125	1.2	0.03
0.30	2.04	2.000	1.292	1.292	1.300	1.000	2.000	0.250	0.375	0.167	0.250	3.9	0.05
0.75	2.89	2.833	1.850	1.805	2.000	1.000	1.500	0.250	0.375	0.167	0.250	8.8	0.09
1.00	4.50	4.400	2.000	2.771	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	16.1	0.35
2.00	5.00	4.900	3.000	3.358	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	53.1	0.66
3.00	5.50	5.390	4.000	3.156	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	50.4	0.97
4.00	6.00	5.885	5.000	6.354	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	67.9	1.26
5.00	6.50	6.375	6.000	7.552	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	85.6	2.32
6.00	7.00	6.865	7.000	8.750	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	103.5	2.43
7.00	7.50	7.354	8.000	9.948	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	121.4	4.08
8.00	8.00	7.844	9.000	11.146	3.000	2.000	3.000	0.250	0.750	0.167	0.250	139.5	4.82
10.00	9.00	14.000	12.000	15.604	4.000	3.000	6.000	0.500	1.125	1.000	0.750	290	9.1
12.00	10.00	16.000	14.007	18.396	5.000	3.000	8.000	0.500	1.125	1.000	0.750	350	9.1
15.00	11.50	20.000	18.333	25.000	6.000	4.000	10.000	0.750	1.150	1.000	0.750	600	9.1
20.00	14.00	25.000	24.000	30.000	7.000	6.000	12.000	1.000	2.250	1.000	0.750	1000	10
25.00	16.50	25.000	29.333	35.000	7.000	6.000	18.000	1.000	2.250	1.000	0.750	1200	15
30.00	19.00	26.000	34.667	40.396	7.000	6.000	14.000	1.000	2.250	1.000	0.750	1000	15
40.00	24.00	27.000	45.333	50.792	7.000	6.000	16.000	1.000	2.250	1.000	0.750	2000	20
50.00	29.00	27.000	50.667	60.792	7.000	6.000	20.000	1.000	2.250	1.000	0.750	3000	25

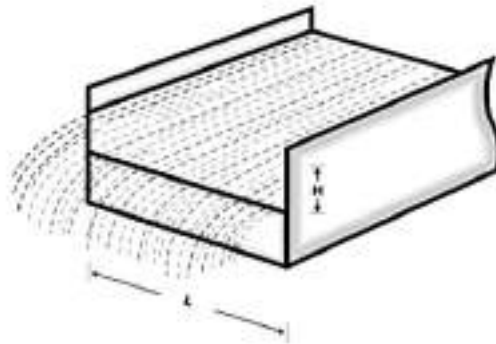
CONDUCTO AFORADOR PARSHALL. 25

Método de vertederos y orificios

Consiste esencialmente en interponer un tabique ante una corriente de manera que se dé una caída de agua que pase a través de una sección determinada. Conociendo las características del vertedero o del orificio que se engloban en el factor (determinado experimentalmente), la sección de la lámina de agua que pasa por ellos y la velocidad teórica de caída libre.

a. Vertedero rectangular sin contracciones

El vertedero rectangular es uno de los más sencillos para construir y por este motivo es uno de los más utilizados.



$$Q = 1.84 L \times H^{3/2}$$

Donde:

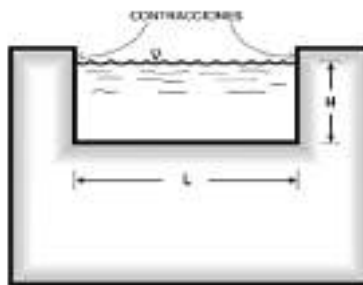
Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m^3/s

L = Ancho de la cresta, en m

H = Carga del vertedero, en m

Ejemplo: Sea $L = 1.20$ m y $H = 0.60$ m, sea $Q = 1.84 \times 1.20 \times 0.60^{3/2} = 1.026 m^3/s$

b. Vertedero rectangular con dos contracciones



$$Q = 1.84 (L - 0.2H) \times H^{3/2}$$

Donde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m^3/s

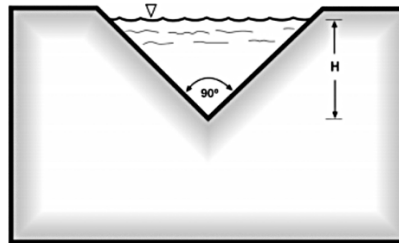
L = Ancho de la cresta, en m

H = Carga del vertedero, en m

Ejemplo: Sea $L = 1.20$ m y $H = 0.60$ m, sea $Q = 1.84 \times (1.20 - 0.2 \times 0.60) \times 0.60^{3/2} = 0.924 m^3/s$

c. Vertedero triangular

Los vertederos triangulares permiten obtener medidas más precisas de las alturas de carga (H) correspondientes a caudales reducidos. Por lo general son construidos de placas metálicas. En la práctica únicamente se utilizan los que tienen forma isósceles, siendo los más usuales los de 90°.



$$Q = 1.4 \times H^{5/2}$$

Donde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m³/s

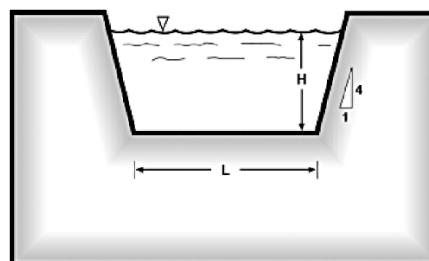
H = Carga del vertedero, en m

Ejemplo: Sea L = 1.20 m $Q = 1.4 \times 1.20^{5/2} = 2.21 \text{ m}^3/\text{s}$

d. Vertedero trapezoidal

Es un vertedero como su nombre lo indica con forma trapezoidal en su abertura, también conocido como vertedero Cipolletti. El talud será 1:4 (1 horizontal para 4 vertical).

Este vertedero es de construcción más difícil que los dos anteriores, razón por la cual es menos utilizado.



$$Q = 1.859 \times L \times H^{3/2}$$

Donde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m³/s

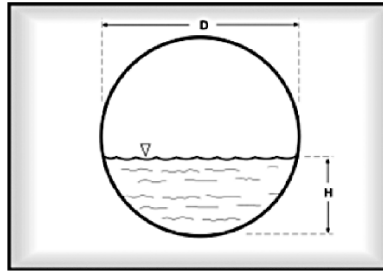
L = Ancho de la cresta, en m

H = Carga del vertedero, en m

Ejemplo: Sea L = 1.20 m y H = 0.60m, sea $Q = 1.859 \times 1.20 \times 0.60^{3/2} = 1.037 \text{ m}^3/\text{s}$

e. Vertedero circular

Su utilización es menos común que los anteriores, presentando como ventajas: la facilidad en su construcción, así como no requerir el nivelamiento de su cresta debido a su forma geométrica.



$$Q = 1.518 \times D^{0.693} \times H^{1.807}$$

Donde:

Q = Caudal que fluye por el vertedero, en m³/s

D= Diámetro del círculo, en m

H = Carga del vertedero, en m

Ejemplo: Sea D = 1.20 m y H = 0.60m, sea $Q = 1.518 \times 1.20^{0.693} \times 0.60^{1.807} = 0.684 \text{ m}^3/\text{s}$

Método de Sección-Velocidad

En este método se determinan separadamente la sección transversal del cauce y la velocidad del agua; la sección se determina por medio de sondeos o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad por cualquiera de los métodos con molinete, flotador o pendiente hidráulica.

De tal manera que el caudal del río estará dado por:

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal del agua, en m³/s

A = Área de la sección transversal, en m²

V = Velocidad media del agua, en m/s

La dificultad principal es determinar la velocidad media porque varía en los diferentes puntos de la sección hidráulica. Antes de estimar el área de la sección y la velocidad es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Determinación del área de la sección

El método para determinar el área de la sección depende de las condiciones del cauce del río o canales sin revestimiento. Para cauces variables donde el nivel de la corriente sufre cambios considerables mientras se hace el aforo, se recomienda medir sucesivamente las profundidades y las velocidades, conforme se avanza de un extremo a otro de la sección.

Se utiliza un estadal o tubo graduado con escalas en metros para determinar las profundidades de la sección transversal.

La determinación del área de la sección es la siguiente:

- Una vez determinada la zona donde se efectuará la medición se deberá colocar dos estacas, una en cada orilla y fijándose que la línea que las une sea perpendicular a la dirección del río para determinar el ancho de este.
- Dividir el ancho del cauce en tramos de acuerdo con el cuadro siguiente

Ancho del Cauce (m)		Espaciamiento (m)
De:	A:	
0	1	0.20
1	2	0.25
2	4	0.50
4	8	1.00
8	15	1.50
15	25	2.00
25	50	3.00
50	75	4.00
75	125	5.00

c) Obtener la profundidad al principio y al final de cada tramo como se muestra en la figura siguiente y obtener la profundidad media y ancho de cada sección para generar el área por cada tramo medido de la sección transversal.

$$A1 = \frac{a + b}{2} \times L + A2 = \frac{a + b}{2} \times L \dots \dots \dots A10 = \frac{a + b}{2} \times L$$

Donde:

A1: Es el área de la sección, en m²

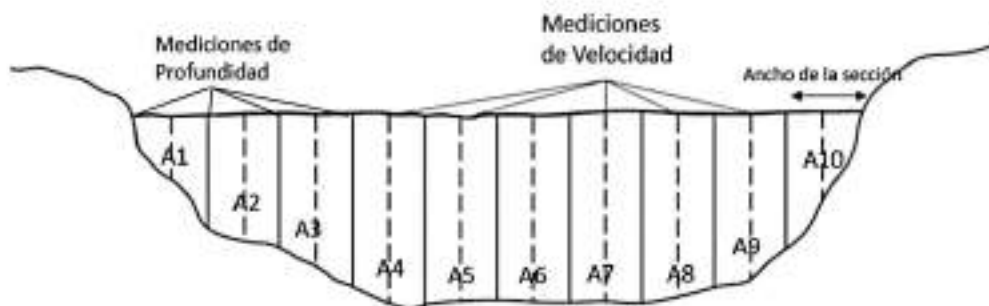
a: profundidad inicial del tramo, en m

b: profundidad final del tramo, en m

L: Ancho de la sección, en m

$$Area\ total = \sum A1 + A3 \dots A9 + A10$$

SECCIONES PARCIALES DE UN CAUCE

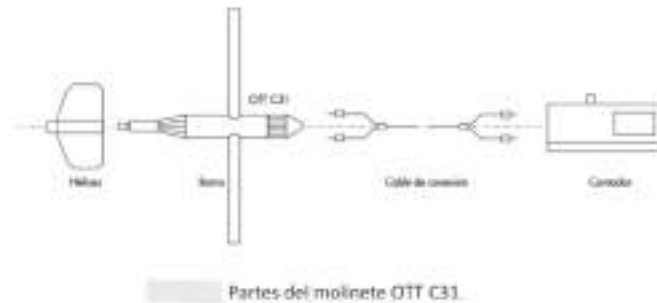


Mediciones de profundidad para cada sección del cauce.

Determinación de la velocidad por medio del molinete

Esta se efectuará por medio de flotadores o molinetes; el ICC por ser un ente investigativo determina las velocidades a través de molinetes marca OTT C-31.

Estos aparatos son provistos de una hélice o una rueda de copas, la cual gira al chocar el agua de la corriente sobre ella; también son llamados correntómetros. El movimiento de rotación de la hélice es más rápido cuanto mayor sea la velocidad de la corriente de agua. El molinete está compuesto básicamente como lo muestra la figura 9; por su hélice, OTT-C31, barra, cables de conexión y contador



La velocidad se determina mediante el número de vueltas que la hélice ejerza sumergida por cierto tiempo (30 a 50 segundos), este lo registra en el contador y automáticamente expresa la velocidad en metros/segundo.

Los métodos para obtener la velocidad media en cada área parcial, empleando el molinete, se diferencian esencialmente por la profundidad a la cual se hacen las mediciones de la velocidad en la vertical. Los más empleados son:

a) Método de los 6/10

Es el método más empleado y práctico por lo que se adoptó por parte de ICC para el cálculo de velocidad.

Dicho método consiste en colocar el molinete a un 60 % de la profundidad del punto sondeado (0.6 H), contando a partir de la superficie del agua hacia abajo.

Este método se basa en que, a esta profundidad, la velocidad del agua es casi igual a la velocidad media en la vertical del punto en que se está haciendo la observación.

b) Método de los 2/10 y 8/10

Se emplea cuando se requiere una mayor aproximación, es el llamado método de los dos puntos, es este se efectúan dos medidas de la velocidad uno a 20 % (0.2 H) de la profundidad y otro a 80 % (0.8 H), contados a partir de la superficie del agua.

El promedio de las dos velocidades será la velocidad en el área parcial.

c) Método de varios puntos

Se emplea cuando se requiere gran precisión del caudal y la profundidad de corriente es mayor a 3 m, y las condiciones de la corriente lo permitan.

Generalmente se hace una medición superficial y una cerca del fondo, intercalando mediciones adicionales entre estas dos a intervalos comprendidos entre 20 y 80 % (0.2H, 0.6H, 0.8H) de la profundidad. El promedio de las velocidades será la velocidad buscada.

d) Método de la superficie

Quando la velocidad del agua es mayor a 2.5 m/s, es preferible prescindir de las observaciones profundas, debido a la dificultad de mantener el molinete en posición vertical, como por el peligro de que sufra desperfectos al ser golpeado por los objetos que transporta la corriente. En este caso se recomienda mediciones a 0.15 m de la profundidad, la velocidad media se obtiene a partir de la velocidad superficial.

$$V_m = 0.90 \times V_s$$

Donde:

V_m : velocidad media, en m/s

Vs: Velocidad superficial a 0.15 m de la profundidad, en m/s.

Ejemplo de Aforo por el método de sección-velocidad, calculando con molinete OTT C31.

El aforo se realizó en las cercanías de Cocales, Suchitepéquez del río Madre Vieja, el lunes 3 de marzo de 2017 a las 8:00 am y se terminó a las 8:45. El ancho del río es de 32 metros, por lo que le correspondería realizar las mediciones a cada 3 metros, se utilizara el método de un punto ($0.6H$) para la determinación de la velocidad.

[illegible]

El río Madre Vieja a esa hora específica posee un **caudal de 10.93 m³/s**

EVAPORACIÓN – EVAPOTRANSPIRACIÓN

Evaporación (E): Es el resultado del proceso físico, por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando, directamente a la atmósfera en estado de vapor.

FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN LA EVAPORACIÓN

a) Superficies de agua libre

- Energía
- Transporte

b) Suelos

- Transpiración
- Suministro de humedad (tipo de suelo, capilaridad, nivel freático)

Transpiración (T): Es el resultado del proceso físico – biológico, por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, a través del metabolismo de las planta.

Evapotranspiración (ET)

$$ET = E + T$$

Evapotranspiración potencial (ETP): Es la evaporación – transpiración que puede ocurrir desde una superficie bien cubierta por vegetación cuando el suministro de humedad es ilimitado.

$$ETP \geq ETR \text{ (Evaporación real)}$$

METODO DEL BALANCE DE ENERGIA

- Ecuaciones de continuidad y energía

Superficie de control $\longrightarrow$ Tanque de evaporación

Radicación:

Radicación es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas.

$$\alpha = \text{albedo (fracción reflejada)} \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

aguas profundas = 0.06

nieve fresca = 0.90

La radiación también es emitida en forma continua por todos los cuerpos a tasas que dependen de su temperatura superficial. Luego,

$$R_n = R_i (1 - \alpha) - R_e$$

Emisión:

Ley de Stefan – Boltzmann

$$R = e \sigma T^4$$

e : Emisividad de la superficie (Cuerpo negro 1, agua: 0.97)
 σ : Constante de Stefan – Boltzmann = $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
 T : Temperatura Absoluta del cuerpo en grados Kelvin

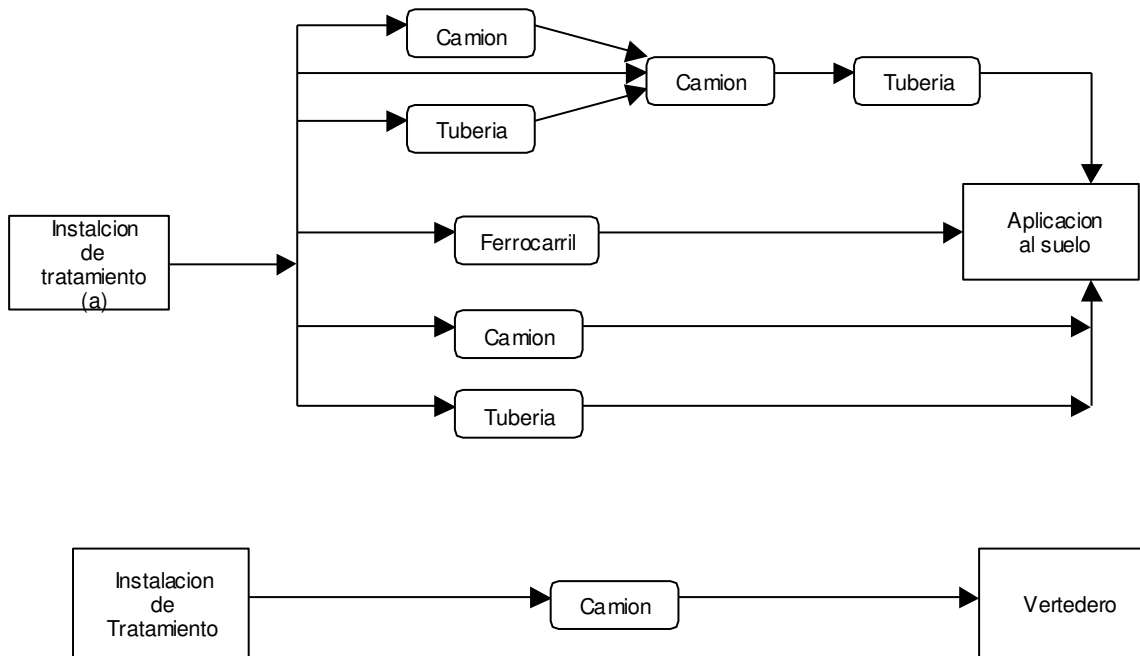
TRANSFERENCIA DE SÓLIDOS

Métodos de transporte⁴⁰

El transporte del fango a largas distancias se puede realizar: (1) en tubería; (2) con camiones; (3) en barcas; (4) por ferrocarril, y (5) cualquier combinación de éstos (véase la figura siguiente). Para minimizar el peligro de derrames, olores, y diseminación en el aire de patógenos, el fango líquido se transporta en contenedores cerrados tales como camiones cisterna, vagones, o barcas cubiertas.

Los fangos estabilizados y deshidratados se pueden transportar en contenedores abiertos, como camiones o vagonetas. Si el fango se transporta a largas distancias, los contenedores debes ser cerrados.

El método de transporte seleccionado y sus costes dependen de una serie de factores, que incluyen; (1) la naturaleza, consistencia, y cantidad de fango a transportar; (2) la distancia entre origen y destino; (3) las disponibilidad y cercanía de los medios de transporte desde los puntos de origen y destino; (4) el grado de flexibilidad que hay que exigir del método de transporte seleccionado, y (5) la vida útil estimada de la instalación de evacuación final.



⁴⁰ INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. Tomo 2. Tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy. McGraw- Hill. México 1996. Pág. 1038.

Sistemas de transportes para fangos tratados: (a) transporte para la aplicación al suelo o a tratamiento posterior, y (b) transporte a vertedero.

Caudales medios de agua residual de origen residencial⁴¹

Origen	Unidad	Caudal, l/unidad.d	
		Intervalo	Valor típico
Apartamentos	Persona	200-340	260
Hotel, individuales	Residente	150-220	190
Viviendas individuales:			
Casa Media	Persona	190-350	280
Casa de la clase alta	Persona	250-400	310
Casa de lujo	Persona	300-550	380
Casa semimoderna	Persona	100-250	200
Chalet de verano	Persona	100-240	190
Camping de caravanas	Persona	120-200	150

Caudales medios de agua residual originados en actividades comerciales

Actividad	Unidad	Caudal, l/unidad.d	
		Intervalo	Valor típico
Aeropuerto	Pasajero	8-15	10
Estación de Servicio	Vehículo servido	30-50	40
Bar	Empleado	35-60	50
	Cliente	5-20	8
	Empleado	40-60	50
Hotel	Huésped	150-220	190
	Empleado	30-50	40
Edificios industriales			
(excluyendo industrial y cafetería)	Empleado	30-65	55
Lavandería	Máquina	1.800-2.600	2.200
	Lavado	180-200	190
Motel	Persona	90-150	120
Motel con cocina	Persona	190-220	200
Oficina	Empleado	30-65	55
Restaurante	Comida	8-15	10
Pensión	Residente	90-190	150
Grandes almacenes	Lavabo	1.600-2.400	2.000
	Empleado	30-50	40
Centro Comercial	Plaza aparc.	2-8	4
	Empleado	30-50	40
	Empleado	30-50	40

⁴¹ INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. Tomo 3. Redes de alcantarillado y bombeo. Metcalf & Eddy. McGraw- Hill. México 1996. Pág. 67 - 70.

Caudales medios de agua residual de origen institucional

Institución	Unidad	Caudal, l/unidad.d	
		Intervalo	Valor típico
Hospital	Cama	500-950	650
	Empleado	20-60	40
Hospital Psiquiátrico	Cama	300-550	400
	Empleado	20-60	40
Cárcel	Presidiario	300-600	450
	Empleado	20-60	40
Casa de reposo	Residente	200-450	350
	Empleado	20-60	40
Colegio por día con cafetería, gimnasio y duchas con cafetería, pero sin gimnasio ni duchas Sin cafetería, gimnasio ni duchas	Estudiante	60-115	80
	Estudiante	40-80	60
	Estudiante	20-65	40
Internado	Estudiante	220-400	280

Caudales de agua residual per cápita originados en aparatos convencionales domésticos

Aparato	Caudal de agua residual	
	l/hab.d	Porcentaje
Grifo de la bañera	30,3	12
Lavadora	34,1	14
Grifo de fregadora	26,5	11
Grifo de aseo	11,4	5
Ducha	45,4	19
Lavabo	94,6	39
Total	242,3	100

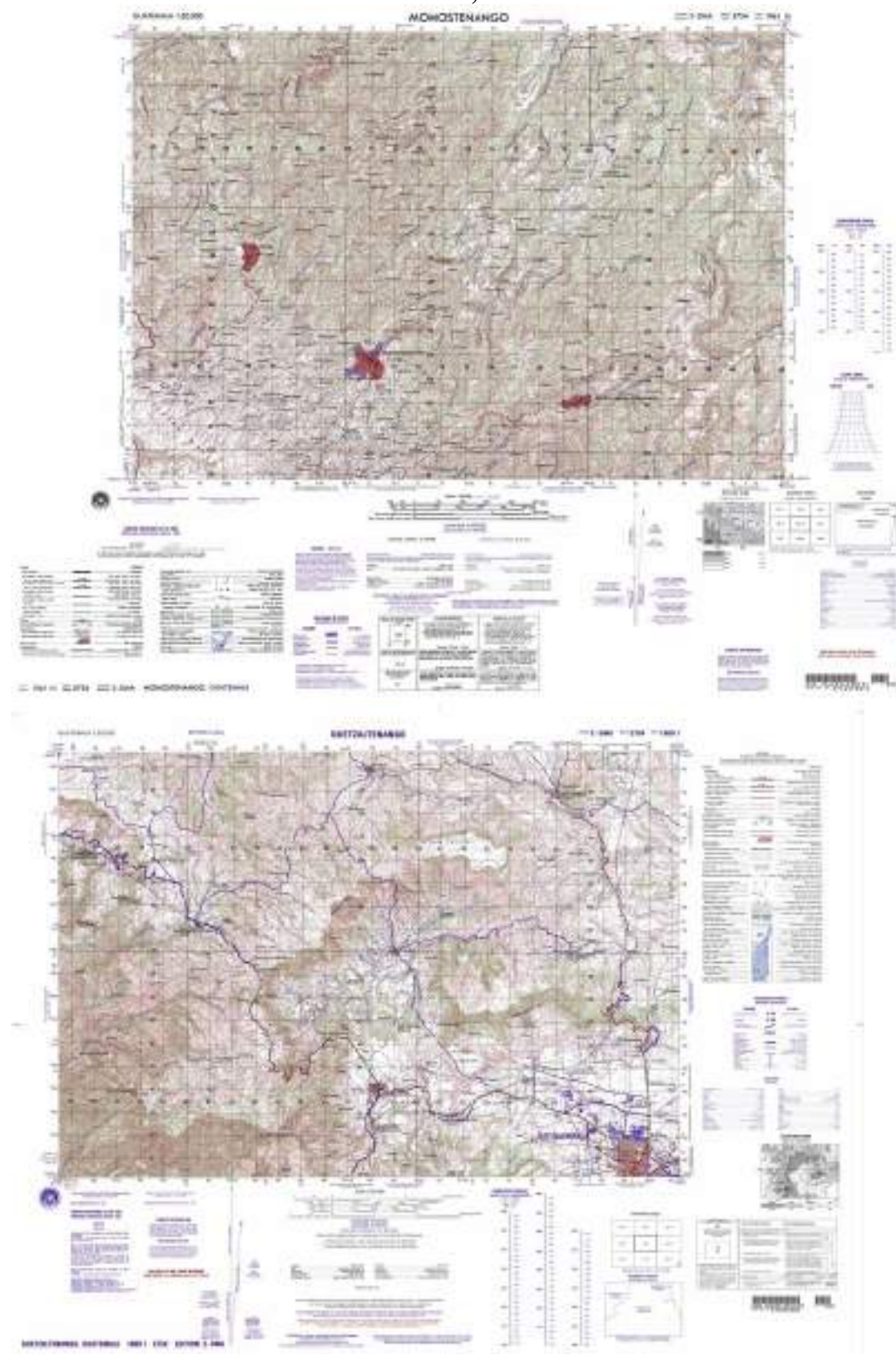
Caudales medios de agua residual originaria en actividades recreativas

Origen	Unidad	Caudal, l/unidad.d	
		Intervalo	Valor típico
Apartemanto de temporada	Persona	200-280	220
Refugio de temporada	Persona	130-190	160
Cafetería	Cliente	4-10	6
	Empleado	30-50	40
Camping	Persona	80-150	120
Bar	Asiento	50-100	75
Cafetería	Cliente	15-30	20
	Empleado	30-50	40
Club de campo	Socioa Actual	250-500	400
	Empleado	40-60	50
Campamento de Día (sin comidas)	Persona	40-60	50
Comedor	Comida servida	15-40	30
Dormitorio, barracón	Persona	75-175	150
Hotel de temporada	Persona	150-240	200
Lavendaría	Máquina	1.800-2.600	2.200
Almacén de temporada	Cliente	5-20	10
	Empleado	30-50	40
Piscina	Cliente	20-50	40
	Empleado	30-50	40
Teatro	Asiento	10-15	10
Centro de visita	Visitante	15-30	20

Nota final:

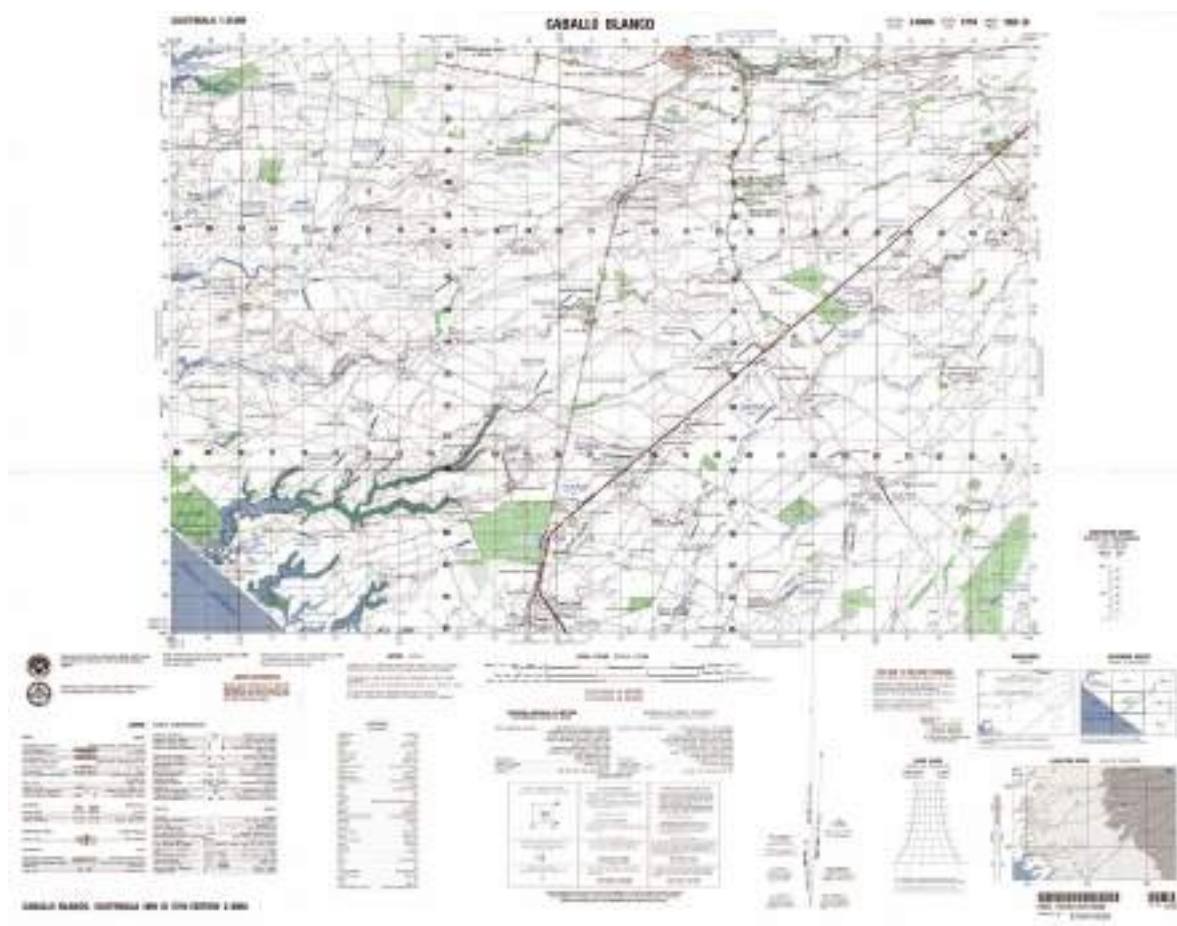
para una dotación de agua, los factores de las tablas anteriores dividirlos entre 0.75.
no olvidar que es la normativa norteamericana, un poco sobrada al medio guatemalteco.

ALGUNOS MAPAS DE GUATEMALA, PARA NUESTRA REGIÓN









Instituto Geográfico Nacional de Guatemala

BIBLIOGRAFÍA

1. Últimos boletines de la Asociación Mundial de Meteorología WMO (World Meteorological Organization)
2. Mapas Temáticos sobre Guatemala. Ministerio de Agricultura y Ganadería MAGA.
3. Guía para el uso del rotafolio “Gestióp para la reducción del riesgo a desastres “– GRRD-” Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED. Guatemala, Julio 2015.
4. Las grandes sequías mayas. Agua, vida y muerte. Richardson B. Gill. Fondo de cultura Económico. México, Primera edición en español 2008.
5. Modelo de pronóstico de precipitación para la Hoya 69 de Nicaragua. Victor Rogelio Tirado Picado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN. Managua, Nicaragua 2013.
6. Introducción a la hidráulica e hidrología, con aplicaciones para la administración del agua pluvial. John E. Gribbin. Cengage Learning, S. A. De C. V. México 2016.
7. ELEMENTOS DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA. Por Daniel Schenzer y Luis Silveira. Primer Curso de Hidrología Subterránea. UDELAR, UNESCO y OEA. Montevideo Uruguay, Septiembre - Diciembre 2000.
8. MÉTODOS DE PERSPECCIÓN Y GEOFÍSICA. Por Jorge de los Santos. Primer Curso de Hidrología Subterránea. UDELAR, UNESCO y OEA. Montevideo Uruguay, Septiembre - Diciembre 2000.
9. HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS. Linsley, Kohler & Paulus. Mc-Graw Hill. Segunda Edición.
10. QUÍMICA ENFOQUE ECOLÓGICO. T. R. Dickson. Limusa Noriega Editores.
11. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO. Ingeniería Ambiental. Terence J. McGhee. McGraw- Hill. Sexta Edición.
12. FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE. Francisco Javier Aparicio Mijares. LIMUSA, NORIEGA EDITORES. México 2001.
13. AGUA SUBTERRÁNEA. Micael Price. LIMUSA, NORIEGA EDITORES. México 2003.
14. HIDRÁULICA AGRÍCOLA. Ricardo Behr. Colección Agrícola Salvat. España 1954.
15. ECOLOGÍA. Estudio de la Distribución y la Abundancia. Segunda Edición. Charles J. Krebs. 1985 por Harla S.A. de C.V. México.
16. HIDRÁULICA DE CANALES. Eduard Naudascher. LIMUSA, NORIEGA EDITORES. México 2007.
17. HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS. Ven Te Chow. Mc-Graw Hill, 2003, Colombia.

Contenido

Llega al suelo corre en ríos 14

DERIVANDO ECUACIÓN 14

Como ecuación: $P + R = Q + D + R + \Delta R$ (se estudiará cada letra en el curso)..... 14

Las aguas de la hidrosfera se transmiten de manera continua de los mares a las regiones de la tierra y de nuevo a los mares, dentro de un proceso cíclico llamado Ciclo del Agua. Puesto que en realidad se genera muy poca agua por la actividad volcánica, el mismo líquido ha estado pasando a través del ciclo durante muchos siglos. La misma molécula de agua que se encuentra en una gota de saliva de la boca de alguno de ustedes pudo haber pasado un tiempo en los mares primitivos o en las capas de hielo. Puede haber sido transportada en la atmósfera como vapor y haberse depositado en el río Nilo durante el reinado de un gran faraón. La misma molécula puede haber sido arrastrada a la deriva en el mar Mediterráneo y mediante evaporación y condensación haber entrado en un acueducto romano para luego ser consumida por un emperador, convirtiéndose en parte del agua de su cuerpo. Es posible que haya salido durante la descomposición de su cuerpo e ir a parar durante siglos dentro de los ciclos locales de agua de la Europa medieval. En 1492 es muy probable que dicha molécula haya viajado con Colón para ser descargada en forma de orina en el Nuevo Mundo. Pudo haber formado parte del abastecimiento subterráneo de agua de las colonias americanas y haber sido transportada a la parte occidental de Guatemala por algún encomendero. De esta cuenta la molécula está presente en la clase de la noche de hoy. 14

CANTIDADES DE AGUA EN EL MUNDO 16

BALANCE ANUAL DE AGUA GLOBAL..... 16



AGUA EN EL MEDIO AMBIENTE: 17

Depende del gradiente de temperatura en la atmósfera..... 21

METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA:.....23

METEOROLOGÍA	23
ESTACIONES METEORÓLOGICAS	31
ENTRE LA REALIDAD, EL MITO LA RELIGIÓN Y LA CIENCIA	45
esta la intención de estudios en China de correlacionar el comportamiento animal con terremotos	45
ROSA DE LOS VIENTOS.....	45
entonces retomando el tema de humedad, se tiene lo siguiente:	46
IDEAS DE SUELO Y AGUA EN GUATEMALA	48
CONCEPTO DE CUENCA SUPERFICIAL	49
PARTEAGUAS O DIVISORA DE AGUAS.....	49
UNIDADES: 1mm = 1 litro/ <u>m</u> ²	67
Sin embargo para, casos no tan graves se puede corregir la pendiente de la curva por procedimiento: Gráfico, Mínimos Cuadrados, Triángulos Semejantes, etc.	81
1. MÉTODO GRÁFICO	83
.....	87
700	87
a2	87
600	87
a1	87
500	87
AGUA EN EL SUELO.....	87
DISTRIBUCIÓN VERTICAL DEL AGUA EN EL SUELO.	88
FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN LA EVAPORACIÓN.....	99
Evapotranspiración potencial (ETP): Es la evaporación – transpiración que puede ocurrir desde una superficie bien cubierta por vegetación cuando el suministro de humedad es ilimitado.	99
TRANSFERENCIA DE SÓLIDOS	100
Métodos de transporte.....	100