

**MODELAMIENTO DEL CONTROL TOPOGRÁFICO EJERCIDO POR EL VALLE
DE ATRIZ SOBRE LOS FLUJOS DE LODO PROVENIENTES DE LA
QUEBRADA MIJITAYO.**

**CATALINA NARVÁEZ CAICEDO
NATALIA MARCELA ROSERO PALACIOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2005**

**MODELAMIENTO DEL CONTROL TOPOGRÁFICO EJERCIDO POR EL VALLE
DE ATRIZ SOBRE LOS FLUJOS DE LODO PROVENIENTES DE LA
QUEBRADA MIJITAYO.**

**CATALINA NARVÁEZ CAICEDO
NATALIA MARCELA ROSERO PALACIOS**

TESIS

Director.

Ingeniero Civil, Master, Gustavo Córdoba Guerrero

Codirector

Ingeniero Civil, Especialista, Roberto Torres Corredor

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIARÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2005**

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a:

Gustavo Córdoba Guerrero, Ingeniero Civil, Master, profesor Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería.

Roberto Torres, Ingeniero Civil, Especialista, Técnico Científico Ingeominas Pasto.

Comité Curricular Departamento de Diseño y Construcción, Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño.

Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), sede Pasto.

Alcaldía Municipal de Pasto, Secretaria de Planeación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	25
1.1 MICRO CUENCA MIJITAYO	25
1.1.1 Ubicación	25
1.1.2 Características fisiográficas	26
1.1.3 Suelos	27
1.2 REGISTRO GEOLÓGICO	29
1.2.1 Caracterización general del volcán Galeras.	30
2. MARCO CONCEPTUAL	32
2.1 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	32
2.2 FLUJOS DE LODO	34
2.2.1 Mecanismos y eventos generadores de flujos de lodos	36
2.2.1.1 Lluvia critica	37
2.2.1.2 Sismos	37
2.2.1.3 Volcanes.	38
2.2.2 Formación y disposición de los flujos de lodo	38
2.2.2.1 Tramo inicial de formación de flujos de lodo	39
2.2.2.2 Tramo de transporte de lodos y de incremento de volúmenes de sólidos	39

2.2.2.3	Tramo de transporte y depósito de material sólido	40
2.2.2.4	Tramo final de depósito de sólidos.	40
2.3.	FUNDAMENTOS HIDRÁULICOS	40
2.3.1.	Tipos de flujo	41
2.3.1.1	Criterio del tiempo	41
2.3.1.2	Criterio del espacio	42
2.3.1.3	Criterio de viscosidad	42
2.3.1.4	Criterio de la gravedad	43
2.3.2	Tipos de canales	46
2.3.3	Características geométricas de la sección transversal de un canal	46
2.3.4	Difusión	47
3	EL MODELO	49
3.1.	CONDICIONES INICIALES	49
3.2	ANÁLISIS DE DATOS TOPOGRÁFICOS	54
3.3	MODELO MATEMÁTICO	54
3.3.1.	Principio de energía	54
3.3.2.	Principio de momento	56
3.4	COEFICIENTES DE RUGOSIDAD	57
3.4.1	Ecuación de Manning	57
3.4.1.1	Factores que afectan el coeficiente de Manning	58
3.4.2.	Ecuación de Chezy	60
3.5	VISCOSIDAD	61
3.5.1.	Cambio de concentración	62

3.6	CONCENTRACIÓN	63
3.7	ALGORITMOS	64
3.7.1	Primer tramo	65
3.7.2	Segundo tramo	69
4.	RESULTADOS	71
4.1	GENERALES	71
4.1.1	Características del cauce	71
4.1.2	Concentración de la mezcla	73
4.1.3	Coefficientes de rugosidad	74
4.1.4	Pendientes	77
4.2	ÁREAS DE AFECTACIÓN	78
5.	CONCLUSIONES	81
6.	RECOMENDACIONES	84
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	ANEXOS	89

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de amenaza volcánica del Galeras, sector San Juan de Pasto.	23
Figura 2. Depósito consolidado de flujos de lodo.	24
Figura 3. Foto, ubicación ciudad de Pasto, quebrada Mijitayo, volcán Galeras.	25
Figura 4. Fotografía cuenca Mijitayo.	26
Figura 5. Suelos microcuenca Mijitayo.	28
Figura 6. Flujo de lodo.	34
Figura 7. Generación y depósito de flujos de lodo.	39
Figura 8. Tipos de canales.	41
Figura 9. Tipos de flujos según el criterio del tiempo.	41
Figura 10. Comportamiento de la corriente del flujo.	44
Figura 11. Elementos geométricos de la sección de un canal.	47
Figura 12. Perfil Longitudinal de un flujo de lodo diluido	50
Figura 13. Diferentes pendientes del canal.	51
Figura 14. Líneas de energía y su comportamiento sobre el perfil del terreno.	52
Figura 15. Forma asumida del depósito de material.	53
Figura 16. Forma de un corte transversal tipo.	55
Figura 17. Principio de pérdida de energía.	55
Figura 18. Corte transversal en la sección dos.	66
Figura 19. Perfil del canal de la Quebrada Mijitayo.	72

Figura 20. Relación ancho – longitud.	73
Figura 21. Relación área – radio hidráulico.	74
Figura 22. Relación de densidad para los respectivos escenarios.	74
Figura 23. Relaciones directas para el coeficiente de difusión.	75
Figura 24. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning.	75
Figura 25. Valores del coeficiente de resistencia de Chezy y S_0 .	76
Figura 26. Relaciones de velocidad – longitud.	76
Figura 27. Relaciones de profundidad del flujo – longitud.	77
Figura 28. Perfiles.	78
Figura 29. Perfiles de los últimos 100 metros.	79
Figura 30. Mapa del área de afectación por un posible flujo de lodos para un volumen de 2137.33 m^3 .	80
Figura 31. Mapa del área de afectación por un posible flujo de lodos para un volumen de 157187.92 m^3 .	81

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Cortes transversales.	88
Anexo B. Coeficientes de rugosidad de Manning para cauces naturales (Ven Te Chow, 1968).	118
Anexo C. Pendientes de desarrollo de flujo.	119
Anexo D. Comparación entre el ancho de influencia fijo presentado por Ingeominas y el área de afectación proyectada en este trabajo.	121
Anexo E. Resultados para el Primer escenario.	123
Anexo F. Resultados para el Segundo escenario.	127

LISTA DE SÍMBOLOS Y NOMENCLATURA

A	Área de la sección transversal.
C	Coefficiente de resistencia de la ecuación de Chezy
n	Coefficiente de la ecuación de Manning
n_s	Fracción de masa
D	Profundidad hidráulica
D_0	Coefficiente de difusión
E	Energía específica por unidad de peso
F	Número de Froude
g	Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg.)
hf	Pérdidas de energía por fricción
L	Longitud característica
P_m	Perímetro mojado de la sección
Q	Caudal
R_e	Número de Reynolds
K_s	Rugosidad del tramo a evaluar
R_h	Radio hidráulico
S_f	Pendiente de la línea de energía (o de fricción)
S_o	Pendiente longitudinal del canal
S_w	Pendiente de la superficie libre
T	Ancho superior de la sección
V	Vector velocidad, velocidad media del flujo en una sección transversal
v	Volumen
u^*	Velocidad de fricción
h	Profundidad del flujo
θ_s	Fracción volumétrica de sólidos
γ	Peso específico del fluido
ρ	Densidad del fluido o la mezcla
ρ_s	Densidad de sólidos
ρ_w	Densidad del agua
Σ	Sumatoria de...
ξ	Parámetro adimensional (m/b)
τ	Esfuerzo cortante entre las capas adyacentes del fluido
ν	Viscosidad cinemática del fluido
μ	Viscosidad dinámica del fluido
Δx	Incremento de longitud

GLOSARIO

AMENAZA: cuantificación de las acciones o fenómenos físicos naturales que pueden producir efectos adversos al hombre y sus actividades.

Parámetro que cuantifica la ocurrencia de futuros eventos expresados en términos de probabilidad de excedencia.

ÁREA MOJADA: en canales abiertos el termino “área mojada” se refiere al área superficial en contacto con el líquido que fluye.

BERNOULLI: Daniel Bernoulli (1700 – 1782), matemático, físico y botánico suizo que desarrollo la ecuación de Bernoulli en su *Hydrodynamica, de Viribus et Motibus Fluidorum* (primer borrador en 1733, primera publicación en 1738, Estrasburgo).

BOMBA VOLCÁNICA: fragmentos de lava que adquieren formas redondeadas al girar en el aire, todavía plásticos.

BRECHA: zona de falla o segmento de borde entre placas litosféricas, de conocida sismicidad histórica e instrumental en los cuales se ha acumulado progresivamente grandes cantidades de energía elástica de deformación y que por lo tanto presentan una mayor probabilidad de ruptura.

CAPA LIMITE: región de flujo cerca de una frontera sólida donde el campo de flujo es afectado por la presencia de la frontera y donde la fricción juega un papel esencial. El flujo en una capa limite se caracteriza por un rango de velocidades a través de la región de capa limite desde cero en la frontera hasta la velocidad de corriente libre en el borde exterior de la capa limite.

CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS: habilidad de una corriente para transportar un volumen dado de material sedimentario por unidad de tiempo para unas condiciones de flujo dadas. Es el potencial de transporte de sedimento de un río.

CASCAJO: fragmento de roca y de otros materiales que se quiebran.

CAVITACIÓN: formación de burbujas de vapor y paquetes de vapor dentro de un líquido homogéneo causado por esfuerzo excesivo (Franc et al. 1995). La cavitación puede ocurrir en zonas de baja presión donde el líquido ha sido acelerado. La cavitación modifica las características hidráulicas de un sistema y esta caracterizada por erosión dañina, ruido adicional, vibraciones y disipación de energía.

CENIZA VOLCÁNICA: Conjunto de los materiales más finos arrojados por un volcán. No sobrepasan 1mm de diámetro; el viento puede arrastrarlos a grandes distancias.

CHEZY: Antoine Chezy (1717 – 1798), ingeniero francés y miembro del “Cuerpo de Puentes y Caminos”, quien diseñó canales para el suministro de agua de la ciudad de París. En 1768 propuso una fórmula para la resistencia al flujo en canales abiertos conocida como la ecuación de Chezy.

COEFICIENTE DE DIFUSIÓN: cantidad de una sustancia que, al difundirse de una región a otra, pasa a través de cada unidad de sección transversal por unidad de tiempo

CONDICIONES DE FLUJO AGUAS ARRIBA: condiciones de flujo medidas inmediatamente aguas arriba del volumen de control investigado.

CRÁTER: Depresión en forma de cuenco en la cima de un cono volcánico, formada por explosión o hundimiento. Orificio por el que un volcán arroja al exterior materias diversas (gases, vapores, cenizas, lavas, etc.). Suele presentar forma de tronco de cono invertido.

DETRITO: resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas

DIFUSIÓN: proceso mediante el cual las partículas de líquidos, gases o sólidos se entremezclan como resultado de su movimiento espontáneo causado por agitación térmica y, en sustancias disueltas, se mueven desde una región de alta concentración a una de baja concentración. El término difusión turbulenta se utiliza para describir el esparcimiento de partículas causado por agitación de partículas.

ECUACIÓN DE NAVIER – STOKES: ecuación de momentum aplicada a un pequeño volumen de control del fluido incompresible, en general usualmente esta escrita en notación vectorial. La ecuación fue deducida por primera vez por L. Navier en 1822 y S.D. Poisson en 1829 mediante un método diferente. Posteriormente fue deducida en su forma moderna por A.J.C Barré de Saint – Venant en 1843 y G.G Stokes en 1845.

ERUPCIÓN VOLCÁNICA: Descarga de fragmentos, en el aire o en el agua, de lava y gases a través del cráter de un volcán o de las paredes del edificio volcánico. Sus consecuencias más comunes son las lesiones directas a los habitantes y animales, daños a viviendas, alteraciones del medio ambiente, los desplazamientos de la población, los deslizamientos de ceniza por las laderas de los volcanes denominados “flujos de lodo” y el acumulo de cenizas sobre los asentamientos.

ESTRATO VOLCÁN: se llama así a la fusión de rocas volcánicas y material piroclástico que forma secciones de grandes dimensiones, con alternancia de lavas y cenizas.

FRAUDE WILLIAM: (1810 – 1879), arquitecto naval e hidrodinámico inglés que inventó el dinamómetro y lo utilizó para la prueba de modelos navales en tanques de remolque.

GRADIENTE: Es el cambio de una propiedad con el espacio o la distancia

HIDROGRAMA: en un hidrograma se mide el gasto (que se define como el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo) que pasa de manera continua durante todo un año por una determinada sección transversal de un río, y se grafica contra el tiempo.

LAPILLI: Productos volcánicos intermedios por su tamaño entre las cenizas y las escorias. Roca piroclástica constituida por pequeños fragmentos de lava sueltos, su diámetro se encuentra entre 2mm y 64mm.

LAVA: magma o roca fundida que aflora a la superficie desde el interior de la tierra y que al enfriarse se convierte en roca sólida.

LÍNEA DE FALLA: fractura; superficie de deslizamiento.

LÍNEA DE CORRIENTE: es la línea dibujada de tal forma que el vector velocidad siempre es tangencial a esta (es decir, no existe flujo a través de una línea de corriente). Cuando las líneas de corriente convergen la velocidad aumenta. El concepto de línea de corriente fue introducido por primera vez por el francés J.C de Borda.

LÍTICOS: perteneciente o relativo a la roca.

LITOLOGÍA: parte de la Geología que trata las rocas.

MANNING: Robert Manning (1816 – 1897), ingeniero jefe de la oficina de obras públicas de Irlanda. En 1889, presentó dos fórmulas (Manning, 1890), una de las cuales la “fórmula de Gauckler-Manning”, aunque Robert Manning prefirió utilizar la segunda ecuación presentada en su artículo.

MAPAS DE LÍNEAS DE CORRIENTE: estos deben ser dibujados de tal forma que el caudal entre dos líneas de corriente adyacentes sea el mismo.

MATERIAL COLUVIAL: material rico en óxido de hierro y pobre en humus. Frecuentemente está asociado a la caliza como roca madre, son arcillas rojizas de descalcificación.

MATERIALES NO COHESIVOS: material con baja capacidad de cohesión

NIVEL FREÁTICO: capa de agua en la superficie de la tierra, o subterránea.

NUMERO DE FROUDE: el número de Froude es proporcional a la raíz cuadrada de la relación de las fuerzas inerciales con respecto al peso del fluido. En general, el número de Froude se utiliza para escalar los flujos a superficie libre, los canales abiertos y las estructuras hidráulicas. A pesar de que el número adimensional fue bautizado en honor a William Froude, algunos investigadores franceses lo utilizaron con anterioridad.

NUMERO DE REYNOLDS: número adimensional proporcional a la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas.

ONDAS DE CHOQUE: en flujo supercrítico, una perturbación de flujo (por ejemplo cambio de dirección, contracción) induce el desarrollo de ondas de choque que se propagan en la superficie libre a través del canal. Las ondas de choque también se conocen como ondas laterales de choque, resaltos hidráulicos oblicuos, ondas de Mach, ondas cruzadas, resaltos diagonales.

PALEOCLIMATOLOGÍA: ciencia que estudia el clima en diferentes épocas geológicas. Para ello se sirve principalmente de los sedimentos (si son glaciares, fluviales o eólicos) y de los fósiles de animales y vegetales (los corales indican mares cálidos; la vegetación exuberante de helechos es un indicio de clima húmedo y caluroso).

PENDIENTE FAVORABLE: Es la pendiente del canal que va en dirección del flujo, por consiguiente una pendiente favorable es siempre positiva.

PELIGROSIDAD: Potencialidad de ocurrencia de un fenómeno natural debido a condiciones geológicas y naturales.

PENDIENTE: Inclinación con respecto a la horizontal del fondo del canal.

PERIGLACIAR: aplicable a regiones de nieves perpetuas y zonas próximas a glaciares. Sistema de erosión y tipo de modelado en que el suelo es el principal agente erosivo.

PIROCLÁSTICA: roca detrítica formada por acumulación de partículas sólidas expulsadas por un volcán, llamados piroclastos.

PIROCLÁSTOS: partículas de diferentes tamaños y formas, de origen volcánico, que se depositan conjuntamente con las lavas de igual composición (ceniza, lapilli, brechas).

RIESGO: Existencia de un daño sobre una población el cual puede ser cuantificado.

TIRANTE: distancia desde el fondo del canal a la superficie libre del agua.

TOBAS: nombre común de varios tipos de rocas con origen diverso. Las tobas calizas o calcáreas se forman por la precipitación de carbonato de calcio alrededor de las hojas o tallos de plantas acuáticas. Las tobas de cascada se forman con vegetales mayores y con menos orificios. Son rocas muy deleznales. Las tobas volcánicas son rocas piroclásticas. Se forman por la cementación de piroclastos, ya sean cenizas, puzolanas o lapilli. Las tobas volcánicas se suelen encontrar ocupando grandes extensiones en volcanes con erupciones de tipo mixto.

TORRENTE HÍDRICO: corriente o avenida impetuosa de aguas que sobreviene en tiempos de muchas lluvias o de rápidos deshielos.

VOLCÁN: un volcán es el lugar en la superficie de continentes y del fondo del océano por donde la tierra expulsa una mezcla denominada magma compuesta por roca fundida, partículas sólidas y gases calientes provenientes de su interior.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el modelamiento numérico del comportamiento de un posible flujo de lodo proveniente de la quebrada del Mijitayo, producido por acumulación de material ubicado en el lugar que es estimado en el mapa de Amenazas volcánicas de Ingeominas como el avance máximo de flujos piroclásticos provenientes de volcán Galeras. Las condiciones iniciales fueron determinadas a través de datos teóricos conocidos, asumiendo que el flujo es permanente y no uniforme, el modelamiento matemático se realizó a través de los principios de energía y momentum por medio de la ecuación de continuidad, ecuación de la energía y el cambio de densidad a lo largo del cauce.

En el modelo se contempla el control topográfico, lo cual marca una diferencia a modelos previos aplicados a posibles flujos que se presenten en la quebrada Mijitayo, donde únicamente se tiene un ancho de influencia fijo para todo el cauce de la quebrada. Para contemplar la topografía del cauce, fue necesario seccionar el cauce y realizar una base de datos que incluyó el área, perímetro mojado, ancho superficial y radio hidráulico de cada sección a diferentes alturas a lo largo del canal.

Los respectivos escenarios fueron simulados por dos volúmenes diferentes obtenidos a partir de líneas de energía características de flujos de lodo, logrando establecer un área de posible afectación para cada uno, y la respectiva velocidad del flujo al igual que su profundidad hidráulica en cada sección durante su recorrido. Los valores obtenidos de los coeficientes de rugosidad tanto de Manning como de Chezy, son muy aproximados a valores empíricos para canales naturales. Los resultados obtenidos a través del modelo incluyen la difusividad del flujo, por lo tanto tienen en cuenta el cambio de densidad a lo largo de su recorrido si las concentraciones son bajas.

ABSTRACT

This paper presents the numerical model of the behavior of a possible lahar coming from the Mijitayo stream. This lahar is sourced by the gathering of material found in that place. According to INGEOMINAS, this zone is rated as the limited point where the piroclastic flows coming from the Galeras volcano occur. The threshold conditions were determined through known theoretical data, assuming that the flow is both constant and unvarying. The numerical model was done through the energy principles and momentum, and through the continuity equation, the energy equation and the density change.

The model shows the topographical control which makes this work different from other models previously applied to possible flows occurring in the Mijitayo stream, where there is only a wide buffer for the whole stream riverbed. In order to consider the topography of the stream, the riverbed was broken down into sections and a database including the area, the wet perimeter, the wide surface and the hydraulic radio was done in relation to each section and the different heights of the riverbed.

The respective stages were analyzed by two different volumes which were obtained through the lahar-energy lines. In this way an area of possible affectation for each stage and the respective flow speed were established, as well as the hydraulic depth in each stage during its path. The obtained values of the creased coefficient from both The Manning and The Chezy quite approximate the empirical values for natural canals. The results that were obtained from the model entail the flow diffuse, therefore, the density shift is considered throughout its path if the concentrations are low.

INTRODUCCIÓN

Un factor de riesgo volcánico son los flujos producidos por un volcán, la dispersión de cenizas volcánicas que logran llegar a quebradas y ríos que nacen en las cimas de los volcanes consiguen muchas veces generar una acumulación de material, que puede obstruir sus cauces produciendo peligrosos flujos de lodo secundarios (Ingeominas, 1997).

Los registros estratigráficos de los últimos 5000 años (Banks, 1997), indican que las erupciones ocurridas en este lapso por el volcán Galeras se han caracterizado principalmente por la ocurrencia de flujos piroclásticos, igualmente han tenido lugar emisiones de lava, caídas piroclásticas, y flujos de lodo secundarios que son altamente destructivos. Estos últimos son uno de los factores más importantes por el cual se vería afectado en un sector la ciudad de San Juan de Pasto, fenómeno generado de manera secundaria por la posible conjugación de flujos piroclásticos y agua de un periodo invernal prolongado en el que el terreno se encuentra saturado, facilitando posibles deslizamientos que bloquearían los cauces y a su vez las quebradas transportarían un caudal mayor.

Se conoce como flujo de lodo a la mezcla de agua y material sólido, que generalmente consiste de concentraciones de partículas finas que engloban partículas sólidas de todos los tamaños, que se encuentra en los cauces de las quebradas, y se desplaza pendiente abajo a velocidades de decenas de kilómetros por hora.

Los flujos de lodo que se originan en las faldas de volcanes representan uno de los riesgos más peligrosos durante la inactividad volcánica y los tiempos post-eruptivos (Pierson, 1990). Los flujos de lodo pueden repetirse una y otra vez durante meses e incluso años; después de depositada la ceniza, sobre todo si las lluvias persisten y queda material acumulado en las laderas, cuencas y quebradas.

Mundialmente, los flujos de lodo han cobrado miles de vidas. El ejemplo más cercano de esta situación ocurrió en 1985 cuando una pequeña erupción del volcán Nevado del Ruiz fundió la nieve y el hielo dejando caer el flujo por medio de tres de los cuatro mayores sistemas de drenaje, matando más de 23000 personas (Pierson, 1990). Otro ejemplo se presentó en el Volcán Cotopaxi en 1877 donde los habitantes de la zona describieron “eran inmensos raudales de agua con enormes masas de hielo, lodo, rocas y peñascos que con ímpetu inconcebible se

precipitaban del cerro. A poco rato brotaban ya de las grandes quebradas del austro-occidental arrancando árboles, destruyendo casas y arrebatando consigo ganados, personas y cuanto encontraban en su curso" (Aguilera, 2001).

La habilidad para evaluar áreas de inundación potenciales, descargas máximas, el tiempo de recorrido de los flujos de lodo potencialmente destructivos y la determinación de las trayectorias más probables, permiten tener una idea de cuáles serían las regiones más afectadas en caso de presentarse una erupción de medianas o grandes proporciones en un volcán que pueden provocar un flujo de lodo.

Debido a la peligrosidad de los flujos de lodo, es muy importante su prevención, estudio, así como su observación y la vigilancia de las zonas donde éstos pueden originarse y por donde pueden desplazarse. Tomando en cuenta que los flujos de lodo poseen trayectorias predecibles, su anticipación es cuestión de estudio e instrumentación de las zonas por donde éstos se habrían de producir y desarrollar, con esta información se pueden establecer la prevención con respecto al riesgo que corre una región o una población específica y tomar medidas.

Los modelos de flujos de lodo tienen la ventaja de proporcionar la información sobre el tamaño del flujo y las características de su comportamiento en cualquier situación a lo largo de su recorrido. Un modelo de flujos de lodo confiable también puede ayudar en la evaluación del riesgo en lugares donde los flujos de lodo pueden no haber ocurrido todavía (Costa 1997), ya que para adelantar cualquier tipo de estudio de riesgo es necesario como punto de partida conocer claramente la amenaza

A través del tiempo se han realizado varios modelos de flujos de lodo y escombros (debris flow), algunos como el de El Servicio Nacional del Tiempo de Estados Unidos, los cuales desarrollaron un modelo de superficie – agua, regido por la conservación de masa llamado DAMBRK. Este modelo tiene la facilidad de proporcionar la información necesaria sobre el riesgo de un flujo de lodo río abajo de un volcán, pero sus mayores limitaciones son la poca documentación al respecto y la necesidad de un hidrograma como parámetro de entrada, para lo cual sería necesario tener datos de flujos recientes (Costa, 1997). Otro modelo usado es el creado por Iverson, según Crosta (1997): "probablemente es el más comprensivo y el modelo físicamente más exacto presentado para procesar datos", este método trabaja bajo la ecuación de continuidad y su principio es el análisis a escala de la trayectoria de los flujos de lodo genéricos estableciendo el área planimétrica a través de datos estadísticos, por lo tanto es necesario también tener datos históricos de flujos (Iverson, Schilling, y Vallence, 1997). Macedonio y

Pareschi (1992) crearon otro modelo aplicado para los flujos de lodos sobre el Volcán Cotopaxi donde asumen el caso de un flujo canalizado en el que la longitud del canal, se considera la dimensión espacial más significativa. Por consiguiente, sobre las secciones que definen el canal, se emplean valores integrados de la velocidad, caudal, etc.

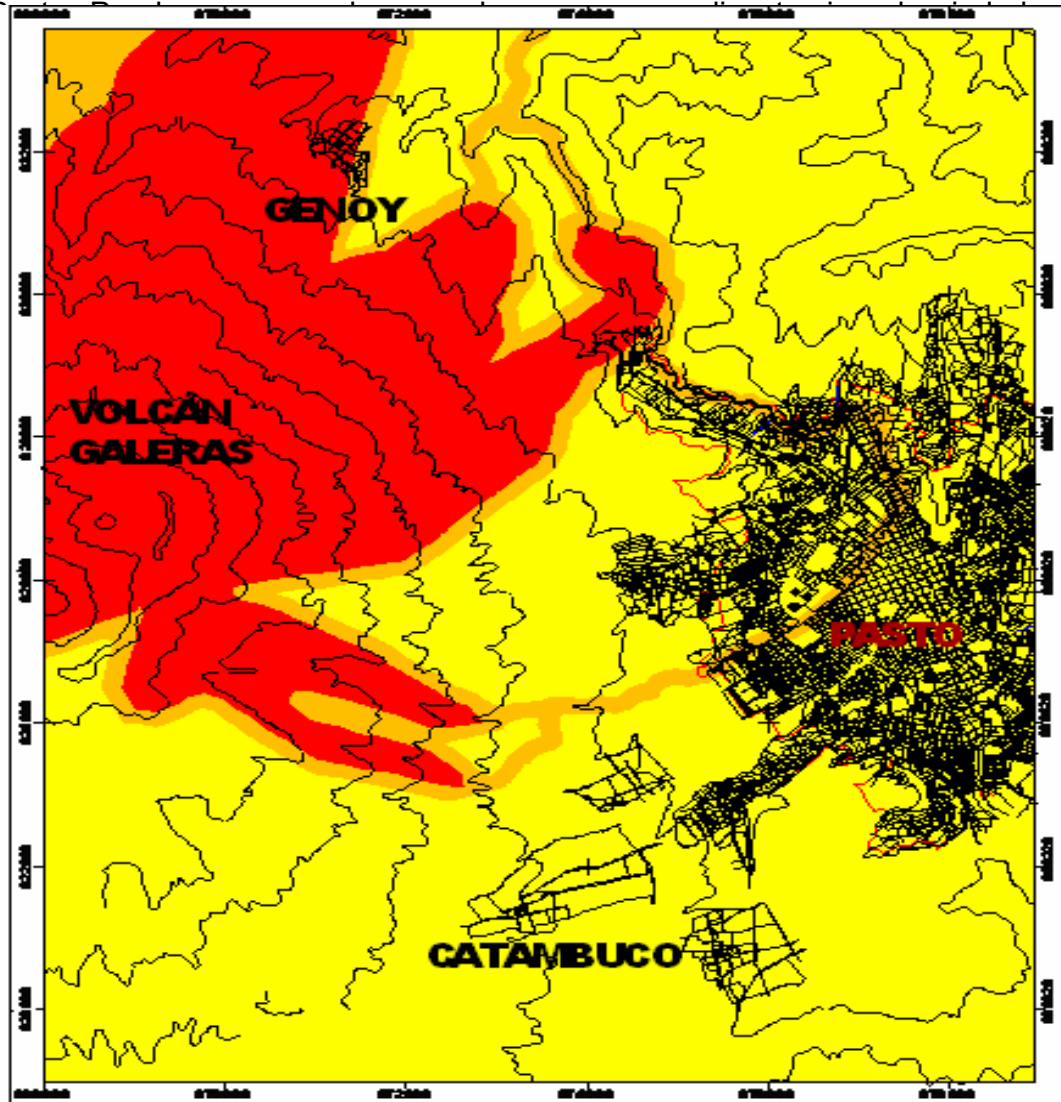
Este estudio pretende analizar el comportamiento que tendría un posible flujo de lodo proveniente de la quebrada Mijitayo en respuesta al control topográfico ejercido por la conformación del Valle de Atriz, el cual se podría presentar con cualquier evento generador, como el arrastre de depósitos piroclásticos dejados por una erupción del volcán Galeras o por deslizamientos de terreno en las laderas confinantes de la quebrada; arrastrando materiales como los piroclastos acumulados, o cualquier otro tipo de material fácilmente removible por el torrente hídrico.

Se enfocó el modelo sobre los posibles flujos de lodos secundarios producidos por acumulación de material volcánico ya que éstos son más repentinos, por lo tanto menos predecibles y representan un riesgo mayor que los flujos de lodo que se desarrollan gradualmente con la caída de lluvia sobre la cuenca.

También se pretende dar a conocer una aproximación diferente de las dimensiones de esta amenaza, ya que si bien es tenida en cuenta en el mapa de amenaza volcánica (Ingeominas, 1997) como se puede observar en la figura 1, éste no tiene en cuenta el control que ejercería la actual topografía sobre el flujo, siendo la topografía el principal factor de control físico para cualquier tipo de flujo.

El área de afectación encontrada con base en el modelo es un estimativo del alcance que tendrían los flujos de lodo secundarios en ausencia de edificaciones, es decir el trabajo está realizado para el caso más desfavorable porque la presencia de obstáculos como son las construcciones en este caso, ayudaría a frenar el flujo. De esta manera, el trabajo se limita al control topográfico y como primera aproximación no tiene en cuenta ni edificaciones ni canales artificiales como el canal cerrado que atraviesa la ciudad y que probablemente funcione a presión en el caso de una avenida como la que se propone estudiar.

Figura 1. Mapa de amenaza volcánica del Galeras sector San Juan de Pasto en su tercera versión. Se muestra la parte pertinente a la amenaza a la ciudad de un



- ZONA DE AMENAZA ALTA
- ZONA DE AMENAZA MEDIA
- ZONA DE AMENAZA BAJA

Ingeominas (1997)

El modelamiento matemático presentado en este trabajo, está realizado con ayuda de una hoja electrónica y se basa en el principio de conservación de masa y energía. Para el análisis se dividió el cauce en dos tramos, los cuales son analizados con modelos matemáticos diferentes, ya que para el primer tramo se

tiene un cauce totalmente encañonado con pendientes altas, en el segundo tramo el cauce tiende a expandirse, por lo cual, el comportamiento hidráulico tiende a ser el desarrollado en una laguna de inundación.

Dentro de su delimitación se encuentra el hecho de no tener en cuenta la posible variación de caudal debida a la erosión y sedimentación de las partículas, las condiciones iniciales son adopciones teóricas y como referencia histórica se tiene únicamente pequeñas inundaciones provocadas por fenómenos climáticos y un depósito de flujos consolidado del cual se puede observar más de tres metros que sobresalen de la cota del andén como se puede observar en la figura 2, este depósito se debió producir hace más de 500 años, ya que no existe ninguna referencia que hable de él. El depósito se encuentra en la parte baja del volcán a aproximadamente 3200 metros de donde se estableció el punto de acumulación de material, en la intersección entre la Avenida Panamericana y la Avenida Mijitayo.

Figura 2. Depósito consolidado de flujos de lodo producidos en la quebrada Mijitayo. El depósito encontrado en la intersección de las avenidas Panamericana y Mijitayo de más de 3 metros, evidencia un flujo de lodo de grandes proporciones.



Cortesía Ingeominas

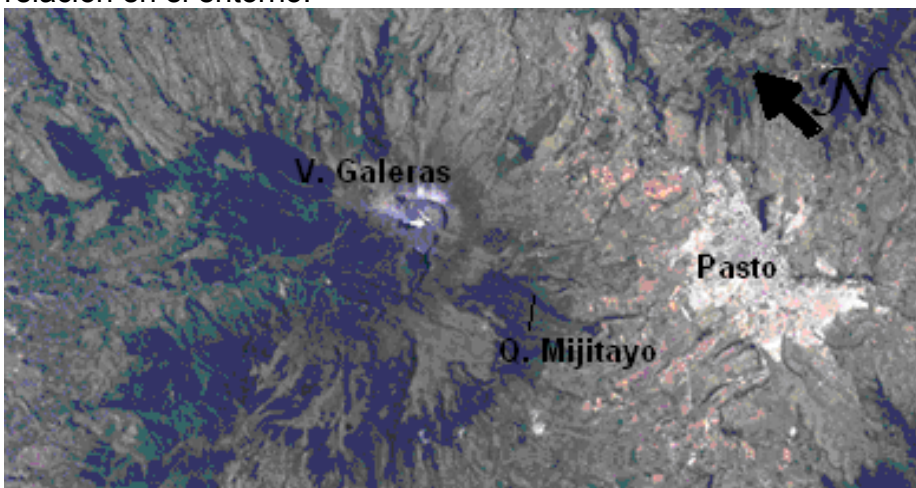
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.1 MICRO CUENCA MIJITAYO

1.1.1 Ubicación La Ciudad de San Juan de Pasto es la capital del departamento de Nariño y está situada al sur de Colombia, sobre el Valle de Atriz, localizada a los $01^{\circ} 12' 49''$ de latitud norte y $77^{\circ} 16' 52''$ de longitud oeste, su altura sobre el nivel del mar es 2559 m.s.n.m, el relieve del territorio municipal es variado. A 9 kilómetros de la ciudad de Pasto, sobre la depresión interandina Cauca-Patía; específicamente en las coordenadas geográficas $1^{\circ} 14' N - 77^{\circ} 22' W$; con una altura de 4270 m.s.n.m. se encuentra el volcán Galeras, volcán explosivo y uno de los más activos de Colombia, en cuya zona de influencia se encuentran 7 municipios y más de 7 corregimientos, con una población aproximada de más de 500000 habitantes. (IGAC, 1996).

El río Mijitayo junto con sus afluentes conforma la microcuenca Mijitayo que hace parte de la cuenca hidrográfica del río Pasto, la microcuenca está ubicada al occidente de la ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia, en las estribaciones del volcán Galeras figura 3, a $1^{\circ} 13'$ latitud norte y $77^{\circ} 17'$ longitud oeste del meridiano de Greenwich (Jiménez, Navas, Ortiz, Solarte, 1989).

Figura 3. Foto ubicación ciudad de Pasto, Quebrada del Mijitayo, Volcán Galeras. En la fotografía aérea se observa la localización, de la zona de estudio y su relación en el entorno.



Cortesía Ingeominas

1.1.2 Características fisiográficas. Los factores fisiográficos permiten evaluar de manera cuantitativa y cualitativa los distintos fenómenos que determinan la apariencia y características de la microcuenca.

Figura 4. Fotografía cuenca Mijitayo. En la fotografía se observa la parte media de la microcuenca, donde su cauce se encuentra totalmente encañonado y cubierto por vegetación secundaria.



La superficie de la microcuenca es de 14,69 Km², se delimita por la línea de desviación de las aguas en los 4200 m.s.n.m en su parte más alta, y los 2550 m.s.n.m en su parte más baja, con una longitud de 7,75 Km. (Jiménez, Navas, Ortiz, Solarte, 1989). La microcuenca Mijitayo se divide en tres grandes zonas:

- **Cuenca de Recepción:** área de recolección de aguas lluvias que alimenta al río Mijitayo desde su máxima altitud que es de 4200 m.s.n.m. hasta los 3200 m.s.n.m., conformando una región de fuertes pendientes de donde afloran rocas cubiertas por escasa vegetación. En los 3850 m.s.n.m. se presenta un área cenagosa en donde confluyen pequeños arroyos, lugar del nacimiento del río Mijitayo. En esta parte la vegetación está constituida por típico pajonal y frailejón, cubriendo una extensa zona de páramo en la región del edificio del volcán Galeras.
- **Cuenca media o canal de desagüe:** está situada entre 3200 y 2650 m.s.n.m. La forma típica del canal es la de un cañón (Ver figura 4) que presenta características diferentes en sus vertientes; la vertiente sur (izquierda) está cubierta en gran parte por eucaliptos y vegetación secundaria y en la vertiente

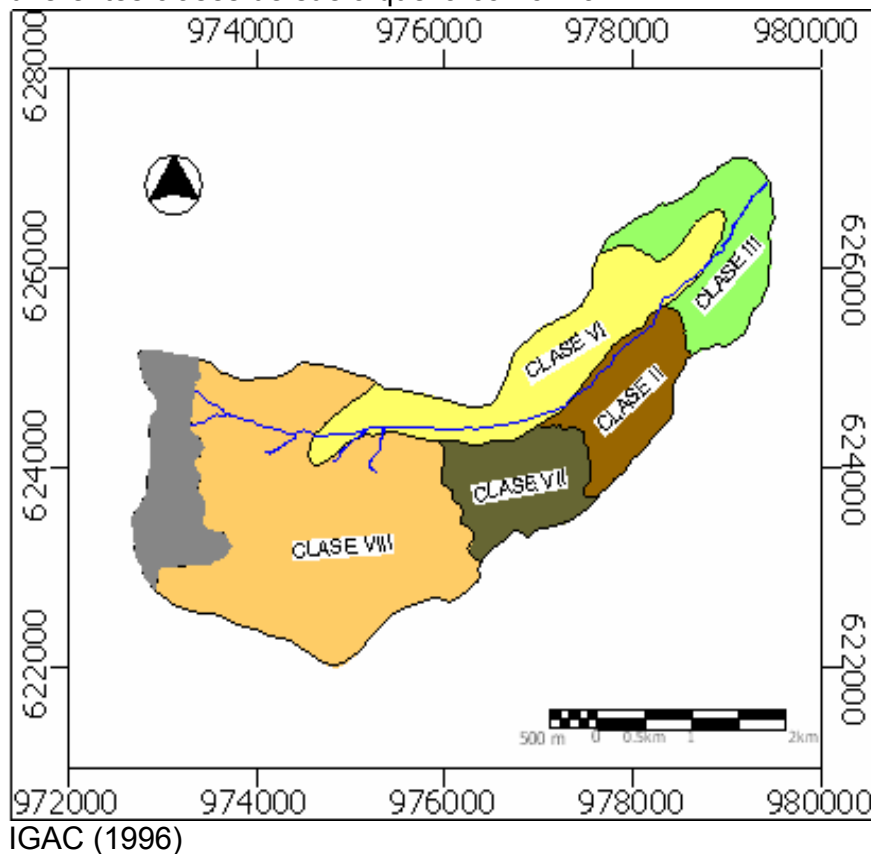
norte (derecha) se encuentra ubicada la vereda San Felipe, Los Lirios, San Juan de Anganoy, Anganoy y Obonuco.

- **Cuenca Baja:** comprende la zona plana entre 2650 y 2550 m.s.n.m. Este sector se considera como transición rural – urbana. En el sitio El Puente, desembocan las quebradas Midoro y Juanambú las que unidas arrastran los afluentes de la actividad humana, agrícola y ganadera de la granja experimental del Instituto Colombiano Agrario (ICA) -Obonuco. Aguas abajo, se localiza la bocatoma del acueducto urbano Mijitayo, que posee planta de tratamiento y alimenta aproximadamente 18 barrios de la ciudad de San Juan de Pasto, además abastece de agua cruda a los acueductos rurales de las veredas Obonuco, San Felipe, Los Lirios y Anganoy. Desde los 2550 m, sobre la vía Panamericana, el río Mijitayo está canalizado hasta su desembocadura en el río Pasto.

Hasta mediados de la época de los 50, buena parte de las faldas del volcán Galeras, donde se ubica la microcuenca del río Mijitayo, estaban cubiertas de bosques con especies nativas como: encino, roble, cujaca, tinto, cujaquillo, mote, amarillo entre otras, que se deforestaron indiscriminadamente y en consecuencia motivaron la ampliación de la frontera agrícola. Como resultado de la tala, se aprecia una significativa disminución de caudal en el río Mijitayo, procesos erosivos en las laderas y alteración de los ciclos bióticos y climáticos. El arrastre de sedimentos y los procesos de erosión actuales, se han acelerado debido a la acción antrópica en las áreas de mayores pendientes afectando la calidad del agua en su turbidez, sólidos totales, aumento de conductividad y salinidad. Actualmente la tercera parte de la microcuenca está cubierta de bosque primario y secundario, presente principalmente en el ecosistema protector, fuente productora de agua para el río. La forma de la microcuenca corresponde a oval oblonga(más alargada que ovalada), esto señala que una lluvia no es propensa a producir inundaciones y más bien éstas producen efectos secundarios como el arrastre de sedimentos, estableciendo que la microcuenca posee un mediano peligro erosivo, poco escurrimiento y por lo tanto ausencia de avenidas naturales. (Jiménez, Navas, Ortiz, Solarte, 1989).

1.1.3 Suelos. Los suelos de esta región han recibido un gran influjo de material piroclástico del volcán Galeras. Esto permite clasificar los suelos en dos grupos: suelos desarrollados principalmente sobre cenizas volcánicas, y suelos de materiales complejos, primordialmente de material coluvial andesítico, tobas y cenizas volcánicas trabajadas previamente por el agua. Por esta razón los suelos adyacentes al volcán presentan excelentes condiciones para el desarrollo de la actividad agrícola, pues contienen grandes reservas de potasio y material orgánico. Esto ha favorecido la evolución de conglomerados humanos.

Los suelos que predominan en la microcuenca del río Mijitayo tienen diferentes características según su clase, en la figura 5, (IGAC, 1996), se puede observar las diferentes clases de suelo que la conforman.



- **Clase VIII:** esta clase se reduce a la conservación de la vegetación natural y de la vida silvestre, abastecimiento de agua y fines estéticos, se deduce entonces que no son adecuadas para ninguno de los cultivos comunes. La pendiente en este sector es de 30 – 50%.
- **Clase VII:** esta clase de suelo predomina en la parte superior de la microcuenca. Son tierras aptas únicamente para la conservación de la vegetación natural con el objeto de preservar la microcuenca hidrográfica. La pendiente en este sector de la microcuenca es de 25 – 50%.
- **Clase VI:** tierras aptas para ganadería y en las partes de menor pendiente, para cultivos como papa y cereales. Tierras de relieve quebrado con pendientes de 5 – 50%, suelos profundos, bien o excesivamente drenados, con fertilidad baja a moderada.

- **Clase III:** predomina en la parte baja de la microcuenca. Es una zona apta para la ganadería, con pastos mejorados, tierras planas, ligeramente inclinadas a ligeramente onduladas, con pendientes de 0 – 6%. Suelos moderadamente profundos a superficiales, bien drenados y fertilidad baja a muy baja.
- **Clase II:** tierras aptas para cultivos de papa, trigo, maíz, cebada, hortalizas. Sus tierras son ligeramente inclinadas con pendiente de 1 – 8%, suelos moderadamente profundos a partir de cenizas volcánicas, nivel freático moderadamente profundo, presentándose encharcamientos en la parte plana en época de invierno, suelos con alta capacidad de cambio, altos contenidos de bases totales, alta saturación de calcio y magnesio, y fertilidad baja.

De acuerdo con la clasificación de tierras según la capacidad de uso en las zonas aledañas al Galeras, entre la cota 3000 m.s.n.m y la cima del volcán existen tierras cuyo relieve puede considerarse escarpado o muy escarpado con pendientes de 25 a 50%. Dominan las clases VI, VII y VIII tierras cuya vocación se reduce a la conservación de la vegetación natural y de la vida silvestre, abastecimiento de agua y fines estéticos, se deduce entonces que no son adecuadas para ninguno de los cultivos comunes. En consecuencia un área de 7615 Ha, correspondiente al anillo superior del volcán Galeras, forma parte del Santuario de flora y fauna del Galeras declarado por el Inderena mediante la resolución 052 de marzo de 1985. (Sanches, Hernández, Rodríguez, Castaño, 1990)

Entre los 2600 y 3000m de altura se encuentran distribuidas en forma desigual tierras de clases II a VI. Según las características del relieve, los suelos en zonas con pendientes suaves y susceptibilidad moderada a la erosión, pueden utilizarse con mesuradas practicas de conservación para cultivos agronómicos, pastos, pastoreo, lotes de bosques o vida silvestre.

1.2 REGISTRO GEOLÓGICO

“La historia geológica del volcán Galeras ha presentado varios flujos de lodo observados, por las laderas norte, nor. occidente y por el río Azufral. Los depósitos son espesos, masivos y alterados poco sorteados y ricos en líticos, algunos de los cuales alcanzan de uno a dos metros de espesor. Igualmente su composición es variable y muchos de los clastos son lavas alteradas hidrotermalmente, el promedio de espesor es más o menos de 200 metros por el río Azufral.” (Ingeominas, 1997).

En abril de 1995 y abril de 1996 en la ladera occidental del volcán Galeras, flujos de lodo recorrieron el valle del río Azufral, represando en su desembocadura al río Guaítara. (Ingeominas 1997).

De acuerdo con Ingeominas (1997) “Otro flujo de lodo que tuvo implicación en la comunidad de Pasto sucedió hace 16 años, recorrió el valle de la quebrada Mijitayo, inundando algunas vías de la ciudad. Su causa no fue volcánica sino el represamiento del cauce durante una alta temporada invernal”.

Caracterización general del volcán Galeras. La actividad del volcán ha sido del tipo lávico – piroclástico, de carácter explosivo efusivo con acción de lahares o flujos de lodo predominando en tiempos modernos, con acción fumarólica y fuentes termales (Banks, Calvache, y Williams, 1997).

El valle llamado de Atriz, en el curso superior del río Pasto, está constituido por una mezcla de material volcánico y cascajo, las tobas son de tamaño variado, desde cantos de gran tamaño hasta la ceniza que suele servir de cemento de los fragmentos grandes (Hurtado y Cortes, 1997).

En el lado oriental de el volcán Galeras se asienta la ciudad de San Juan de Pasto, que visto desde el oeste de la ciudad, tiene la forma de tronco cono alargado de Norte a sur, su altura sobre el nivel del mar es 4270 metros aproximadamente (IGAC, 1996). Todo el cono está cubierto por bombas, tobas, lapillis y cenizas volcánicas, al fondo de los escarpes suelen aparecer las andesitas en masa y en los salientes de las rocas, es frecuente ver en la superficie cavidades grandes producidas por la caída de enormes bloques o bombas durante las erupciones.

Las vertientes que se dirigen hacia Pasto han sufrido con menor intensidad, los efectos eruptivos del volcán, donde se observan derrames de lava, andesitas más antiguas, recubiertas por mantos de cenizas, lapillis, tobas y bombas volcánicas de actividad más reciente.

Los ríos que nacen en los costados del volcán han arrastrado grandes cantidades de arena y cantos que se acumulan en series de terrazas, las cuales no tienen significación paleoclimática, sino que se relacionan con la misma actividad volcánica (Martínez Sierra, 2002).

El volcán Galeras hace parte del ramal centro-oriental de la cordillera de los Andes, y está situado en el nudo de los Pastos, entre los municipios de Pasto, la Florida, Nariño, Sandoná, Consacá, Yacuanquer y Tangua, en el departamento de Nariño, Republica de Colombia. Está localizado a $1^{\circ}13'$ de latitud norte y $77^{\circ}22'$ de longitud oeste de Greenwich, y en línea horizontal dista 9km de la ciudad de San Juan de Pasto y por vía carretable 22Km (Navas, 1990).

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Pueden clasificarse según su velocidad. Los más rápidos, y frecuentemente los más devastadores, son las avalanchas, que pueden alcanzar los 100 m/s (McGuire, 1996) y se desplazan decenas de kilómetros.

Las avalanchas de roca, que suelen darse en condiciones de sequedad del suelo, se generan por la ruptura de un enorme lecho rocoso, que es destrozado durante el movimiento de descenso. Entre sus causas están la quiebra de líneas de falla o una repentina inundación de la vertiente; los terremotos u otras actividades tectónicas violentas también pueden dar lugar a estas avalanchas (McGuire, 1996)

Las formas más lentas de flujo son la soliflucción y geliflucción. La soliflucción se produce bajo condiciones climáticas frías y consiste en el deslizamiento de una masa viscosa de material del suelo saturado sobre una superficie impermeable. Tiene lugar generalmente en vertientes de escasa pendiente. La soliflucción ocurre en áreas pequeñas, a veces de unos pocos decenas de metros cuadrados. El proceso está asociado generalmente al alumbramiento del nivel freático. En este caso la colmatación del suelo crea condiciones de liquidez dando lugar a un flujo de barro, acarreando la cobertura vegetal en su marcha. Frecuentemente este proceso se produce en el sitio en donde mana una napa al pie de la ladera cuando se ha eliminado el bosque natural y donde existe una cobertura vegetal de raíces poco profundas (por ejemplo de tipo herbáceo) (Brinkman, 2002).

Este tipo de movimiento de masas cuando es provocado por la hiper-abundancia de aguas de fusión de la nieve recibe el nombre de geliflucción, tiene lugar en ambientes periglaciares o de tundra (fenómeno característico del sistema geomorfológico periglacial), durante el verano, cuando el material de la capa superficial del suelo, saturada por el deshielo, se desplaza sobre el subsuelo permanentemente helado (permafrost) (Antón, 1976).

Una ladera que evoluciona por soliflucción adquiere un modelado ondulado en el detalle, con irregularidades de pocos a decenas de metros cuadrados de superficie, y algunos decímetros de desnivel entre las cimas y las depresiones. A pesar de estas irregularidades, el aspecto general de la ladera es homogéneo, sin valles laterales torrenciales ni afloramientos rocosos (Brinkman, 2002).

El movimiento en masa más lento es la denominada reptación del suelo. Con este término se define el movimiento lento y casi continuo del suelo, vertiente abajo. Puesto que puede producirse en vertientes de muy escaso desnivel, la reptación del suelo es la forma más común de movimiento de masas. Al mismo tiempo, sin embargo, es el proceso más inadvertido, aunque el ladeo cuesta abajo, de los árboles y la acumulación de materiales en torno a cercas de roca son testimonio de su existencia (Rogers, 2000).

Este movimiento tiene su origen en una serie de procesos que inician la expansión y contracción de partículas del suelo. Con la expansión, éstas ascienden la vertiente en sentido perpendicular; cuando se contraen, las partículas descienden verticalmente, bajo la influencia de la gravedad, a una zona inferior. La contracción y expansión son consecuencia de un proceso alternativo de humectación y pérdida de humedad del suelo; de cambios térmicos; de alteraciones químicas asociadas a la meteorización y formación de suelos; y de la acción de raíces, elementos del suelo y animales. En muchas zonas húmedas la reptación colabora para posibilitar el desencadenamiento de fenómenos de movimientos de masa instantáneos al acumularse los suelos y las formaciones superficiales en posiciones inestables. En otros casos, la reptación es concurrente con otros movimientos para dar lugar a una dinámica compleja sobre las laderas, cuya interpretación es disimulada a veces por la atenuación morfológica que genera este proceso (Rogers, 2000).

Los deslizamientos generalmente actúan sobre una superficie limitada (algunos cientos de metros cuadrados), pero en algunos casos pueden afectar a todo un panel de ladera. Se producen cuando un "paquete" de suelo y formaciones superficiales resbala sobre una base húmeda y lisa desplazándose a la parte baja de la ladera o del valle. Los derrumbes o desmoronamientos ocurren cuando predomina la acción directa de la gravedad en laderas muy empinadas, a menudo desprovistas de cobertura vegetal debido a la acción previa de movimientos de masa. En general, los derrumbes son asistidos por el agua de escurrimiento o freática o por la ocurrencia de sismos (Antón, 1976).

Las coladas de barro tienen lugar cuando todo el material de ladera está sobre-humedecido y fluye hacia el fondo del valle en forma catastrófica. Este proceso que es común en el sistema húmedo, también puede darse en el sistema árido, cuando el escurrimiento debe transportar una carga que pasa cierto "umbral" de masa porcentual (Antón, 1976).

Los flujos torrenciales ocurren cuando los movimientos de masa se desarrollan en una zona amplia abarcando simultáneamente varias laderas. Las consecuencias

pueden ser catastróficas también a nivel del valle. Para que se produzca, es necesaria la concurrencia de varios factores favorables, particularmente lluvias intensas o movimientos sísmicos, que dan lugar a un flujo generalizado en grandes sectores de las laderas en una misma cuenca, así como a la ocurrencia de deslizamientos y desmoronamientos.

La intervención de los diversos procesos geológicos puede relacionarse con la morfología de las vertientes. Los segmentos convexos son, por lo general, zonas de erosión o de acarreo por efecto de la reptación, del choque de gotas de lluvia, lavado de la vertiente, de la soliflucción o de la geliflucción y en ocasiones por deslizamientos (Brinkman, 2002).

2.2 FLUJOS DE LODO

Figura 6. Flujo de lodo. Flujo de lodos descendiendo por la pendiente de una montaña. Se puede distinguir el abanico en la zona de depósito.



Los flujos de lodo son una mezcla densa de agua y material sólido, que generalmente consiste de concentraciones de partículas sólidas de todos los tamaños que engloba partículas finas, y se desplaza velozmente desde las laderas hacia los valles más bajos, figura 6. La generación de flujos de lodo está directamente relacionada con la presencia de abundantes materiales no cohesivos, fácilmente removibles por los torrentes hídricos, junto con elevados volúmenes de agua, indispensables para iniciar el fenómeno (Suárez, 2001).

Para hacer referencia a los flujos de lodo volcánicos se suele usar también el término lahar que es una palabra indonesia del idioma de Java que al comienzo, se la utilizó para describir una “brecha volcánica transportada por el agua”. Los lahares son flujos rápidos y con bastante fuerza por lo cual son considerados peligrosos y a veces catastróficos (Suárez, 2001).

Pierson (1985) definió a los lahares como “flujos de lodo o de escombros, de origen volcánico, compuestos por una suspensión densa y viscosa de gravas mal clasificadas, arena, lodo y agua; o, una mezcla de sedimentos de agua y lodo”. En la definición, el adjetivo “volcánico” concierne a los mecanismos de iniciación del lahar, directa o indirectamente relacionados con una erupción volcánica.

Los flujos de lodo o lahares son distintos de los flujos de escombros (debris flow), debido a su mayor contenido en arena y arcilla, que llega hasta un orden de un 50% (Varnes, 1978). Algunos autores usan la palabra “lahar” para designar a los depósitos originados por tales flujos; en cambio, otros sugieren limitar su uso exclusivamente al evento y no al depósito que éste forma. En general, la descripción actualmente más generalizada se refiere a los lahares como “mezclas de detritos de todos los tamaños con agua lodosa, que se desplazan velozmente desde las laderas de un volcán, directa o indirectamente desencadenadas por una erupción volcánica”. Durante su desplazamiento se comportan como una colada que fluye por los cauces naturales de la red hidrográfica.

En los volcanes, los flujos de lodo ocurren cuando se produce derretimiento de casquetes nevados, por desbordamientos de aguas de lagos o inundaciones de agua por fuertes lluvias que se mezclan con fragmentos de roca volcánica de tamaños que varían desde partículas microscópicas de arcilla hasta grandes rocas. Los volcanes durante su actividad eruptiva producen grandes cantidades de material fragmentado (piroclastos) que permanece disgregado sobre sus lados y que es fácilmente removido por las lluvias estacionarias. Los piroclastos y los materiales que resultan de la erosión de las rocas volcánicas pueden ser removidos por lluvias torrenciales durante o después de las erupciones volcánicas.

Los flujos de lodo secundarios se originan por lluvias torrenciales que se precipitan sobre las cenizas y otros materiales no cohesivos acumulados en las laderas de los volcanes después de una erupción, estos devastadores flujos de lodo se producen como resultado de una rápida erosión de los depósitos de flujo piroclástico debido a las lluvias. Los flujos de lodo una vez formados, bajan por las laderas de los volcanes y se desplazan a lo largo de los cauces que drenan las partes altas, los flujos de lodo pueden recorrer apreciables distancias que dependen, básicamente, del desnivel entre el punto de origen y en el que agotan

su energía cinética, al llegar a las planicies, se distribuyen tan ampliamente como cantidad de material y agua contengan.

Durante el tránsito, los cambios de la pendiente del cauce influyen sensiblemente sobre la velocidad y turbulencia, por lo tanto, controlan la capacidad de arrastrar o depositar los sólidos en suspensión. De manera general, cada vez que se reduce la pendiente se depositan materiales; en cambio, cuando se incrementa, se presenta erosión de los depósitos aluviales no cohesivos, rocas sueltas y otros objetos que se encuentren en su camino. Los volúmenes de agua y material movilizados por los flujos de lodo pueden alcanzar valores notables (millones de metros cúbicos, en los diferentes cursos hídricos) (Suárez, 2001).

Los caudales iniciales son también muy variables. En definitiva los flujos de lodo pueden movilizar, en cortos periodos, enormes volúmenes de agua y detritos que generan caudales extraordinarios, del orden de decenas de miles de metros cúbicos, que se ven forzados a transitar por ríos de montaña. Entre los factores que afectan la velocidad de los flujos de lodo se puede citar al mecanismo de formación, el volumen, la geometría y pendiente de los cauces por los que transitan y sobretodo, el contenido de material. Para recorridos largos se admite, como promedio, valores de velocidad entre 20 y 40 km/h. (Pierson, 1985)

Para concluir, los flujos de lodo por lo general son los tipos de movimientos en masa más continuos y pueden llegar a deformar la masa hasta adquirir nueva forma. Se puede distinguir atendiendo a su tamaño, entre flujos locales, confinados a laderas de colinas, flujos de valle y flujos catastróficos, que superan cualquier barrera topográfica y destrozan todo lo que encuentran a su paso.

2.2.1 Mecanismos y eventos generadores de flujos de lodo Los mecanismos de activación del fenómeno constituyen un elemento primordial, por lo tanto, se le emplea para clasificar a los flujos de lodo; Crandell (1980) establece las siguientes tres categorías generales:

- Directamente relacionados con las erupciones;
- Indirectamente ligados a una erupción, o los que ocurren poco después de la misma;
- No relacionados con erupciones volcánicas.

En cuanto al origen del agua, existen básicamente las siguientes posibilidades:

- evacuación violenta de la masa hídrica acumulada en lagunas cratéricas, por efecto de una erupción volcánica;
- fusión de la nieve y glaciares por la acción de caídas o flujos piroclásticos;
- lluvias torrenciales, en muchos casos generadas por tormentas relacionadas con las plumas convectivas de las erupciones volcánicas explosivas.

En pocas palabras, la condición indispensable para que se forme un flujo de lodo es la presencia contemporánea de grandes volúmenes de agua y detritos que al juntarse, fluyen a altas velocidades y pueden recorrer apreciables distancias.

La primera condición para el origen de un posible flujo de lodo se cumple durante, o inmediatamente después de una erupción explosiva, cuando de improviso, se acumulan sobre el suelo enormes volúmenes de material piroclástico suelto removido por un torrente hídrico. Durante su desplazamiento, los cambios en la pendiente del cauce por el que transitan, influyen apreciablemente sobre la velocidad y turbulencia de los flujos de lodo y por lo tanto, controlan la capacidad de arrastrar o depositar los sólidos englobados. Su peligrosidad está determinada principalmente por el tamaño de las partículas sólidas, el contenido de agua, y la velocidad de impacto. Puede recorrer cientos de metros o kilómetros y por la alta velocidad con que se mueve alcanza una fuerza tal que puede ascender las paredes de la parte cóncava de los valles y en algunas oportunidades rebozar o pasar las colinas en estos cambios de dirección.

El carácter particularmente destructivo de este fenómeno puede atribuirse, aparte de su elevada energía, su densidad y capacidad de remoción y transporte de sólidos, a los siguientes dos factores agravantes: la inusitada presencia de un elevado número de asentamientos humanos en la inmediata cercanía de los cursos de agua; y el bajo grado de percepción del peligro que manifiestan los habitantes de las zonas alejadas de los conos volcánicos, que equivocadamente, se creen exentos de la acción destructiva de estos fenómenos.

Como eventos generadores de los flujos de lodo se pueden tener:

2.2.1.1 Lluvia crítica. Las precipitaciones intensas son las responsables de la mayor parte de los deslizamientos de taludes inestables. Dependiendo de las características físicas y geotécnicas de los taludes, el evento "lluvia" que puede

generar un deslizamiento tiene unas condiciones propias para cada caso particular. Esta lluvia que está asociada a un deslizamiento de determinada magnitud en un sitio particular se conoce como "lluvia crítica" y se define por su Intensidad, Duración y Frecuencia (Crosta y Negro, 2003).

2.2.1.2 Sismos. Un sismo puede generar un flujo de lodo, cuando por causa del fenómeno natural se producen deslizamientos de las laderas en cauces naturales y los materiales de dichos deslizamientos alimentan el caudal sólido de la corriente, o forman presas naturales que luego se rompen y producen olas de gran magnitud. Las características de las avalanchas dependen tanto de los volúmenes del deslizamiento como de la capacidad de las corrientes para transportarlos.

2.2.1.3 Volcanes. Los flujos de lodo y rocas se originan cuando un volcán coronado con un casquete de hielo explota y produce un deshielo parcial o total del casquete; o cuando se forma un depósito volcánico el cual puede ser generado al ser lanzados al aire materiales compuestos de rocas volcánicas que caen de nuevo a la tierra y por el rápido arrastre lateral del material piroclástico sobre la superficie del suelo, acumulándose en las cuencas de los ríos obstruyéndolos (Ingeominas, 1997).

Dependiendo de las características de la explosión, del posible volumen del deshielo o la cantidad de material depositado y la fuerza del cauce, se genera un caudal líquido de cierta magnitud que corre sobre las corrientes superficiales de drenaje que se encuentran en la región. En su recorrido el caudal líquido atrapa material sólido y se mezcla con él, formando el fluido viscoso. La magnitud del flujo de lodo que se forma está relacionada con las siguientes componentes de la erupción volcánica (Costa, 1997):

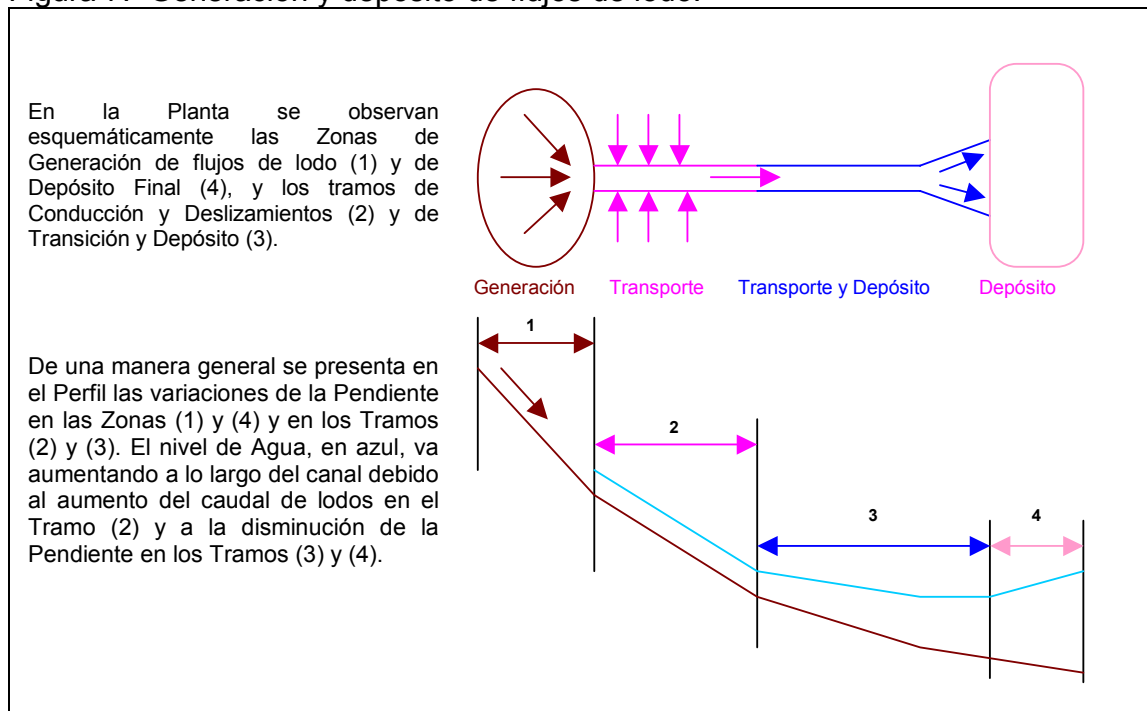
- Tipo de erupción.
- Magnitud y duración del evento.
- Volumen del casquete de hielo si lo hay.
- Volumen de ceniza o flujo piroclástico depositados.
- Lluvia generada.

2.2.2 Formación y disposición de los flujos de lodo. La formación y disposición de flujos de lodo podemos observarlos en el esquema planteado en la figura 7.

2.2.2.1 Tramo inicial de generación de flujos de lodo. El caudal que es producido por el evento que genera el flujo de lodo fluye sobre el terreno; en su recorrido captura material suelto y comienza a formar los flujos de lodo. En estas condiciones el caudal total y la viscosidad se incrementan a medida que el flujo se acumula y se dirige hacia las corrientes principales de drenaje.

Las corrientes principales de drenaje se definen a partir de una sección de entrada cuya localización depende de las condiciones topográficas de la zona. En la sección de entrada se sintetizan las características del caudal en la forma de un hidrograma trapezoidal de entrada del flujo viscoso.

Figura 7. Generación y depósito de flujos de lodo.



2.2.2.2 Tramo de transporte de lodo y de incremento de volúmenes de sólidos. Una vez que el caudal entra al cauce su comportamiento hidráulico queda definido por las ecuaciones de continuidad, energía y cantidad de movimiento en canales. Generalmente el primer tramo del canal es encañonado, de fuerte pendiente, y tiene gran capacidad de transporte. El tratamiento del problema puede ser sencillo o complicado, dependiendo de las simplificaciones que permitan los cálculos y la fracción de sólidos involucrada.

En el caso de bajas concentraciones de material (material sólido < 10%), se puede tratar como un fluido puro, pero la ecuación de continuidad debe contemplar tanto el aspecto variable de la densidad del flujo como las ganancias de caudales sólido y líquido en aquellos tramos donde la socavación del lecho, los deslizamientos de los taludes y los aportes de tributarios sean importantes.

La aplicación de la ecuación de energía incluye la determinación de gastos por fricción interna y por fricción entre el fluido y el contorno.

El cambio en la cantidad de movimiento está relacionado con las fuerzas que ejerce el fluido sobre el contorno del cauce en razón de la fricción y de los cambios de dirección.

2.2.2.3 Tramo de transporte y depósito de material sólido. A continuación del tramo de alta pendiente se presenta un tramo de transición en el cual la pendiente va cambiando de alta a media y luego a baja. En este tramo se combinan los procesos de transporte del flujo de lodo y de depósito inicial de material sólido.

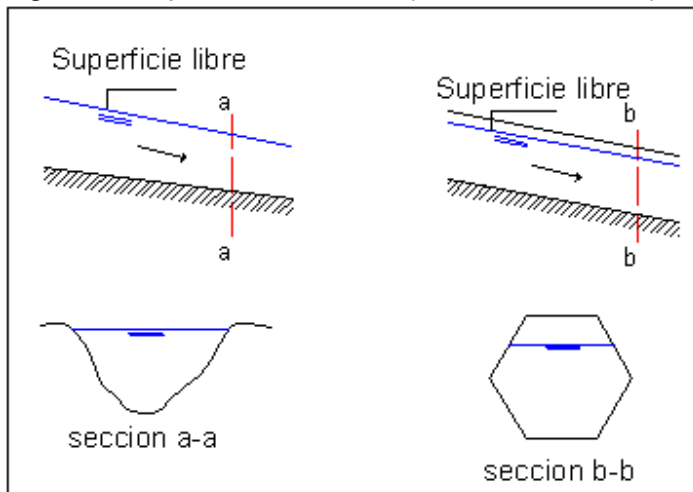
2.2.2.4 Tramo final de depósito de sólidos. El tramo de entrega corresponde al tramo final de la corriente, donde la pendiente del cauce es pequeña, y desemboca en una planicie inundable que se prolonga hasta su entrega a un río o al mar. En la planicie inundable se deposita una parte del material formando capas y disminuyendo la velocidad del flujo.

2.3 FUNDAMENTOS HIDRÁULICOS

Al movimiento de un fluido se le llama flujo. Los flujos en canales abiertos se refieren al movimiento en presencia de una superficie libre, donde la presión sobre la superficie libre del fluido es igual a la presión atmosférica. El factor primordial en el análisis de flujos en canales abiertos es la localización de la superficie libre, la cual se desconoce de antemano (a priori). La superficie libre asciende y desciende en respuesta a perturbaciones del flujo.

Por oposición a los conductos cerrados, en los que el agua llena el conducto, en un canal abierto siempre existe una superficie libre en contacto con el aire exterior normalmente considerada como referencia de presión cero (Ver figura 8). Esto por una parte facilita el análisis, al eliminar el término de presión, pero por otra lo complica ya que, la forma de la superficie es desconocida y la profundidad cambia al cambiar las condiciones.

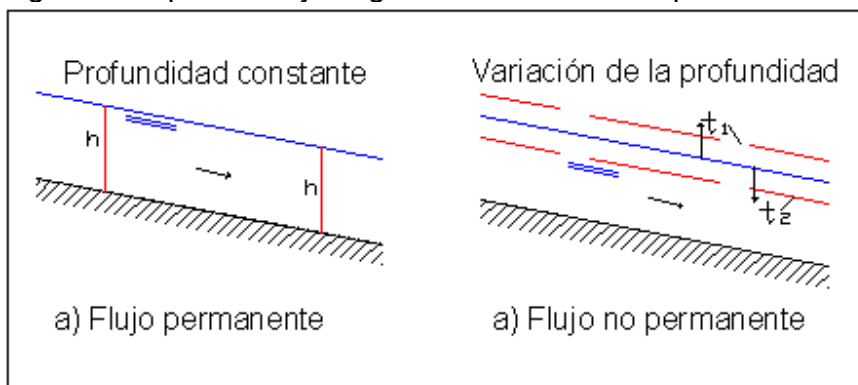
Figura 8. Tipos de canales, a) Canal abierto. b) Canal cerrado



2.3.1. Tipos de flujo. El flujo de un fluido puede clasificarse de muchas maneras, teniendo en cuenta diferentes criterios tales como el tiempo, el espacio la viscosidad y la gravedad. Los métodos particulares usados en el análisis del flujo varían en gran proporción con las características de éste.

2.3.1.1 Criterio del tiempo. Bajo este criterio como se observa en la figura 9, los flujos se clasifican como permanentes y no permanentes. Se dice que un flujo es permanente o continuo cuando las propiedades del fluido, las características y las condiciones del movimiento en cualquier punto, no cambian con el tiempo (Duarte, 2004).

Figura 9. Tipos de flujo según el criterio del tiempo.



El flujo es no permanente cuando las condiciones en algún punto cambian con el tiempo, como la velocidad $\partial \bar{v} / \partial t \neq 0$, si la velocidad en un punto cambia con el tiempo se puede decir que la aceleración es diferente de cero (Streeter, Wylie y Bedford, 2000). Si el caudal es cambiante con el tiempo, el flujo no es permanente, como se puede observar en la figura 9.

2.3.1.2 Criterio del espacio. El flujo es uniforme cuando en cualquier punto del fluido el vector velocidad es idéntico (en módulo y en dirección) en un instante dado. Esta condición exige que las aceleraciones convectivas sean despreciables y que se presente un balance entre las fuerzas gravitacionales con las fuerzas de fricción (Duarte, 2004).

La expresión $\partial \bar{v} / \partial s = 0$ establece que no hay variación en el vector velocidad en cualquier dirección a través del fluido en un instante dado, pero nada se dice del cambio de velocidad en un punto con el tiempo que puede ser nulo o no (Streeter, Wylie y Bedford, 2000).

Se considera flujo no uniforme o variado si para un instante dado la velocidad del flujo varía con el espacio, expresando $\partial \bar{v} / \partial s \neq 0$, cuando el tiempo se mantiene constante, siendo ∂s un desplazamiento en una dirección cualquiera (Streeter, Wylie y Bedford, 2000)

En el caso del flujo no uniforme, si la variación de la velocidad es pequeña respecto al espacio, el flujo se clasifica como *flujo gradualmente variado* (FGV), pero si al contrario el cambio de velocidad sucede en longitudes relativamente cortas, el flujo se clasifica como *flujo rápidamente variado* (FRV) (Duarte, 2004).

2.3.1.3 Criterio de viscosidad. Considerando la viscosidad de los flujos se clasifican en laminares, turbulentos o de transición. El flujo turbulento es el más frecuente en las aplicaciones prácticas de la ingeniería. En esta clase de flujo las partículas del fluido se mueven siguiendo trayectorias muy irregulares, originando un intercambio de cantidad de movimiento de una porción de fluido a otra. Las partículas fluidas implicadas en el intercambio de cantidades de movimiento pueden tener un tamaño muy pequeño (unos pocos de miles de moléculas) hasta muy grande (miles de metros cúbicos en la turbulencia atmosférica) (Duarte, 2004).

En los casos en que el flujo puede ser unas veces turbulento y otras laminar, el turbulento origina una mayor tensión de cortadura en el fluido y es la causa de que una mayor proporción de energía mecánica se convierta en térmica. Así, en el flujo turbulento, la pérdida de energía mecánica varía aproximadamente con el cuadrado de la velocidad, mientras que en el laminar varía linealmente con la velocidad (French, 1985).

En el flujo laminar las partículas del fluido se mueven a lo largo de trayectorias uniformes en capas o láminas, deslizándose una capa sobre la adyacente. Las fuerzas viscosas son muy fuertes con relación a las inerciales. En el flujo laminar se cumple la ley de Newton de la viscosidad, que relaciona la tensión de cortadura con la velocidad angular de deformación por medio de una propiedad física del fluido: la viscosidad (Chow, 1968).

En el flujo laminar la acción de la viscosidad frena la tendencia a la turbulencia. El flujo laminar no es estable cuando es pequeña la viscosidad, o grande la velocidad o el caudal y se rompe transformándose en turbulento. En canales abiertos el flujo laminar ocurre con muy poca frecuencia (Chow, 1968).

2.3.1.4 Criterio de la gravedad. Cuando se considera la relación existente entre las fuerzas de inercia (movimiento) y las fuerzas que tratan de restaurar las condiciones estáticas (fuerzas de gravedad) se establece que:

Un flujo es *crítico* si su velocidad media es igual que una onda de gravedad de pequeña amplitud, si la velocidad del flujo es menor que la velocidad crítica, el flujo se clasifica como *subcrítico* y si la velocidad media del flujo es mayor que la velocidad crítica, el flujo se clasifica como *supercrítico* (Duarte, 2004).

Para representar físicamente las fuerzas inerciales y las de gravedad, se utiliza un parámetro adimensional que relaciona la velocidad media del flujo con la velocidad de una onda de gravedad. Esta relación está dada por el número de Froude, definido para canales abiertos como:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}}$$

Donde,

V: Velocidad media del flujo definida como la relación del caudal al área de la sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo en el canal ($v = \frac{Q}{A}$)

D: es la profundidad hidráulica, la cual está definida como la relación del área de la sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo en el canal entre el ancho de la superficie libre ($D = \frac{A}{b}$)

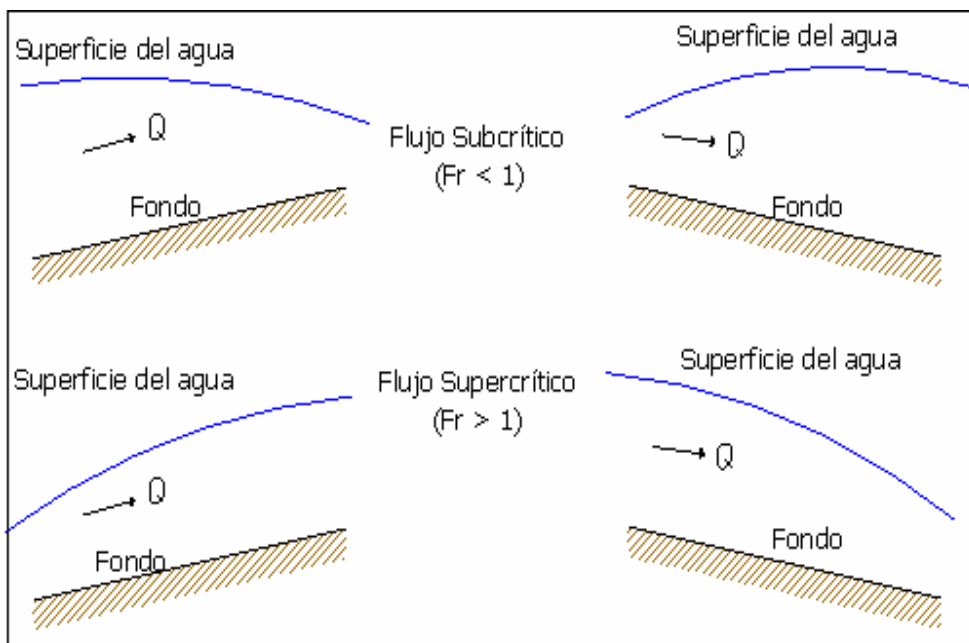
g: Gravedad

Si $F > 1$ el flujo está en un estado supercrítico

Si $F = 1$ el flujo está en un estado crítico

Si $F < 1$ el flujo está en un estado subcrítico

Cuando el flujo es subcrítico se dice que el flujo tiene una velocidad baja y se describe como tranquilo y de corriente lenta; cuando el flujo es supercrítico se describe como rápido, ultrarrápido y torrencial (French, 1985).



Para aplicaciones prácticas, los flujos con superficies libres generalmente presentan una serie de combinación de condiciones; por lo cual es muy común encontrar los siguientes tipos de flujos (Chanson, 2002):

- **Flujo uniforme permanente** es aquel donde la profundidad es constante tanto en el tiempo como en el espacio, generalmente constituye el tipo de flujo donde la fuerza de gravedad está en equilibrio con la fuerza de resistencia.

En general el flujo uniforme ocurre únicamente en canales prismáticos muy largos y rectos, en donde puede tenerse una velocidad última del flujo, la pérdida de energía ocasionada por flujo turbulento es exactamente balanceada por la reducción en energía potencial producida por el decremento uniforme en la elevación del fondo del canal. Además, aunque el flujo uniforme no permanente es teóricamente posible, rara vez ocurre en canales abiertos.

- **Flujo no uniforme permanente** es aquel donde la profundidad varía con la distancia pero no con el tiempo, también se denomina flujo variado y se caracteriza porque el perfil de la superficie libre es una curva ascendente o descendente en ocasiones definida.

Este flujo puede ser gradualmente o rápidamente variado; el primero de ellos se caracteriza porque la curvatura de las líneas de corriente no es excesiva, siendo la resistencia por fricción un agente importante.

El segundo tipo de flujo se caracteriza porque la curvatura de las líneas de corriente es fuerte, además la profundidad cambia apaciblemente en una corta distancia, por ello es insignificante la resistencia.

- **Flujo no permanente** Es aquel flujo donde sus características y propiedades varían tanto con el tiempo como en el espacio. Este flujo se caracteriza por su complejidad, y puede ser gradualmente variado no permanente o rápidamente variado no permanente.

- **Flujo especialmente variado** Este ocurre cuando a un sistema se le añade o extrae caudal. Este flujo puede ser permanente y no permanente.

- **Flujo superficial uniforme** Cuando la profundidad de flujo es muy pequeña en comparación al ancho del flujo, este ocurre en una cuenca de drenaje principalmente por resultado de escorrentía natural y puede ser turbulento o laminar.

Cualquiera que sea la naturaleza del flujo, han de cumplirse:

La ley de Newton del movimiento para cualquier partícula y en cualquier instante.
La ecuación de continuidad, es decir, el hecho de que la masa que entra en un pequeño volumen en la unidad de tiempo sea igual al incremento de masa en la unidad de tiempo.

2.3.2. Tipos de canales Los canales pueden ser naturales o artificiales, ya sean de sección transversal abierta como cerrada.

Los canales artificiales son aquellos construidos por el hombre por motivos de riego, drenaje, para convertir una vía en navegable o como parte de una presa hidroeléctrica, cunetas de drenaje, canaletas de rebose, cunetas, etc., como canales de sección cerrada podemos citar los sistemas de alcantarillado, y el flujo en túneles.

En los canales artificiales la magnitud de la velocidad del flujo como la magnitud de los esfuerzos tangenciales que se generan no ocasiona el desarrollo de fenómenos de erosión o sedimentación, siendo la rugosidad y la geometría del canal constantes respecto al tiempo.

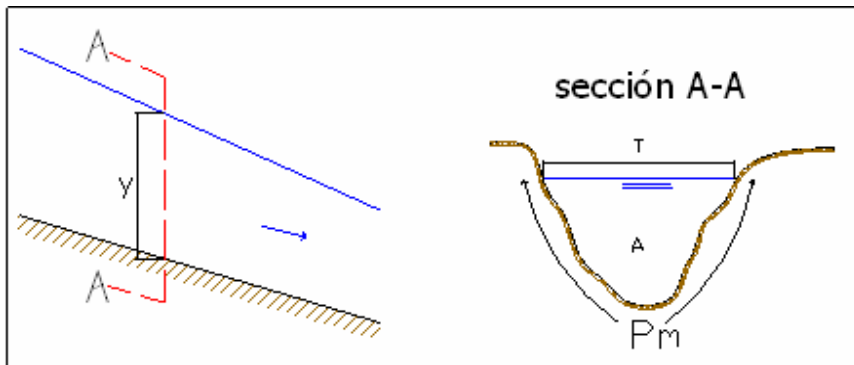
Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen naturalmente sobre la tierra, un ejemplo de estos canales son las quebradas, ríos y acequias. Las propiedades de un canal natural son muy irregulares, estos parámetros pueden variar espacialmente como temporalmente; por lo tanto, en algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonablemente consistentes con observaciones y experiencias reales. (Chow, 1968)

Los principales parámetros que deben tenerse en cuenta en el análisis del flujo en canales abiertos son la geometría del canal (ancho, pendiente, rugosidad), las propiedades del flujo (densidad, viscosidad) y los parámetros de flujo (profundidad de flujo) (Chanson, 2002).

2.3.3 Características geométricas de la sección transversal de un canal Un canal puede adoptar diferentes formas desde trapezoidal hasta rectangular, pasando por formas poligonales, parabólicas, semicirculares, etc.

Los elementos geométricos son propiedades de una sección del canal que pueden ser definidas por la geometría de la sección y la profundidad del flujo (h), El término sección se refiere a un corte transversal del canal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo, figura 11.

Figura 11. Elementos geométricos de la sección.



Por lo general las secciones en los canales naturales son muy irregulares y pueden variar desde aproximadamente una parábola a una aproximación del trapecio, por lo cual no es posible establecer todos los elementos en base a la profundidad, pero si se puede establecer relación entre los diferentes elementos.

Las propiedades geométricas más comunes son las siguientes:

- **Área (A):** Área de la sección normal a la dirección del flujo.
- **Ancho superficial (T):** Es el ancho de la sección en la superficie libre.
- **Profundidad (h):** Distancia vertical medida desde el punto más bajo de la sección transversal del canal y la superficie libre del flujo.
- **Perímetro mojado (P_m):** longitud del contorno en contacto con el agua.
- **Radio hidráulico (R_h):** se define como la relación entre el área de la sección transversal y el perímetro mojado de la misma. ($R_h = \frac{A}{P_m}$)
- **Profundidad hidráulica media (D):** Se define como la relación entre el área de la sección transversal y el ancho de la superficie libre misma. ($D = \frac{A}{T}$)

2.3.4 Difusión En física la difusión se conceptúa como el flujo de energía o materia desde una zona de mayor concentración a otra de menor concentración, tendiente a producir una distribución homogénea.

En todos los casos, la velocidad de difusión es proporcional al área de la sección transversal y al gradiente de concentración (cuando el gradiente es pequeño).

La velocidad de difusión también es proporcional a una propiedad específica de la sustancia, en el caso de la materia, esta propiedad se llama difusividad o coeficiente de difusión (D_0). La cantidad de materia que se difunde en un tiempo determinado, o la distancia que recorre, es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo (Chanson, 2002).

A diferencia de la agitación, que es un proceso en el que se mezclan grandes masas de material, la difusión es un proceso molecular, que depende exclusivamente de los movimientos aleatorios de las moléculas individuales. La velocidad de difusión es por tanto, proporcional a la velocidad media de las moléculas.

3 EL MODELO

Un modelo es una representación de una realidad con el propósito de estudiarla, siendo el modelo una simplificación muy útil de la realidad. La elaboración de un modelo numérico para simular el comportamiento de un fenómeno natural como un flujo de lodo, es de importancia fundamental para prever sus impactos sobre el territorio. A diferencia de la reconstrucción de los eventos históricos, que resulta sumamente útil como elemento de calibración, el enfoque modelístico permite incluir la situación actual y, por lo tanto, una cuantificación más adecuada de la peligrosidad, con el propósito de evitar que se subestime o se exagere la magnitud del fenómeno, lo que resulta fundamental para las actividades de prevención de desastres naturales.

Los métodos de análisis de la mecánica de fluidos se basan en los postulados fundamentales de la física, en las técnicas de análisis matemático y en resultados experimentales.

Este modelo se sustenta en los principios físicos de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento, aplicados a un flujo canalizado y más específicamente, a un elemento de volumen en el interior del fluido.

3.1. CONDICIONES INICIALES

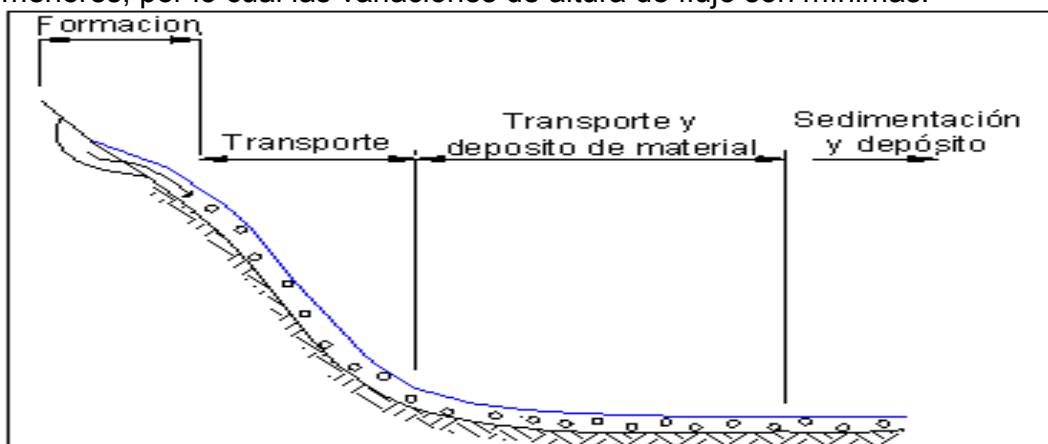
Como condición inicial, el modelamiento está regido estrictamente por la topografía, por lo cual no se consideran los efectos impuestos por la presencia de edificaciones en los casos en donde el flujo entre en contacto con las mismas. Esta condición permite tener un factor de seguridad ya que no se está contemplando los efectos de disipación de energía que tenderían a frenar el flujo previamente en su fase de depósito.

El modelo está realizado a través de secciones a lo largo del cauce, además para su análisis matemático, su recorrido se dividió en dos tramos, los cuales tienen comportamientos hidráulicos diferentes debido a su forma. El primer tramo es un canal bien definido, ya que se encuentra totalmente encañonado, además las pendientes de este sector son bastante altas, el segundo tramo tiende a comportarse hidráulicamente como una llanura de inundación, con baja pendiente.

Por otra parte, para el desarrollo y aplicación del modelo se adoptó específicamente que:

El flujo es homogéneo; esto quiere decir que no presenta diferencias significativas entre las velocidades del agua, el lodo y la de los sedimentos, esto se puede sustentar en que un flujo de lodos se puede comportar como un flujo homogéneo a una concentración de partículas finas de aproximadamente 90kg/m^3 (con una concentración menor del 10%). (Wan y Chien 1989). Al formarse dicho flujo este se comporta como fluido Newtoniano. Cuando el contenido de partículas finas es bajo, puede ocurrir un flujo viscoso continuo, en el cual no se forma una parte frontal ni ocurren pulsaciones y se asemeja más al modelo de fluido Newtoniano de Manning (ver figura 12). Además en canales abiertos muy anchos, los lados del canal no tienen ninguna influencia en la distribución de velocidades en la región central, por lo tanto el flujo de velocidades en esta sección puede considerarse bidimensional (Chow, 1968), de igual manera la ausencia de un gradiente de densidad en la mayor parte de los flujos de canales abiertos naturales, demuestra que la velocidad es suficiente para mezclar completamente el flujo con respecto a la densidad.

Figura 12. Perfil longitudinal de un flujo de lodo diluido. El comportamiento de un flujo diluido carece de pulsaciones, por lo tanto la sedimentación y depósito son menores, por lo cual las variaciones de altura de flujo son mínimas.



III Simposio panamericano de deslizamientos (2001)

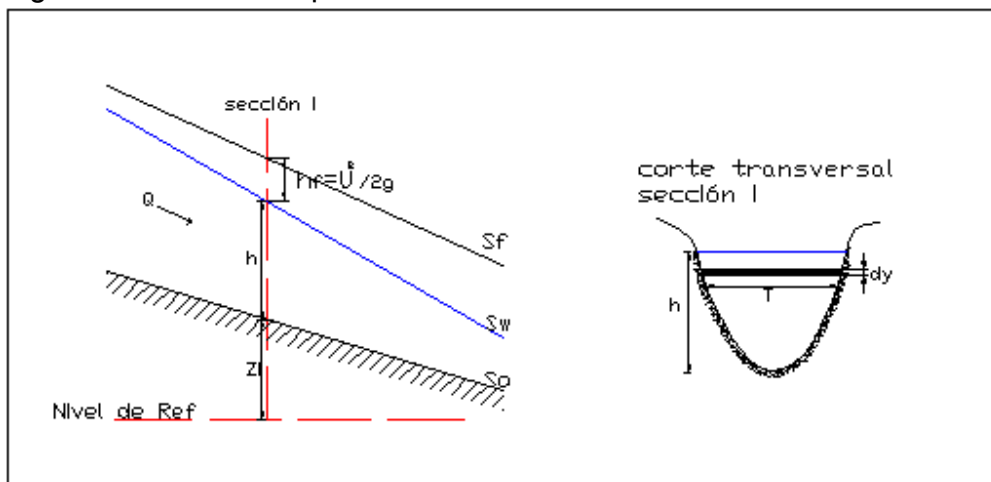
El volumen se mantiene constante; esto significa que son despreciables los efectos de sedimentación y erosión. Esta consideración se hace, ya que en primer lugar, en suelos finos, ya compactados, la erosión es muy limitada (Hsu, 2004) y en segundo lugar, esta suposición simplifica los cálculos. Es de notar, que sobre las calles pavimentadas esta suposición se justificaría completamente. En esta

aproximación al problema, no se tiene implementado un modelo de depósito, ya que se asume que el cambio de densidad no cambiaría el curso del flujo. Los cambios de densidad afectan la presión dinámica del flujo y es un factor muy importante en la evaluación de las amenazas, lo cual está fuera de la delimitación de este trabajo.

La anterior caracterización lleva a definir el flujo a modelar como no uniforme permanente, el cual tiene las siguientes características:

- La velocidad media del flujo varía a lo largo del canal, lo que implica que la pendiente del canal (S_o), la pendiente del flujo (S_w), y la pendiente de fricción (S_f), se diferencian entre sí. (ver figura 13).

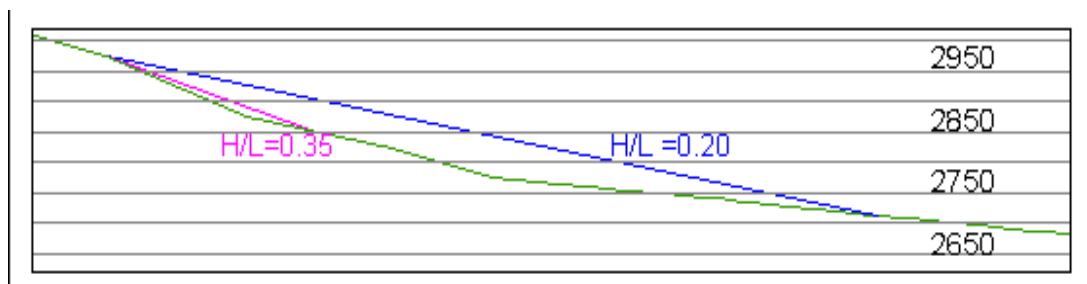
Figura 13. Diferentes pendientes del canal.



- Ya que el ascenso o descenso de la superficie libre es leve y las pérdidas de energía se deben fundamentalmente a la fricción, es posible aplicar el principio de energía para estudiar la variación de la profundidad del flujo (Duarte, 2004).
- Los coeficientes de distribución de velocidad son constantes.

Según un análisis de Crosta y Negro (2003), los flujos de lodos fluyen hasta una distancia de 2000 m a 3000 m horizontalmente, con alturas entre 600 m y 700 m, determinando una relación de pendiente de línea de energía (H/L), entre 0,2 y 0,35; de acuerdo a este estudio se establecen dos líneas de energía, entendiendo

como línea de energía la línea que une la cabeza inicial de energía con la cabeza de energía en un siguiente punto, es decir quitando las pérdidas por fricción. Estas líneas son trazadas desde la cota 3000 m, como se puede observar en la figura 14, siendo esta cota el punto donde se asume la posible acumulación del depósito, ya que es la distancia estimada para el avance máximo de flujos piroclásticos según el mapa de amenazas del volcán Galeras, (Ingeominas tercera versión, 1997).



Las líneas de energía aquí utilizadas son apropiadas para la estimación del volumen, puesto que por conservación de masa el volumen sería el mismo si el flujo se desarrolla en canal o en una laguna de inundación, pero, para el caso en consideración para estimar la longitud máxima no es un parámetro aconsejable, ya que en la parte superior de la quebrada el flujo viene canalizado aproximándose a un comportamiento bidireccional generando un mayor alcance.

Con las anteriores relaciones encontradas a través de las líneas de energía como se puede ver en la figura 14, se procede a calcular el volumen del material a través de la fórmula de Rickenmann (Crosta,G y Negro,P. 2002).

$$v = \left(\frac{L}{1.9H^{0.83}} \right)^{1/0.16} \quad (1)$$

Donde:

v: Volumen

H: Distancia máxima vertical alcanzada por el flujo.

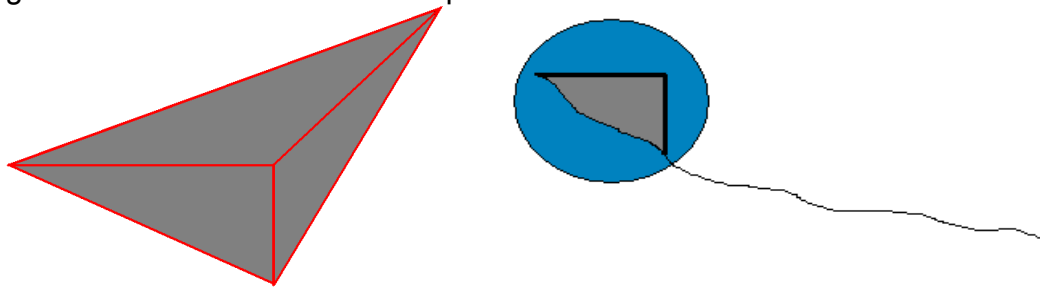
L: Distancia máxima horizontal alcanzada por el flujo.

Dando como resultado:

H/L	L(m)	H(m)	V(M ³)
0,2	1311,7647	262,353	157187,92
0,35	352,9412	123,529	2137,3278

Teniendo ya el volumen y asumiendo que el material estaba depositado de forma prismática como se indica en la figura 15, se procedió a calcular la altura del depósito un instante antes de que ocurra el flujo, el cálculo se realizó buscando una altura de material, que con la forma que tiene el depósito proporcione un volumen igual al calculado.

Figura 15. Forma asumida del depósito de material



Con la altura del material ya conocida, también son conocidas las características geométricas de la sección, por lo cual, se procedió a calcular la velocidad de arranque del material en base a la ecuación de Manning.

La densidad de la mezcla se calculó a través de la relación:

$$\rho = (1 - n_s)\rho_s \quad (2)$$

Donde:

n_s : fracción de masa, para este caso se tomó el valor de una fracción de masa correspondiente a una porosidad del 40%, que es la observada en depósitos piroclásticos (Sparks, 1997).

ρ_s : Densidad de los sólidos, para este caso se asumió igual a 2300kg/m^3 que corresponde a la densidad típica del grano de flujos piroclásticos (Neri y Macedinio, 1996)

Obteniendo una densidad inicial de la mezcla de 1365 kg/m^3

Teniendo la densidad inicial de la mezcla conocida, se procedió a calcular la concentración volumétrica θ_s , obteniendo:

$$\theta_s = \frac{\rho + \rho_w}{\rho_s + \rho_w} \quad (3)$$

Donde:

ρ : Densidad de la mezcla.

ρ_w : Densidad del agua que para este caso se asume de 999,7 Kg/m³, la cual se presenta cuando la temperatura del agua se encuentra alrededor de 10°C.

Teniendo con esto todas las condiciones iniciales para desarrollar el modelo para los dos escenarios, como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones iniciales

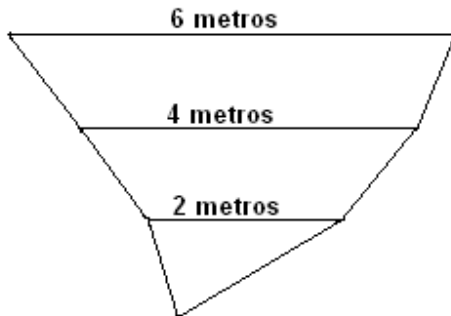
	Relación H/L=0,35	Relación H/L=0,2
Volumen (m ³)	157187,92	2137,33
Altura inicial (m)	9,62	18,75
Área de la sección Transversal (m ²)	92,55	351,56
Radio Hidráulico (m)	3,39	6,6
Velocidad inicial (m/s)	13,8	17,16
Densidad Inicial (Kg/m ³)	1375	1375
Fracción volumétrica de sólidos (θ_s)	0,288	0,288

3.2 ANÁLISIS DE DATOS TOPOGRÁFICOS.

Se analizaron los datos topográficos existentes de la cartografía de la ciudad realizada por el IGAC, que cuenta con curvas de nivel cada dos metros, a partir de la cota 2794, con estos datos se obtuvieron 146 perfiles transversales a lo largo del cauce de la quebrada Mijitayo, (ver anexo (A)) a partir de los cruces de las curvas de nivel con el cauce, aplicando un criterio dependiente de la topografía y la similitud de las pendientes.

Una vez obtenidos los perfiles de cada una de las secciones transversales, se realizó una base de datos de las áreas (A), perímetros mojados (P_m), anchos superficiales (T) y radios hidráulicos (R_n), cada dos metros de altura y a fracciones más pequeñas, entre las cotas en que se encuentra el flujo, llegando a seccionar el sector hasta el centímetro, para esto, se asumió en los cortes que los tramos eran rectos entre cota y cota, trazando una línea recta entre las curvas de nivel, como se puede ver en la figura 16.

Figura 16. Forma de un corte transversal tipo.



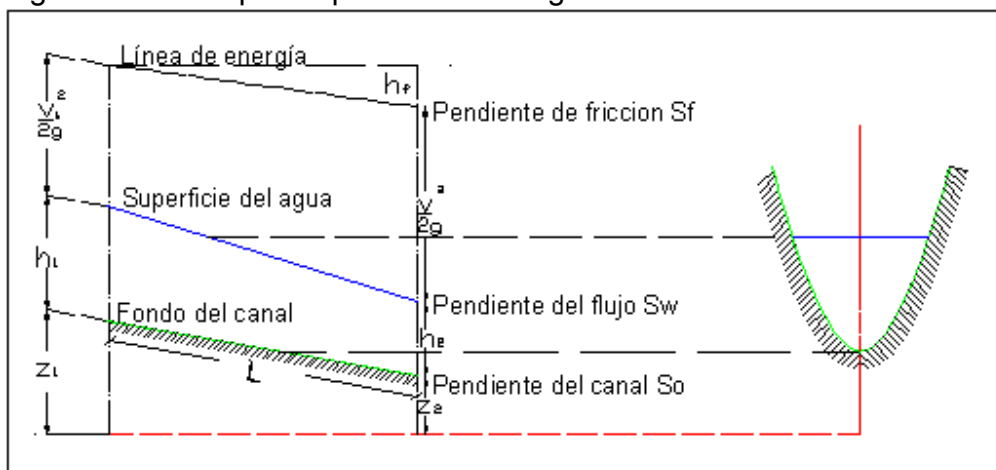
Una vez realizada la base de datos para cada sección transversal se estableció el modelo matemático.

3.3 MODELO MATEMÁTICO

Asumiendo que debido a la turbulencia, lateralmente el flujo es aproximadamente constante en velocidad y concentración, entonces el flujo es principalmente unidimensional, pudiendo aplicar las ecuaciones de flujos en canales abiertos; así ciertos tipos de flujos con superficies libres pueden ser estudiados exclusivamente con la aplicación conjunta de los siguientes principios:

3.3.1. Principio de energía. En una sección transversal cualquiera de un conducto como la que muestra la figura 17:

Figura 17. Principio de pérdida de energía.



Por la que fluye un fluido con superficie libre, el flujo presenta una determinada energía total por unidad de peso dada por la expresión:

$$H_i = Z_i + Y_i + \alpha_i \frac{\overline{V_i^2}}{2g} \dots\dots$$

De acuerdo con el principio de conservación de energía, la altura de energía total en la sección 1, localizada aguas arriba debe ser igual a la altura de energía total en la sección 2, localizada aguas abajo más la pérdida de energía (h_f) entre las secciones, en los canales con pendiente pequeña. Una pendiente es pequeña cuando el seno de la pendiente es aproximadamente igual al valor de la pendiente.

$$z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad (4)$$

Donde:

- h : Profundidad del flujo
- V^2 : Velocidad media al cuadrado
- g : Gravedad.
- z : Diferencia de alturas.

Si bien en el análisis de varios tipos de flujo con superficie libre es frecuente la utilización del concepto de energía total, es de uso común el concepto de energía específica (E), cuya aplicación en el análisis del comportamiento ante diferentes condiciones de contorno es de suma importancia.

La energía específica se define como la energía del flujo respecto al fondo del cauce, siendo esta:

$$E = h + \frac{\overline{V^2}}{2g} \quad (5)$$

Donde:

- E : Energía específica
- h : Profundidad del flujo
- $\overline{V^2}$: Velocidad media al cuadrado
- g : Gravedad.

En un canal prismático la sección transversal varía a lo largo de la longitud del canal, por consiguiente la curva de energía específica cambiará de una sección a otra, pero aun en el caso del flujo gradualmente variado, para propósitos prácticos puede suponerse que los valores de velocidad pueden ser idénticas para todos los puntos de la sección, (Chow, 1968).

3.3.2. Principio de momento. El principio de la conservación de la cantidad de movimiento indica que la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo es igual a la variación respecto al tiempo del vector cantidad de movimiento.

$$\sum F_{\text{ext}} = \rho_1 * Q_1 - \rho_2 * Q_2 \dots\dots$$

Donde Δ es la densidad y Q es el caudal. Esta expresión es válida tanto para fluidos compresibles como incompresibles, para permanentes o transitorios, moviéndose en dirección del flujo lo que en un canal siempre coincide con la dirección del eje en el fondo.

Todo flujo obedece a las leyes de conservación. Una de las cuales es la conservación de la masa, que en su forma general para flujos con densidad variable, se expresa así (Streeter, Wylie y Bedford, 2000).

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 \quad (6)$$

Donde:

- ρ_1 : Densidad inicial
- ρ_2 : Densidad final
- A_1 : Área inicial del canal
- V_1 : Velocidad inicial del canal
- A_2 : Área final del canal
- V_2 : Velocidad final del canal

La similitud entre las aplicaciones de los principios de energía y momento son básicamente en que la energía es una cantidad escalar e influyen las pérdidas internas, en tanto la ecuación de momento es una cantidad vectorial que contiene un término para la resistencia externa.(Chow, 1968).

3.4 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD.

La rugosidad que presentan los contornos de la sección transversal de los canales es variada, además de estar influenciada por diferentes tipos de agentes en el proceso de resistencia al movimiento, como ejemplo de estos, se tiene la vegetación, las basuras, obstrucciones, sedimentación, etc. Por lo anterior disponer valores precisos de rugosidad no es fácil, por lo que se requiere un estudio detallado del uso que se le da a tal valor.

3.4.1 Ecuación de Manning. La velocidad promedio de un flujo uniforme puede calcularse de manera aproximada por diferentes ecuaciones semiempíricas. La ecuación de Manning fue desarrollada en 1889, esta ecuación es el resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por tanto es empírica (French, 1988).

$$V = \frac{1}{n} R_h^{\frac{4}{3}} * S_f^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Donde:

- V : velocidad
- n : Coeficiente de resistencia de Manning
- R_h: Radio hidráulico
- S_f: Pendiente de fricción.

El coeficiente n utilizado en la ecuación, no es adimensional, presentando entonces dimensiones de L^{-1/3}T, lo cual después de múltiples aplicaciones y propósitos prácticos, la consideración de un coeficiente n adimensional es aceptable (Duarte, 2004).

A través de la ecuación de Manning podemos realizar modelos para flujos Newtonianos (Suárez, 2001), siendo estos los adoptados para el flujo de lodo aquí planteado.

3.4.1.1 Factores que afectan el coeficiente de Manning. Este coeficiente es muy variable y depende de varios tipos de factores, no se debe definir únicamente por la rugosidad de la superficie que compone el perímetro mojado. Para seleccionar el valor apropiado es necesario tener en cuenta los siguientes factores (Chow, 1968):

- a. **Rugosidad superficial:** Está representada por el tamaño y forma de las partículas del material que forma el perímetro mojado, en general granos finos dan valores bajos de n , y granos gruesos valores altos.

- b. **Vegetación:** La vegetación puede ser vista como una clase de rugosidad superficial, reduce en marcada forma la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende principalmente de la altura, densidad, distribución y tipo de vegetación.

- c. **Irregularidad del canal:** La irregularidad del canal comprende irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma a lo largo de la longitud del canal. En los canales naturales estas irregularidades se deben a la presencia de barras de arena, ondas arenosas, depresiones, hoyos y relieves en el lecho del canal.

Estas irregularidades introducen rugosidades adicionales; un cambio uniforme en la sección transversal, tamaño y forma no afectará apreciablemente el valor de n , pero cambios bruscos o alternación de secciones pequeñas y grandes justifican el uso de un valor grande de n .

- d. **Alineamiento del canal:** Curvaturas suaves con radios grandes darán un valor relativamente bajo de n , mientras que curvaturas agudas con meandros severos aumentarán n . Los meandros de cursos naturales pueden aumentar el valor de n en un 30%.

- e. **Depósitos y socavaciones:** Los depósitos pueden cambiar un canal muy irregular en uno comparativamente uniforme y disminuir n , mientras que la erosión puede hacer al revés y aumentar n . El efecto dominante del depósito dependerá de la naturaleza del material depositado. La cantidad y uniformidad de la erosión dependerá del material que forma el perímetro mojado.

- f. **Obstrucción:** La presencia de troncos, pilares de puentes, edificaciones y semejantes tiende a aumentar n . El monto del aumento depende de la naturaleza de la obstrucción, su tamaño, forma, número y distribución.

- g. **Nivel y caudal:** El valor de n en la mayoría de las corrientes decrece con el aumento en el nivel y el caudal. Cuando el agua está baja, las irregularidades del fondo del canal están expuestas y sus efectos se hacen pronunciados. Sin

embargo, el valor de n puede ser grande para niveles altos si los bancos son rugosos y con mucha vegetación.

Este coeficiente está afectado por varios valores, en el caso de este trabajo, es necesario tener en cuenta las características del flujo; partiendo de que la rugosidad para flujos de lodo es generalmente más alta que para flujos cuyo contenido es únicamente agua, por lo anterior se adoptó un valor para n , que estará directamente relacionado con el nivel del flujo.

Según Xu y Feng (Suárez, 2001), para la modelación de este tipo de flujos se debe obtener una rugosidad característica donde el coeficiente de fricción n es proporcional al espesor del flujo:

$$n = 0,035 h^{0,34} \quad (8)$$

Donde:

El factor multiplicador de 0,035 viene del valor del coeficiente de rugosidad n promedio de un cauce natural

n : Coeficiente de rugosidad

h : Profundidad del flujo

Esto se debe a que al aumentar el espesor es mayor la cantidad de partículas sólidas, por consecuencia se aumenta la disipación de energía potencial y debe aumentar el valor de la rugosidad para tener en cuenta esa disipación.

3.4.2. Ecuación de Chezy. La fórmula de Chezy representa el primer intento afortunado de expresar la pérdida de carga debida al roce en los conductos en términos algebraicos. La fórmula se calculó originalmente para canales abiertos. Darcy modificó más tarde su forma para aplicarla a tuberías.

Tal como lo propuso Chezy la velocidad media de un flujo en un canal se determina por medio de la fórmula:

$$V = C \cdot \sqrt{R_h S_f} \quad (9)$$

Donde:

C : Coeficiente de Chezy

S_f : Pendiente de fricción

R_h : Radio hidráulico

La pendiente de fricción está en función de las condiciones topográficas, al igual que las velocidades límites, estas se establecerán con base en las características del material que conforme el perímetro mojado y tomara en cuenta la probabilidad de erosión y sedimentación.

Chezy supuso que el coeficiente C era una constante, pero luego comprobó que era una variable dependiente de la rugosidad del canal, la velocidad y del radio medio hidráulico. Por tanto la fórmula de Chezy no expresa con precisión la ley de la fricción de los fluidos (French, 1988).

En una fórmula ideal el coeficiente variaría solamente con la rugosidad del conducto; pero con los datos, numerosos y contradictorios de que hoy se dispone, es imposible obtener dicha fórmula. Lo mejor que puede hacerse es escoger una fórmula que reduzca las variaciones del coeficiente dentro del menor rango posible. Se han elaborado muchas fórmulas que en ese aspecto son modificaciones favorables de la fórmula de Chezy (Duarte, 2004).

Para el trabajo se escogió la fórmula de Ganguillet y Kutter, la cual expresa el valor de C en función de la pendiente del canal (S_0), el radio hidráulico (R_h) y el coeficiente de rugosidad n, para unidades en el sistema internacional la fórmula es

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{S_0}}{1 + \left[23 + \frac{0.00155}{S_0} \right] \frac{n}{\sqrt{R_h}}} \quad (10)$$

Donde el valor de n es calculado a partir de la ecuación (8)

La fórmula de Ganguillet y Kutter, fue utilizada ya que toma en cuenta valores muy cambiantes en canales naturales en cada sección como es el radio hidráulico y la pendiente de cada tramo, además de que produce resultados satisfactorios (Duarte, 2004).

3.5 VISCOSIDAD.

Todos los fluidos reales resisten cualquier fuerza que tienda a mover una capa por encima de la otra, pero esta resistencia aparece solo mientras el movimiento está ocurriendo. La resistencia al movimiento de una capa de fluido por encima de una capa adyacente se conoce como la viscosidad del fluido. La ley de la viscosidad de Newton postula, que para el movimiento paralelo recto de un fluido dado, el

esfuerzo tangencial entre dos capas adyacentes es proporcional al gradiente de velocidad en la dirección perpendicular a las capas:

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy}$$

Donde τ es el esfuerzo cortante entre las capas adyacentes del fluido, μ es la viscosidad dinámica del fluido, dv/dy es el gradiente vertical de velocidad. Los fluidos que obedecen la ley de viscosidad de Newton se conocen como fluidos Newtonianos (Streeter, Wylie y Bedford, 2000).

Una partícula se mueve siempre tangente a una línea de corriente; por consiguiente, en flujo permanente la trayectoria de una partícula es una línea de corriente. Cuando el flujo no es permanente al transcurrir el tiempo las líneas de corriente varían de un instante a otro. Una partícula sigue entonces una línea de corriente un instante, otra al instante siguiente y así sucesivamente, de manera que la trayectoria de la partícula puede no tener parecido ninguno a una línea de corriente instantánea dada.

Las líneas de corriente en un flujo bidimensional (que es en el cual las partículas se mueven en planos paralelos a lo largo de trayectorias idénticas en cada plano) se trazan de tal manera que el caudal que fluye entre dos líneas de corriente sea el mismo. Por consiguiente, cuando las líneas de corriente están más próximas, la velocidad debe ser mayor y viceversa (Streeter, Wylie y Bedford, 2000).

3.5.1. Cambio de concentración. Para tener en cuenta el cambio de concentración con la distancia se utiliza la ecuación de transporte, expresada en su forma de Convección-Difusión, asumiendo flujo unidireccional y no transitorio se tiene que la ecuación diferencial parcial viene a ser (Streeter, Wylie y Bedford, 2000).

$$v \frac{d\theta_s}{dx} = D_o \frac{d^2\theta_s}{dx^2} \quad (11)$$

Donde:

θ_s : Fracción volumétrica de sólidos

V : Velocidad del flujo
 x : Distancia
 D_o : Coeficiente de difusión

Aplicando diferencias finitas:

$$V\theta_{i+1} - V\theta_{i-1} = \frac{2D_o\theta_{i+1}}{L} - \frac{4\theta_i D_o}{L} + \frac{D_o\theta_{i-1}}{L}$$

Despejando la fracción volumétrica de sólidos en el punto a evaluar, la ecuación se convierte en:

$$\theta_{i+1} \left[v - \frac{2D_o}{L} \right] = V\theta_{i-1} + \frac{D_o}{L} [\theta_{i-1} - 4\theta_i]$$

Concluyendo, la expresión, θ_s significa exactamente lo mismo que θ_{i+1} por consiguiente:

$$\theta_s = \frac{V\theta_{i-1} + \frac{D_o}{L} [\theta_{i-1} - 4\theta_i]}{\left[v - \frac{2D_o}{L} \right]} \quad (12)$$

Después de despejar la fracción volumétrica de sólidos de la ecuación de transporte, expresada en su forma de Convección-Difusión, asumiendo flujo unidireccional y no transitorio, se puede finalmente conseguir la densidad total de la mezcla con la siguiente ecuación de estado:

$$\rho = (1 + \theta_s)\rho_a + \theta_s\rho_s \quad (13)$$

Donde:

ρ : Densidad de la mezcla
 ρ_w : Densidad del agua
 ρ_s : Densidad de los sólidos

3.6 CONCENTRACIÓN

El agua fluida tiene la habilidad de suspender cantidades grandes de partículas que dependen de la disponibilidad de sedimento y la capacidad de transporte del flujo. Para describir las condiciones de equilibrio en los flujos turbulentos, Rouse (1937) usó la ecuación de difusión de Schmidt (1925) y derivó la ecuación para la distribución vertical de partículas del sedimento.

El coeficiente de difusión D_0 está determinado del análisis de tensión de cizalladura. En el agua clara, esta ecuación se reduce a la formulación de Boussinesq dada por el producto de densidad del fluido (ρ_f) con la velocidad de difusión del fluido (ϵ_m) y el gradiente de velocidad en un tiempo promedio (\bar{V}).

$$D_0 = \beta \left[\frac{u^2 * \left(1 - \zeta + a \int_{\zeta}^1 C d\zeta\right)}{\frac{d\bar{u}}{dy} (1 + aC)} - \frac{v_f g(C)}{(1 + aC)} \right] \quad (14)$$

Donde:

$$a = \frac{(\rho_s - \rho_f)}{\rho_f}, \text{ Cociente de densidad.}$$

$g(C) = 1 + 2.5C + 10.05C^2 + 0.00273 \exp(16.6C)$, Función que relaciona la viscosidad relativa de partícula con la cohesión en el fluido.

v_f = Es la viscosidad cinemática del fluido ($\eta = \rho_f v_f$). El coeficiente de difusión

$C = \theta s$, concentración volumétrica del sedimento

β = Factor de corrección = 1,7

$\zeta = \frac{y}{d}$, función de la reducción en la dimensión de la profundidad.

Según Saldarraga (Duarte 2004), para aplicaciones practicas en un flujo turbulento, $\zeta = 0,63$. Esta función indica que la velocidad media de un flujo turbulento, sin importar la condición hidrodinámica de sus contornos ocurre a una profundidad aproximada de 0,63 para canales anchos o en los cuales la base del canal es 10 veces mayor que la profundidad, como en este caso.

$$u^{2*} = \frac{0.4 * \bar{v}}{\text{Ln}\left(12 \frac{h}{ks}\right)} \quad \text{Velocidad de cizalladura;}$$

Donde:

\bar{v} : Velocidad media de la sección

h : Altura de la sección

Ks: Rugosidad del tramo a evaluar

3.7 ALGORITMOS

Una adaptación de la ecuación de momento fue utilizada por Iverson, Schilling, Sp, y Vallenge, (1997), para realizar el modelamiento de una inundación, pero no tenía en cuenta ni la densidad del fluido ni la fricción producida, por lo cual detenía el flujo por medio de datos estadísticos conocidos; lo que aquí se pretendió al no tener datos histórico fehacientes, es frenar el flujo a través de la pérdida de energía que se produce a lo largo del cauce, para lo cual se dividió el cauce en dos tramos, para cada tramo se utilizó un sistema de ecuaciones apropiado a sus características hidráulicas, cada tramo está compuesto por secciones, las cuales fueron utilizadas para realizar el análisis.

3.7.1 Primer tramo Para el primer tramo se utilizaron ecuaciones más simplificadas como son las de masa y momento ya que:

- En la primera sección la forma del canal aparece aproximadamente constante durante alguna distancia
- La gran velocidad provoca turbulencia
- Por las razones anteriores se puede asumir que el cambio de densidad entre los dos primeros puntos es muy bajo, por lo que se puede utilizar ecuaciones de hidráulica, lo cual no podría ser válido en una llanura de inundación donde no se cumplen las dos primeras condiciones.

Ecuación de Conservación de Masa

$$t \frac{\partial h}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad (15)$$

Donde

t : Tiempo

$\frac{\partial h}{\partial t}$: La variación de la profundidad hidráulica respecto al tiempo

$\frac{\partial A}{\partial x}$: La variación del área respecto a la distancia recorrida por el flujo

$\frac{\partial V}{\partial x}$: La variación de la velocidad respecto a la distancia recorrida por el flujo

Ya que se está asumiendo flujo permanente, podemos aproximar la ecuación por diferencias finitas, obteniendo:

$$V_2 \frac{A_2 - A_1}{L} + A_2 \frac{V_2 - V_1}{L} = 0 \quad (16)$$

Se estableció una relación en base a la altura de la sección como se muestra en la figura 18, donde A_2 es:

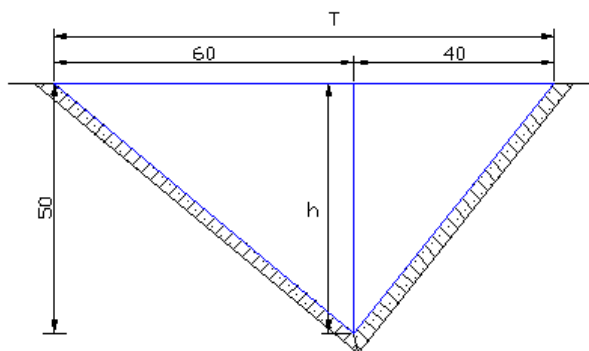
$$A_2 = \frac{1}{2} h_2 T$$

Donde:

h_2 : es la profundidad máxima del canal en la siguiente sección.

T : Ancho de la parte superior del canal

Figura 18. Corte transversal en la sección 2.



$$\begin{aligned} \frac{40}{50} &= \frac{T_1}{h} \\ \frac{60}{50} &= \frac{T_2}{h} \\ T &= T_1 + T_2 \\ T &= \frac{6}{5}h + \frac{4}{5}h \\ T &= 2h \end{aligned}$$

Estableciendo T como en términos de la profundidad máxima, figura 18, tenemos que

$$A_2 = \frac{1}{2}h * 2h$$

$$A_2 = h^2$$

Remplazando la relación anterior en la ecuación (16), se obtiene

$$2V_2h^2 - V_2A_1 - h^2V_1 = 0$$

Reemplazando en la fórmula anterior los valores iniciales (ver tabla (1)) de área, velocidad inicial, A_1 y V_1 respectivamente se tiene:

$$2V_2h^2 - 351.56V_2 - 54.62h^2 = 0$$

Despejando V_2 de la anterior ecuación se tiene que:

$$V_2 = \frac{54.62h_2^2}{2h_2^2 - 351.56} \quad (17)$$

Esta velocidad se reemplazó en la ecuación de momento, como se podrá observar posteriormente.

Ecuación de Momento

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \quad (18)$$

Dado que se está asumiendo flujo continuo y permanente, podemos aproximar esta ecuación por diferencias finitas, obteniendo:

$$\frac{V_2}{2g} (V_2 - V_1) + (h_2 - h_1) = L(S_o - S_f) \quad (19)$$

Donde S_o es la pendiente del canal y despejando S_f es la pendiente de fricción, la cual se despeja por medio de la ecuación de Manning (7) obteniendo:

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{R_h^{\frac{4}{3}}} \quad (20)$$

Despejando el R_h en término de h , figura 18, tenemos.

$$P_1 = \sqrt{T_1^2 + h^2} \quad P_1 = h\sqrt{\frac{16}{25} + 1} \quad P_1 = h\sqrt{1.64}$$

$$P_2 = h\sqrt{T_2^2 + h^2} \quad P_2 = h\sqrt{\frac{36}{25} + 1} \quad P_2 = h\sqrt{2.44}$$

$$P = P_1 + P_2 \quad P = 2.84h$$

$$R_h = \frac{A}{P} \quad R_h = \frac{h^2}{2.84h} \quad R_h = \frac{h}{2.84}$$

Reemplazando la relación anterior obtenida para el radio hidráulico en la ecuación (20), y el valor de n por la ecuación (8) se tiene:

$$S_f = \frac{0.0049h^{0.68}}{h^{\frac{4}{3}}}$$

Se reemplazo S_f en la ecuación de momento (19) obteniendo:

$$\frac{V_2}{2g}(V_2 - V_1) + (h_2 - h_1) = L(S_o - \frac{0.0049h^{0.68}}{h^{\frac{4}{3}}}) \quad (21)$$

Reemplazando en la fórmula anterior los valores iniciales de velocidad inicial (V_1), longitud (L) y pendiente (S_o), (ver tabla (1)) se tiene:

$$\frac{V_2^2}{g} - 5.57V_2 + h_2 = 37.65 - 0.0049h_2^{-0.65}V_2^2 \quad (22)$$

Para despejar la altura en la segunda sección se sustituye la ecuación (17), en la ecuación de momento ya despejada.

$$\frac{54.62h_2^2}{19.62h_2^2 - 348.84} - \frac{304.23h_2^2}{2h_2^2 - 351.56} + h_2 = 37.65 - \frac{0.2676h_2^{1.35}}{2h_2^2 - 351.56}$$

A través de iteraciones se procedió a encontrar la altura del flujo en la segunda sección. Después de encontrar la altura, procedemos a reemplazar su valor en la ecuación (17), para encontrar el valor de la velocidad.

Obtenidos los valores de altura y velocidad en la segunda sección, se procedió a encontrar las características geométricas de dicha sección del canal. Despejando la densidad de la segunda sección a través de la ecuación de continuidad (6):

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 V_1 A_1}{V_2 A_2}$$

Obtenida la densidad de la mezcla se procedió a obtener el valor de la concentración volumétrica θ_s , a través de la ecuación de estado (12)

Teniendo ya los valores iniciales de las dos primeras secciones, se procedió a establecer un algoritmo en base a la ecuación de, Bernoulli, Manning, Chezy, continuidad, cambio de densidad y concentración.

3.7.2 Segundo Tramo Para el primer algoritmo, se calcula la velocidad a través de Manning, y se reemplaza el coeficiente n, por la proporcionalidad establecida por Xu y Feng (ecuación (8))

$$v = \frac{R_h^{\frac{4}{3}} * S_f^{\frac{1}{2}}}{0.035 * h^{0.34}} \quad (23)$$

Esta ecuación nos indica que la velocidad de Manning se basa en las características geométricas de cada sección y la pendiente de fricción, donde $S_f = \frac{h_f}{L}$, por lo cual podemos expresar las pérdidas de energía por fricción (h_f) como:

$$h_f = \frac{v^2 * 0.035 h^{0.68} * L}{R_h^{\frac{4}{3}}} \quad (24)$$

Remplazando la ecuación anterior en la ecuación de la energía (4) adaptada por Bernoulli,

$$h^2 + v^2 \left(\frac{1}{2g} + \frac{0.0012 h^{0.68} * L}{R_h^{\frac{4}{3}}} \right) = (z_1 - z_2) + y_1 + \frac{v_1^2}{2g} \quad (25)$$

Despejando la velocidad en la siguiente sección (v_2),

$$V_2 = \sqrt{\frac{(z_1 - z_2) + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_2}{\left(\frac{1}{2g} + \frac{0.0012h^{0.68} * L}{R_h^{\frac{4}{3}}}\right)}} \quad (26)$$

Así obtenemos la velocidad que tiende a frenar el flujo a partir del coeficiente de fricción n (ecuación (8)),

A partir de la ecuación de continuidad (6) despejamos la velocidad de la siguiente sección (V_2)

$$V_2 = \frac{\rho_1 V_1 A_1}{\rho_2 A_2} \quad (27)$$

Las densidades ρ_1 y ρ_2 , son despejadas a través de la ecuación (13), teniendo en cuenta la respectiva fracción volumétrica de sólidos obtenida a través de la ecuación (12) y su difusividad a lo largo del canal por medio de la ecuación (14).

Ya obtenidas las dos velocidades V_2 , (a través de la ecuación (17) y la ecuación (27)) procedemos a igualarlas, si el error es menor al 0,05%, y el valor del caudal no tiene una variación mayor al 0,05% en referencia con el valor encontrado en la primera sección, se asume ese dato como el de la velocidad real, si el valor es mayor procedemos a cambiar el valor de la altura de entrada.

La segunda aproximación se realiza como verificación, por medio de la ecuación de Chezy (9), de la cual despejamos las pérdidas por fricción

$$h_f = \frac{V^2 L}{C^2 R_h} \quad (28)$$

La anterior ecuación es reemplazada en la ecuación (25), para despejar la velocidad media de la sección

$$V_2 = \sqrt{\frac{(z_1 - z_2) + (h_1 - h_2) + \frac{v_1^2}{2g}}{\frac{1}{2g} + \frac{L}{C^2 R_h}}} \quad (29)$$

Donde el coeficiente de rugosidad C , se determina a través de la fórmula propuesta por Ganguillet y Kutter ecuación (10).

Como en el caso anterior esta velocidad (ecuación (29)) se iguala a la velocidad dada por la ecuación de continuidad (17). Si la velocidad despejada a través de la ecuación de energía y Chezy (29), no es igual a la encontrada a través de la ecuación de continuidad (17), procedemos a tomar una altura h_2 diferente, hasta que el valor de las velocidades sea igual, o su diferencia de un error menor al 0,05%, y el valor del caudal no tenga una variación mayor al 0,05% en referencia con el valor encontrado en la primera sección.

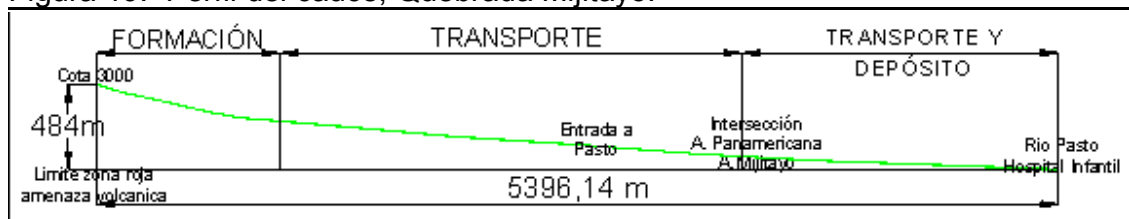
4. RESULTADOS

El primer escenario fue modelado para un volumen de $2137,33\text{m}^3$ siendo este el volumen menor calculado, el segundo escenario fue modelado con un volumen de $157187,92\text{m}^3$ siendo el volumen mayor, por lo tanto el que provocaría una mayor área de afectación.

4.1 GENERALES

4.1.1 Características del Cauce La pendiente del canal es uno de los factores más importantes para el análisis del comportamiento que un posible flujo de lodo puede tener. El canal del Mijitayo tiene una pendiente promedio de 0,06 (~6%), está dividido claramente en tres tramos en los cuales se puede desarrollar un flujo de lodo, como se puede observar en la figura 19, el primer tramo tiene una pendiente promedio de 0,20 (~20%) en donde se acumularía el material y se formaría el flujo de lodo, el segundo con una pendiente promedio de 0,07 (~7%) la cual es propicia para el transporte de material, como se puede observar en este caso sería el recorrido más largo para el flujo, y un tercer tramo de transporte y depósito antes de desembocar en el río Pasto, con una pendiente de 0,04 (~4%), debido a la baja pendiente de esta sección la velocidad que lleva el flujo también disminuye, por lo tanto se puede producir sedimentación.

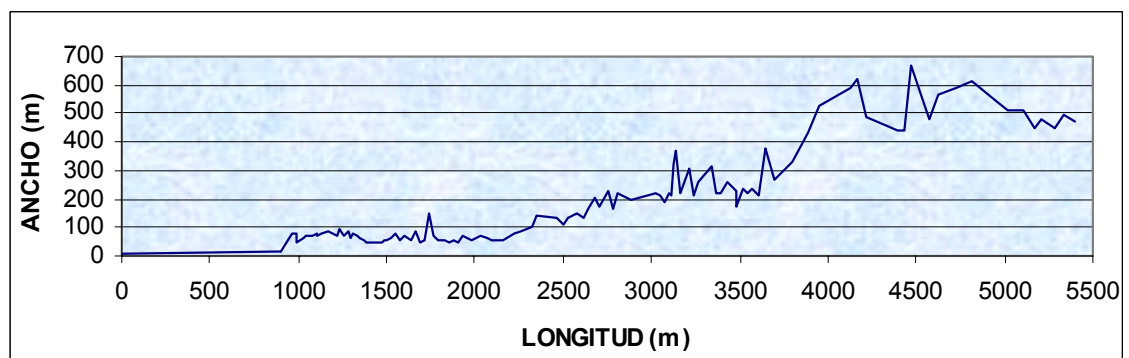
Figura 19. Perfil del cauce, Quebrada Mijitayo.



Otra propiedad importante de los canales que es necesario tener en cuenta para realizar un modelo de flujos de lodo, son las características geométricas del canal, las cuales, para el canal aquí analizado, varían en cada sección como se puede observar en el anexo (A), y que a pesar de su variación se puede clasificarlas debido a la semejanza de su forma en cuatro tipos de secciones. El primero; entre la cota 3000 y la 2794, la quebrada se encuentra totalmente encañonada, por lo que los anchos superficiales (T) son pequeños y se encuentran las mayores

profundidades del canal; entre la cota 2794 y la 2684, el canal mantiene su encañonamiento pero la relación entre su profundidad hidráulica y el ancho superficial (T) cambia, ya que el canal tiende a ensancharse; a partir de la cota 2684, además de terminar el encañonamiento (que le da unas características geométricas más definidas), el canal entra a la ciudad; aunque el canal tiende a ensancharse la relación ancho profundidad apenas supera la relación $T > 10$ veces la profundidad hidráulica, esto se mantiene hasta aproximadamente la cota 2570, desde esta cota hasta el final del modelo el ancho del canal es mucho mayor que la profundidad, muy aproximadamente desde la misma cota (2570), se puede encontrar el tramo de transporte y depósito pudiendo afirmar que el comportamiento de un flujo depende directamente de la topografía donde se desarrolle. En la figura 20, se puede observar como aumenta el ancho del canal a medida que el flujo recorre el cauce.

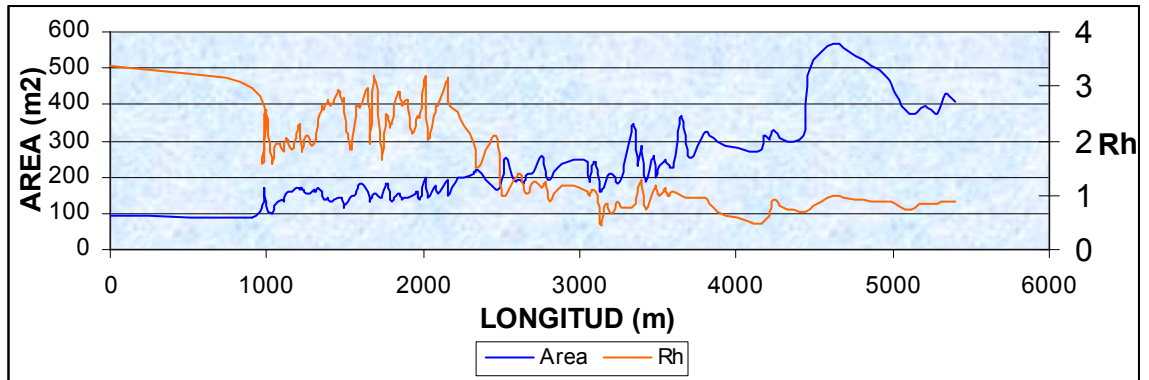
Figura 20. Relación ancho - longitud



Los primeros 900 metros presentan una relación prácticamente lineal ya que en este tramo únicamente se cuenta con curvas de nivel cada 50 metros por lo cual las secciones tienden a ser triangulares.

Debido a la forma del canal, que tiende a ser mucho más ancho en relación a la profundidad del flujo, el radio hidráulico (R_h) tiende a una relación inversa con el área (A) como se muestra en la figura 21, aunque parezca contradictorio, si bien el radio hidráulico es igual al área sobre el perímetro mojado ($R_h = \frac{A}{P_m}$), debido a la forma de las secciones el perímetro mojado se incrementa en una mayor proporción, que el área a medida que se aumenta la profundidad del flujo (h). De aquí se puede afirmar que en el último tramo el radio hidráulico se puede aproximar a la profundidad del cauce (Chow, 1968), por ser el ancho mucho mayor que la profundidad.

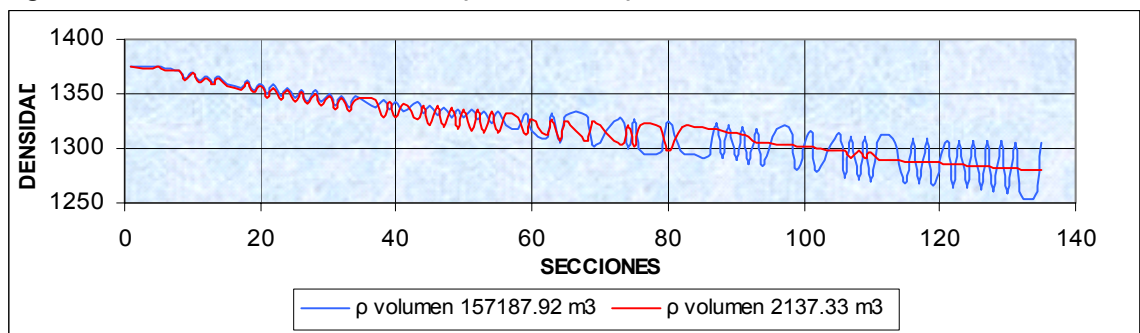
Figura 21. Relación área - radio hidráulico



4.1.2 Concentración de la Mezcla Ya que se está modelando un flujo de lodo secundario, el cual posiblemente se formaría por acumulación de material piroclástico, se tuvo en cuenta que normalmente al aumentar la distancia del cráter al lugar de acumulación del material, disminuye el tamaño del grano, por lo que se adoptó un flujo homogéneo con una mezcla poco concentrada de agua y partículas finas.

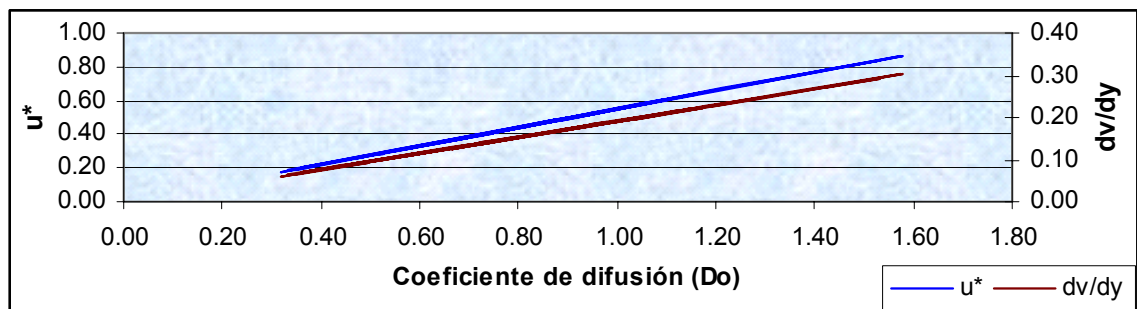
La densidad de la mezcla, está relacionada con la fracción volumétrica de sólidos (θ_s). Como puede verse en los resultados de la figura 22, a medida que el flujo se expande la mezcla se va diluyendo, con una tendencia natural hacia el equilibrio que a la final la llevaría a una densidad similar a la densidad del agua, pero en un sector mucho más lejano. Las oscilaciones son fruto de la aproximación numérica.

Figura 22. Relación de densidad para los respectivos escenarios



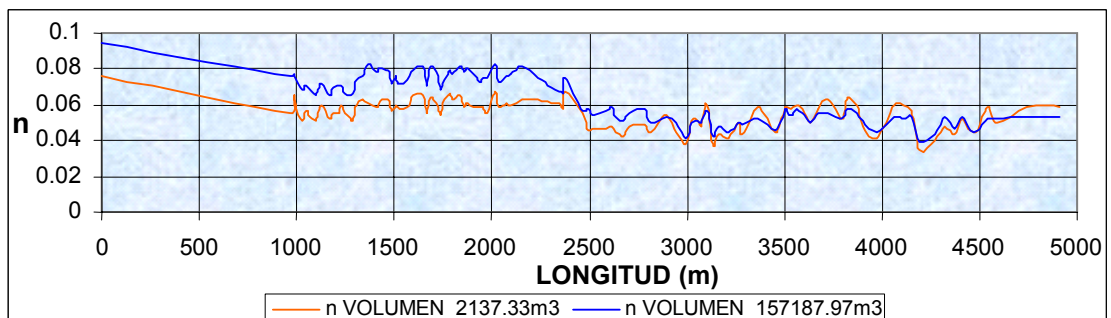
El coeficiente de difusión (D_0), está directamente relacionado con la velocidad de cizalladura (u^*), y con el gradiente vertical de velocidad (dv/dy) en cada sección, como se puede ver en la figura 23.

Figura 23. Relaciones directas para el coeficiente de difusión.



4.1.3 Coeficientes de rugosidad En la figura 24, se muestran los valores obtenidos para el coeficiente de rugosidad de Manning (n), los valores conseguidos se encuentran dentro del rango de valores para corrientes naturales con similares características, como se pueden corroborar a partir de los valores dados por Ven Te Chow (1968) para canales de corrientes naturales (anexo (B)).

Figura 24. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning.

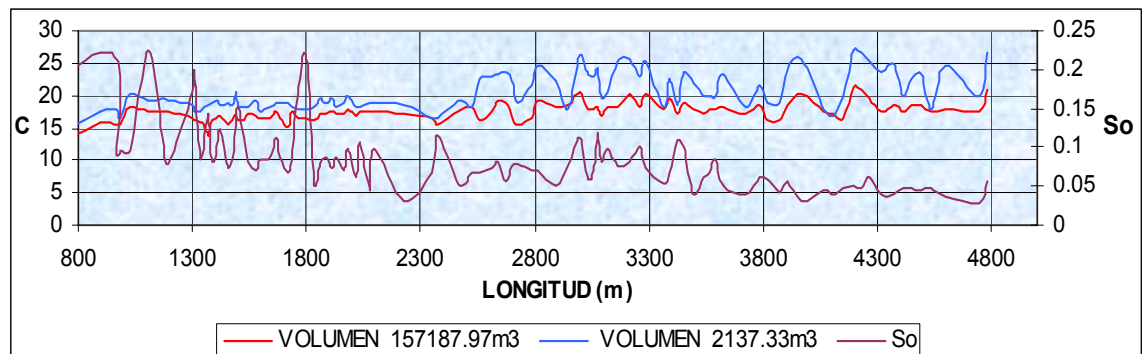


Aquí se puede ver la dependencia de “ n ” con la altura del flujo. Desde el inicio del flujo hasta un poco antes de la abscisa 2500 aproximadamente se puede apreciar que a mayor volumen inicial, mayor coeficiente de Manning, el cual cambia inversamente con la distancia. Sin embargo, a partir de la abscisa 3000 los coeficientes de Manning son aproximadamente iguales y en promedio constantes. Para un posterior modelamiento para este tramo pudiera asumirse un valor de $n=0,045$, independientemente del volumen inicial.

Los valores obtenidos para el coeficiente de resistencia de Chezy (C) pueden ser observados en la figura 25. El coeficiente de resistencia (C) no tiene relación con la altura de flujo, como si lo tiene el coeficiente de rugosidad de Manning (n); el valor de “ C ” está directamente relacionado con la pendiente del canal y el radio

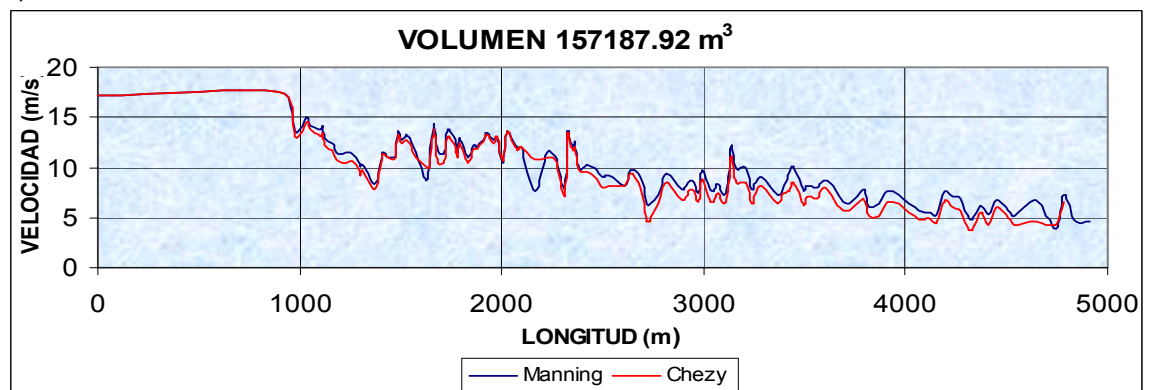
hidráulico de la sección, como se observa en la figura 25, entre más baja es la pendiente, mayor es el coeficiente de resistencia ya que al disminuir la pendiente del canal, la energía cinética disminuye, por lo cual ocurre una disminución de la velocidad del flujo

Figura 25. Valores del coeficiente de resistencia de Chezy y S_o

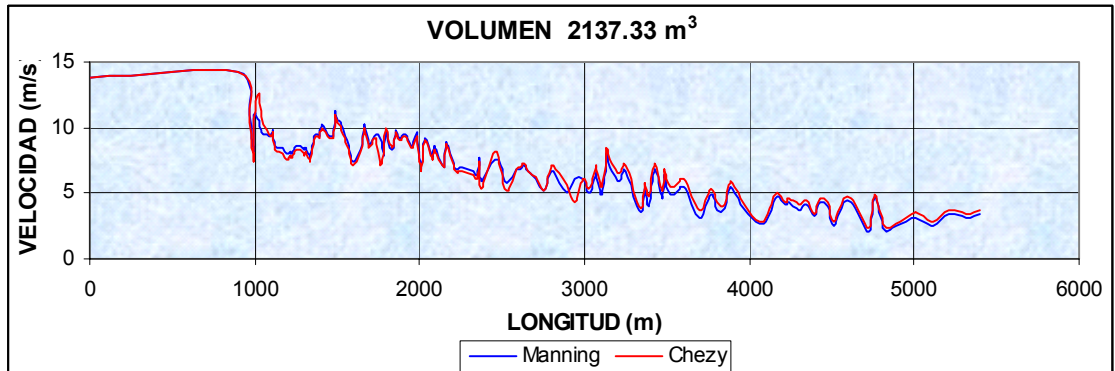


También se puede observar que las velocidades encontradas a través de Manning como por Chezy, no presentan diferencias apreciables, figura 26, lo cual nos indica que los coeficientes de rugosidad obtenidos por los dos métodos sirven para el modelo y no existe incongruencia entre ellos.

Figura 26. Relación de velocidades (m/s) – Longitud (m)
a). Primer escenario.



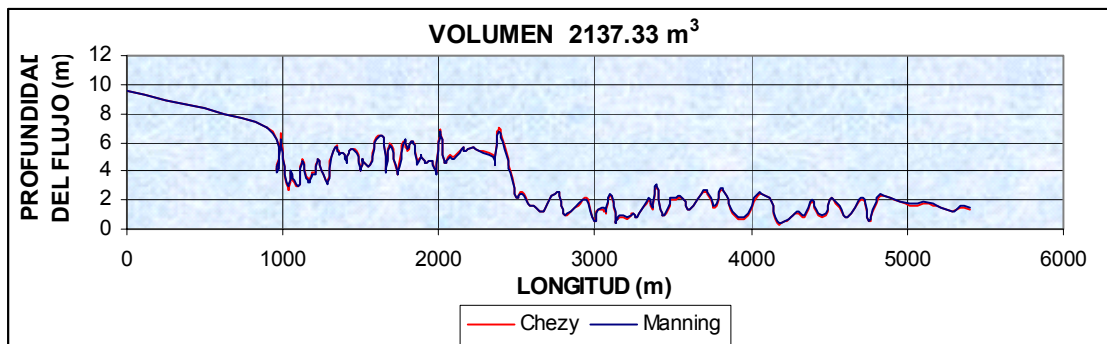
b). Segundo escenario.



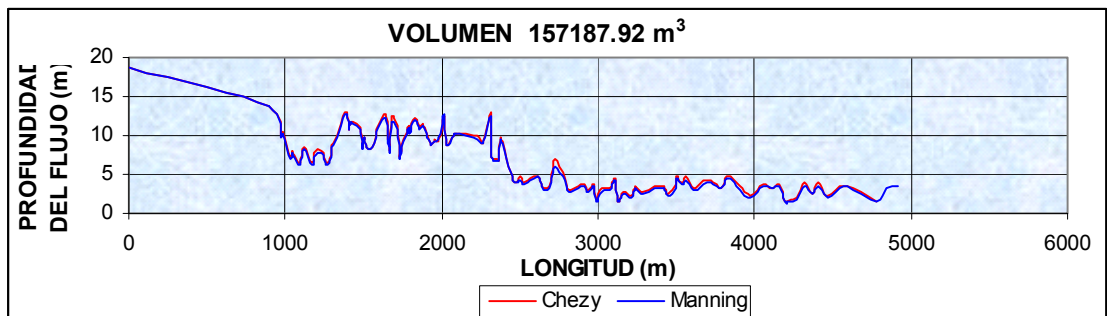
En la figura 27, las alturas encontradas en cada sección durante todo el recorrido son casi idénticas entre cálculos hechos con Chezy y los realizados con Manning. Por lo anterior y por lo visto en la figuras 26 y 27, se puede decir que el modelamiento de flujos de lodo en el Valle de Atriz se puede hacer tanto con Chezy como con Manning, siempre y cuando el coeficiente de Manning (n) se realice con la ecuación (8).

Figura 27. Profundidad del flujo (m) – Longitud (m), para los dos escenarios.

a). Primer escenario.



b). Segundo escenario.



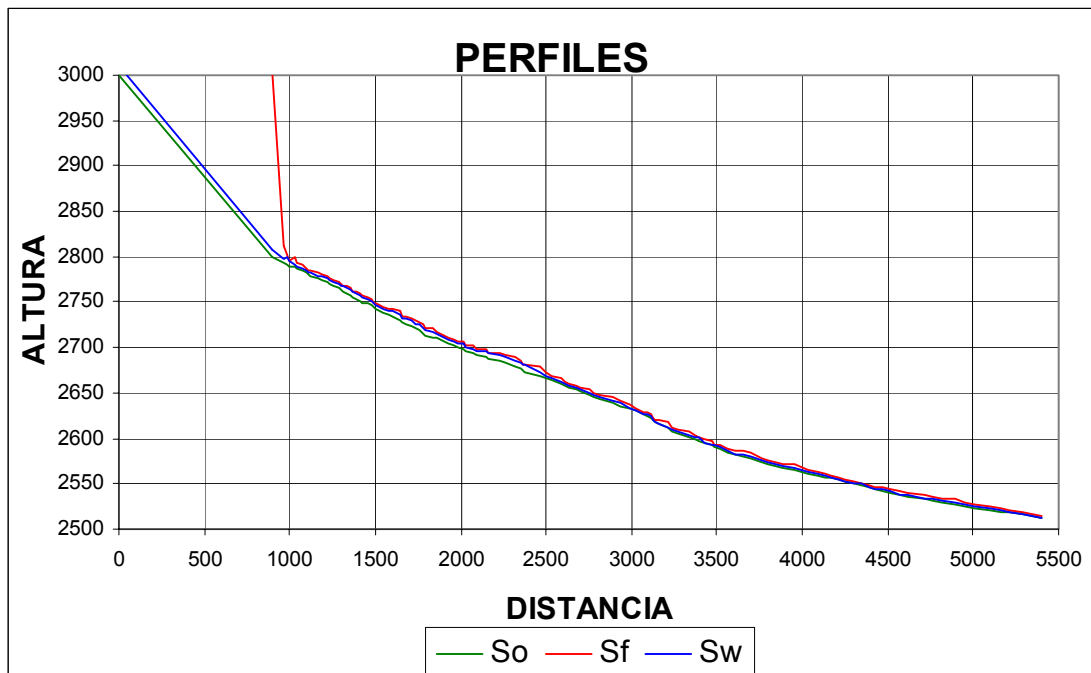
4.1.4 Pendientes En la tabla (2), la pendiente de fricción (S_f), es mayor que la pendiente del canal (S_o) en todos los casos. Si el flujo mantuviera las mismas características y condiciones para las que fue modelado y no desembocara en el río Pasto, como es el caso, continuaría disminuyendo su velocidad, como se ve en la tendencia de la figura 28. Aunque la pendiente de fricción calculada es baja. Sheridan y Malin (1983), encontró que el ángulo de la pendiente de fricción puede ser tan bajo como 4 grados en algunos flujos y la pendiente de fricción encontrada en este trabajo es mayor de 4 grados.

Tabla 2. Pendientes del canal (S_o), del flujo (S_w), y de fricción (S_f)

PENDIENTES	VOLUMEN DE 2137,32		VOLUMEN DE 157187	
	CHEZY	MANNING	CHEZY	MANNING
S_o (%)	6,35	6,35	6,94	6,94
S_w (%)	2,79	2,94	6,34	6,25
S_f (%)	6,63	6,48	7,62	7,38

En la figura 28, podemos ver las diferentes pendientes a lo largo del canal, en el anexo (C), se puede ver las pendientes del canal para los diferentes tramos de desarrollo del flujo.

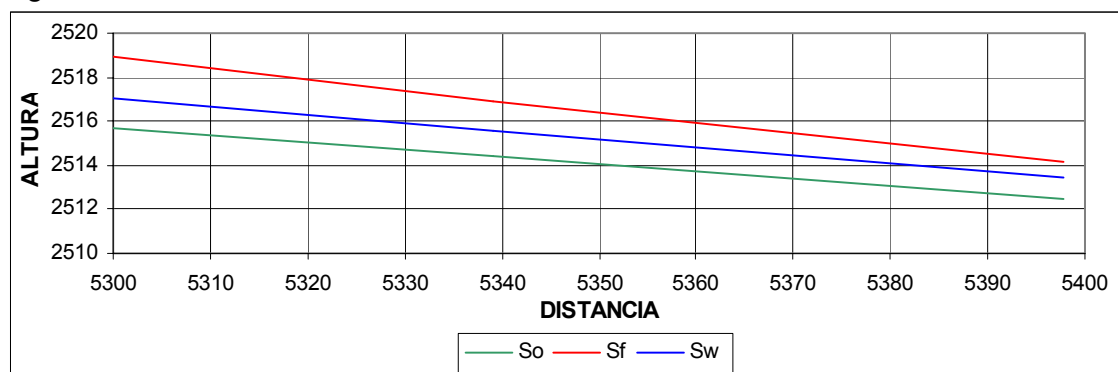
Figura 28. Perfiles



Las pendientes son empinadas en la parte superior del canal, lo cual facilita la formación y desarrollo del flujo, y bajas en la parte inferior lo que ayuda a que el flujo tienda a expandirse y aumentar su riesgo.

En la figura 29, se puede observar como la pendiente de fricción (S_f) no es paralela con la pendiente del terreno (S_o), esto indica que el flujo tiende a frenar además, determina que el flujo es no uniforme.

Figura 29. Perfiles de los últimos 100 metros.



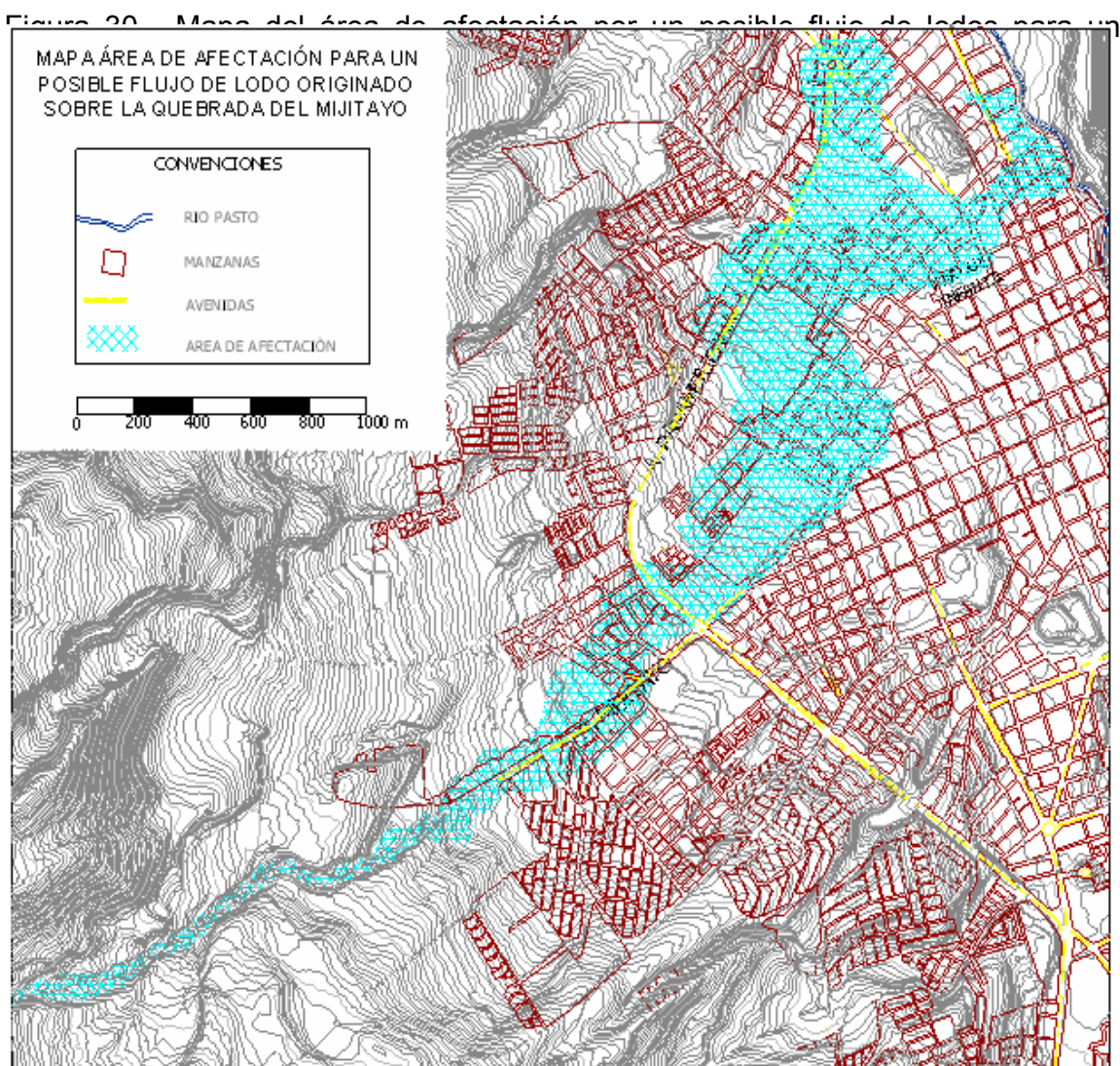
A pesar de que es claro que la pendiente de fricción es mayor a la del canal, la inercia de la mezcla impulsará al flujo a continuar su movimiento aunque el flujo tiende a frenar.

4.2 ÁREAS DE AFECTACIÓN

Los mapas se dibujaron sobre las curvas de nivel cada dos metros existentes en el IGAC, se inicia en la cota 2794, ya que es la primera cota de la quebrada Mijitayo que se encuentra en estos planos. Aunque el flujo de lodo no se detiene y desemboca sobre el río Pasto, esto no pudo ser mostrado ya que dentro de las consideraciones del modelo no se contempla el incremento del volumen, por lo tanto no se puede modelar el flujo cuando entra al río Pasto en donde se genera un aumento de material y un cambio de densidad del flujo, lo cual sucedería en la sección siguiente a la última trazada en el mapa.

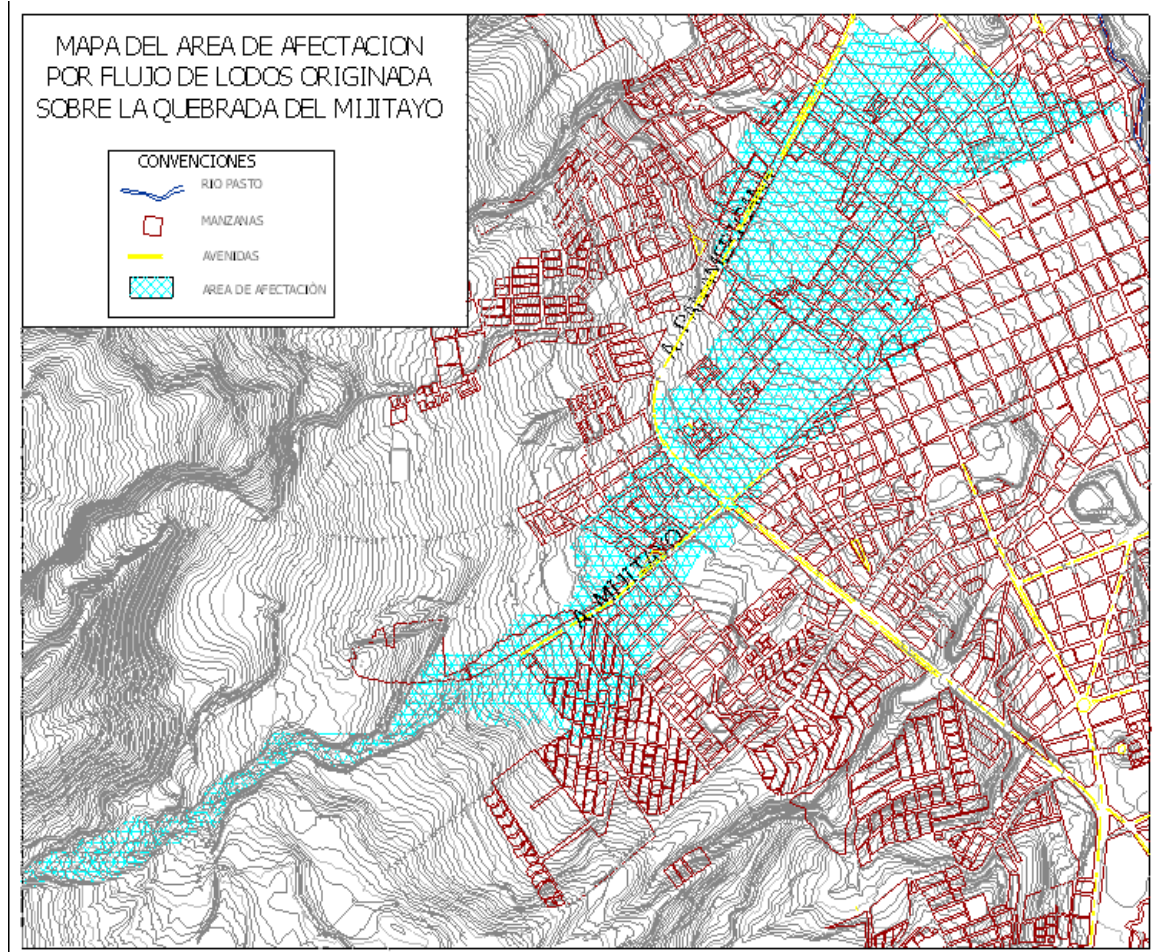
Las áreas de afectación fueron trazadas a partir de los resultados matemáticos obtenidos por medio del modelo, los cuales pueden ser vistos en los anexos (E y F), para el primer y segundo escenario respectivamente.

En la figura 30, se presenta el mapa en planta de la zona que se vería afectada por el posible flujo de lodo calculado a través del modelo, para el primer escenario, su área de afectación es de 131 hectáreas.



En la figura 31 se presenta el mapa en planta de la zona de afectación producida por el posible flujo de lodo calculado a través del modelo para el segundo escenario, su área de afectación es de 157 hectáreas.

Figura 31. Mapa del área de afectación por un posible flujo de lodos para un volumen de $157187,92\text{m}^3$



La diferencia entre las áreas de afectación para cada escenario no son proporcionales a su volumen. Aunque existe una gran diferencia entre los volúmenes tomados para cada escenario ($2137,33\text{m}^3 < 157187,92\text{m}^3$), las áreas de afectación calculadas presentan una diferencia mínima entre ellas (131Ha - 157Ha). Por lo tanto el área no es directamente proporcional al volumen.

En el anexo (D) se puede observar la relación entre el ancho de influencia fijo propuesto por Ingeominas y el área de afectación proyectada en este modelo, que es una mejor aproximación a la realidad, sin embargo no tiene en cuenta el canal artificial que puede reventar por estar a presión y afectar justo el área que propone Ingeominas.

5. CONCLUSIONES

- Este trabajo presenta un modelo matemático ante un posible flujo de lodo en la quebrada Mijitayo, el modelo se calculó adoptando datos de entrada o condiciones iniciales posibles, donde se tuvo en cuenta la topografía de la cuenca sin contemplar las construcciones, ni la canalización existente, por lo tanto este trabajo es una primera aproximación.
- Las zonas de afectación calculadas deberán visualizarse como guías para la interpretación y no como predicciones exactas, debido a las limitaciones que presenta el modelo.
- Las incertidumbres que se presentan en el modelo están asociadas con los datos iniciales tanto como con las adopciones matemáticas inherentes a este tipo de trabajos.
- El modelo se desarrollo para una mezcla homogénea que se comporta como un flujo homogéneo asumiendo solamente la presencia de material fino, proveniente de un posible depósito piroclástico.
- El modelo es estable, convergente y una aproximación más cercana a la realidad de cómo se comportaría el flujo con la topografía y da una idea más clara del área de afectación aproximada que podría cubrir un flujo de lodos.
- Es claro que el Mapa de Amenaza del volcán Galeras en su última versión, plantea una franja de afectación mínima a lado y lado del cauce la cual indica la existencia de la amenaza por un flujo de lodo, mas no determina que este sea el alcance real. Este trabajo es un primer modelo de esta amenaza que contempla un comportamiento topográfico. La actual topografía haría que el flujo tienda a abanicarse y llevaría al flujo en un canal ancho y tendiendo más hacia las zonas ubicadas entre la actual canalización de la quebrada y la avenida Panamericana, con un importante desvió del flujo en dirección norte en el sector del montículo de propiedad de la comunidad religiosa Las Franciscanas.

- El modelo puede ser adaptado a diferentes volúmenes, concentraciones y densidades de material, pero únicamente puede ser usado en la quebrada del Mijitayo debido a que se realizó para una base topográfica determinada.
- El hecho que por el momento no se tenga en cuenta el depósito del material, no quiere decir que este no se pueda presentar. Un flujo de lodos real de las proporciones aquí analizadas dejaría un depósito que afectaría a la ciudad.
- Aunque el modelo no tenga en cuenta erosión, es necesario aclarar que se puede producir, al menos en el tramo inicial aumentando el volumen de flujo, el cual se volvería más peligroso, al igual que la sedimentación que también se puede presentar, haría que la velocidad del flujo disminuya debido a la pérdida de inercia.
- Que el flujo de lodo aquí modelado permanezca activo hasta desembocar en el río Pasto, no es algo nuevo, los flujos de lodo formados en el Nevado de Ruiz, permanecieron activos viajando cientos de kilómetros hasta desembocar en ríos más importantes.
- Por toda la información recolectada se puede indicar que la peligrosidad de cualquier tipo de movimiento en masa radica en que una pequeña corriente cargada de suelo tiene una gran capacidad de transporte y destrucción.
- El área de afectación no presentará muchas variaciones con respecto al volumen inicial removido. Es claro entonces, que existe una importante canalización natural en el tramo de generación y formación que tendería a confinar los flujos de lodo provenientes de la quebrada Mijitayo dentro de las áreas de afectación definidas en este trabajo.
- El modelo presentado en este trabajo puede que no satisfaga todas las variables del flujo de lodo, ni determinara la amenaza totalmente, pero sirve como precedente para que se preste mayor atención tanto a los efectos post eruptivos del volcán Galeras como a los posibles peligros que puede presentar una lluvia estacional de gran intensidad.
- El método es susceptible de mejoras, pudiendo involucrarse las construcciones existentes y una posible erosión del canal lo cual hace necesario utilizar un tipo

de ecuaciones diferentes a la de energía, conservación de masa y momento, como podría ser la de transporte para tener en cuenta la variación del volumen respecto al tiempo.

- El caso de un flujo de lodos no solo se puede presentar por causas volcánicas, ni únicamente en la quebrada del Mijitayo, sino en cualquier quebrada, de todas las que nos rodean por estar ubicados en medio de la cordillera de los Andes, lo cual hace necesario tener un manejo integral de nuestras cuencas, tanto desde el punto de vista ecológico y ambiental, como del punto geológico y geográfico.

6. RECOMENDACIONES

- Los 100m a lado y lado de la quebrada propuestos como zona de amenaza media (Ingeominas, 1997), podrían ser replanteados si se tiene en cuenta que son datos tomados a partir de un ancho de influencia fija únicamente y que no tienen en cuenta la topografía que es la principal directriz para cualquier tipo de flujo.
- Para realizar un estudio más completo se recomienda hacer un análisis hidrológico de la cuenca del Mijitayo, para determinar cual es el caudal máximo que se podría presentar durante una avenida.
- Antes de realizar cualquier análisis de un flujo de lodo o avalancha, es necesario tener presente que un flujo puede no cumplir con las leyes de la hidráulica y la mecánica de suelos, pero seguirá la ley de la gravedad por lo cual, es necesario contemplar la topografía como factor principal del modelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTÓN, D. El origen de las formas de la tierra. México, Publicación de la Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo. 1976.

BANKS, N, CALVACHE, M. Y WILLIAMS, S. ^{14}C ages and activity for the past 50 ka at Volcán Galeras, Colombia. Journal of volcanology and geothermal research. 77, 1997, pg 39-55

BRINKMAN, R. Compendio de Geología General, Editorial Labor, España, 2002.

DUARTE, C. Introducción a la Hidráulica de Canales. Bogota, Universidad Nacional de Colombia. 2004.

CHANSON, H. Hidráulica del flujo en Canales Abiertos. Mc. Graw Hill. 2002.

CHOW, V. Hidráulica de canales abiertos. Mexico, Mc Graw Hill. 1968.

COSTA, J. Hydraulic modeling for lahar hazards at cascades volcanoes. Environmental & Engineering Geosciences. 1997, vol 3. pg, 21 – 30.

CRANDELL, D, R, 1980. Recent Eruptive History of Mount Hood, Oregon and Potential Hazards from Future Eruptions, U. S. Geological Survey Bulletin 1492: U.S Geological Survey Reston, VA, pg 81.

CROSTA, G. Y NEGRO, P. 2003. Observations and modeling of soil slip – debris flow initiation processes in pyroclastic deposits. Natural Hazards and Earth System sciences, vol 3, pg, 53 – 69.

FRENCH, R. Hidráulica de Canales Abiertos. Mc Graw Hill, 1985.

HURTADO, A. y CORTÉS, P. 1997. Third version of the hazard map of Galeras volcano, Colombia. Journal of volcanology and geothermal research. 77, pg, 89-100

HSU, K. 2004. Physics of Sedimentology. Ed. Springer. London.

IGAC, 1996. Atlas de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi CD ROM.

INGEOMINAS, 1997. Mapa de Amenaza Volcánica del Galeras. Publicación Especial de Ingeominas. Santa fé de Bogotá.

IVERSON, R. M; SCHILLING, SP, Y VALLENCE, J. Objective delineation of areas at risk from inundation by lahars: Geological Society Of America Bulletin, 1997, V.110.no, 8, pg, 972-984.

JIMENES, A; NAVAS, L; ORTIZ, G; SOLARTE, A. Declaratoria del impacto ambiental en las aguas superficiales en la microcuenca del Río Mijitayo. San Juan de Pasto, Escuela de Postgrado, Especialización en Ecología, 1989. pg 1 – 19.

MACEDONIO, G; PARESCHI, M,T. 1992. Numerical simulation of some lahars from Mount St. Helens: Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol 54, pg 65 – 80.

Mc. GUIRE, W. J. Volcano Instability: a review of contemporary themes, in Volcano Instability on the Earth and Other Planets, edited by W. J. McGuire, A. P. Jones, and J. Neuberg, 1996, Geol. Soc. Spec. Pub.,110: 1-23)

MARTINEZ SIERRA, L. A. Historia de la actividad del volcán Galeras y percepción de los fenómenos telúricos, volcánicos en el contexto cultural de Pasto, Panamericana, 2000. pg 23 – 38.

NAVAS, L. 1990. El volcán Galeras, una visión geoecológica. Revista de Investigaciones. Año 4, No 6, Vol IV, Universidad de Nariño. Pasto.
NERI, A. and MACEDONIO, G. Numerical simulation of collapsing volcanic columns with particles of two sizes, J. Of Geophysical Research. 101, 1996.

PIERSON, T. C. Iniciation and flow behavior of the 1980 Pine Creek and Muddy River lahars, Mount St. Helens, Washington. Geol. Soc. Am. Bull, 96: 1056 – 1069.

PIERSON, T; JANDA, R; THOURET, J. C; BORRERO, C. Perturbation and melting of snow and ice by the 13 November 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia, and consequent mobilization, flow and deposition of lahars. Journal of volcanology and geothermal research. 41, 1990, pg 17-66.

ROGERS, J. Fundamentos de Geología. Editorial Omega, España, 2000.

ROUSE, H. Modern conceptions of the mechanics of fluid turbulence. Trans, ASCE, 1937.

SÁNCHEZ, H; HERNÁNDEZ, J; RODRÍGUEZ, J; CASTAÑO, C; Nuevos Parques Nacionales Colombia, Inderena, 1990.

SHERIDAN, M. AND MALIN, M., 1983. Application of computer-assisted mapping to volcanic hazard evaluation of surge eruptions: Volcano, Lipari, and Vesuvius. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 17.

SCHMIDT, W, 1925. Deer Massenaustausch in freier loft und verwandte Erscheinungen. Problem deer Kosmischen Physik, 7, Hamburg, Germany, (in German).

SPARKS, R; BURSIK, M; CAREY, S; GILBERT, J; SIGURDSSON, H. Y WOODS, A. 1997. Volcanic Plumes. Wiley.

SUÁREZ, J. 2001. III Simposio Panamericano de deslizamientos. pg, 339 – 361.

STREETER, V; WYLIE, E; y BEDFORD, K; 2000. Mecánica de fluidos, Mc Graw Hill, novena edición.2000.

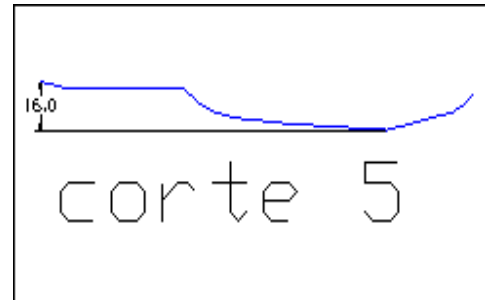
WAN, X; CHIEN, N. 1989. Turbulence Characteristics of sediment – laden floor. J. Hydraulic Engineering. ASCE.

ANEXOS

ANEXO A CORTES TRANSVERSALES DEL CAUCE

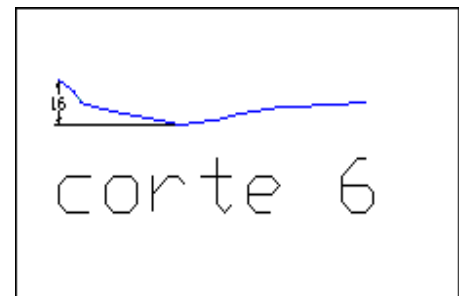
cota 2794

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	45,98	45,9791	46,256428	0,99
4	121	75,0417	75,653483	1,59967
6	212,6	91,599	92,687114	2,29395
7	262,4	95,5878	97,153525	2,70096
8	312,2	99,5766	101,61994	3,0722
9	363,8	103,223	105,80074	3,43861
10	419,1	106,869	109,98155	3,81033
11	471,6	109,572	113,35593	4,15997
12	529,1	113,086	116,73032	4,5325
14	651,2	122,519	175,70132	3,70655



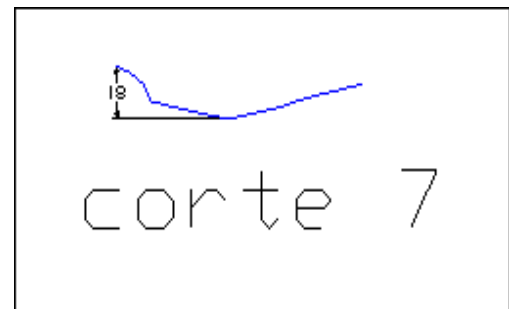
cota 2792

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	26,42	26,4246	26,745185	0,98801
4	74	47,5778	48,288256	1,53251
6	145	70,9733	72,027833	2,01277
8	264,7	106,702	108,10366	2,44837
9	347,3	107,403	109,32517	3,17708
10	430	108,105	110,54669	3,8897
11	512,7	108,819	111,77537	4,58655



cota 2790

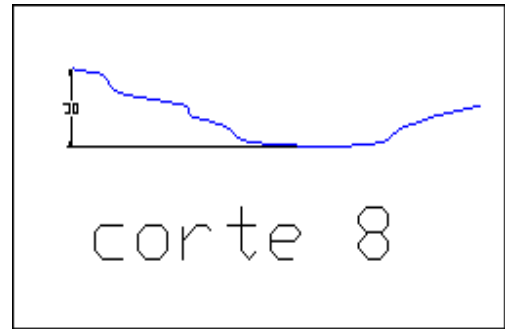
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	20,22	20,2231	20,616716	0,98091
4	79,34	38,8897	39,707118	1,99803
6	171,6	53,29	54,674502	3,13886
8	286,4	61,4244	64,319176	4,45319
10	419,4	71,4721	75,80058	5,53316
11	495,5	76,0466	81,186653	6,10335
12	571,6	80,6211	86,572725	6,6026



cota 2788

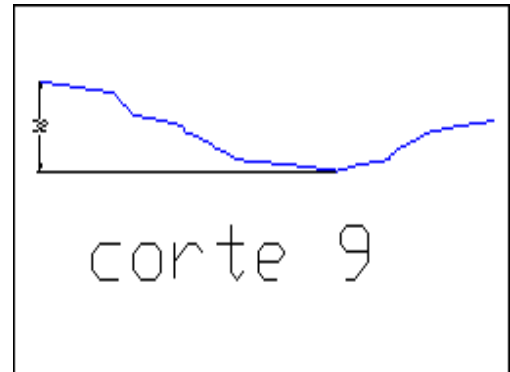
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	59,67	59,6746	59,814907	0,99765
3	121,1	63,2686	63,976644	1,8936
4	186,2	66,8626	68,138382	2,73285
5	255,4	69,1813	72,777357	3,50923

6	324,6	71,5	74,289499	4,36903
7	399,7	75,1183	78,429673	5,09618
8	474,8	78,7365	82,569847	5,7504
9	560,4	85,5539	89,675226	6,24881
10	645,9	92,3712	96,780605	6,67404
12	845,4	107,079	112,05548	7,54418
14	1071	118,071	124,66894	8,58688
16	1318	128,975	137,19571	9,60353



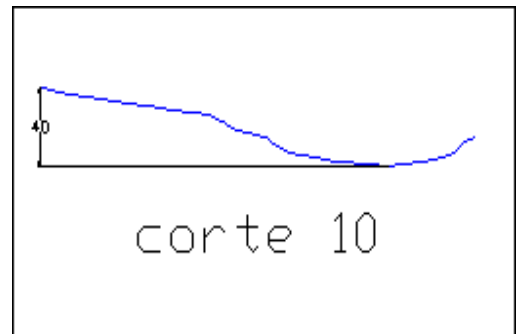
cota 2786

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	28,08	28,0826	23,448429	1,19763
4	127,1	70,9762	66,54531	1,9106
6	274,3	76,2062	73,208581	3,74715
7	354,9	80,546	78,05934	4,54615
8	435,4	84,8857	82,910099	5,25166
9	524,9	89,516	87,98578	5,9661
10	614,4	94,1462	92,90177	6,61395
12	811,9	103,263	102,86247	7,89265
14	1030	115,195	115,45234	8,92416
16	1274	128,063	129,78174	9,8132
18	1557	155,227	157,2709	9,89925



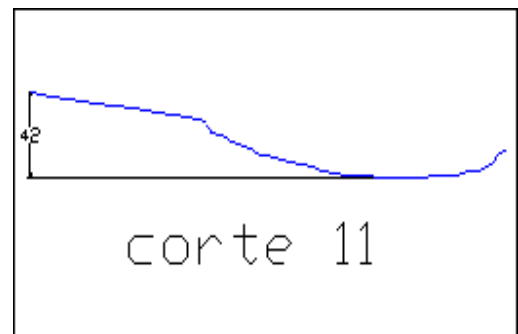
cota 2784

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	54,94	54,9448	55,095283	0,99727
4	184,2	74,2309	74,795341	2,46229
6	353,7	95,1614	96,138663	3,67858
7	450,8	99,0232	100,57535	4,48215
8	551,8	102,885	105,01203	5,25459
10	762,8	108,02	111,61402	6,83421
12	877,1	114,271	119,04373	7,36798
14	1114	122,111	127,96613	8,70221
16	1375	139,256	145,57137	9,44588
18	1906	163,315	284,22738	6,70669



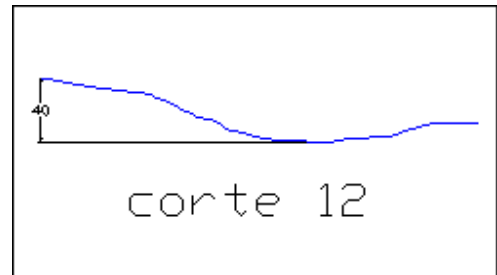
cota 2782

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	68,59	68,5909	68,617879	0,99961
4	219,5	82,2785	82,975701	2,64487
6	409,5	94,77	102,6736	3,98828
7	515	97,5711	107,86606	4,77442
8	613,3	100,372	109,85091	5,58307
10	852,6	111,217	121,50272	7,01711
12	1110	122,943	134,60337	8,245
14	1386	127,786	140,88949	9,83654
16	1672	137,618	151,50914	11,0365

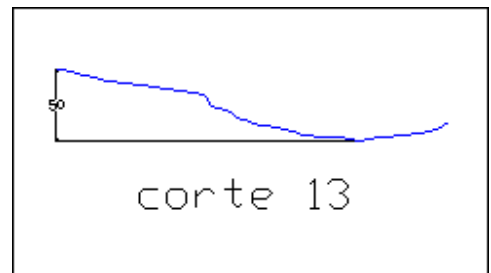


cota 2780

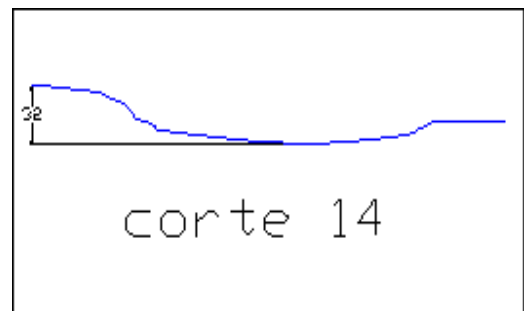
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	46,82	46,8222	47,05816	0,99499
4	177,8	84,185	84,700012	2,09952
6	356,5	94,5119	95,775454	3,72252
7	465,7	109,139	110,95425	4,19691
8	561,2	110,139	111,93075	5,0136
9	680,3	119,127	122,05955	5,57354
10	791,4	120,127	122,82129	6,44385
12	1041	129,048	132,75716	7,8385

**cota 2778**

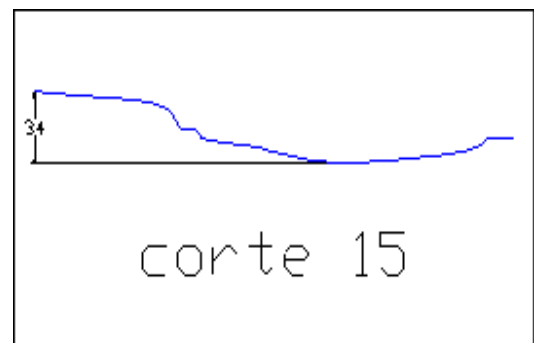
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	15,27	15,2743	15,795088	0,96703
4	96,85	66,3028	66,986379	1,44584
6	250,3	87,1885	88,364333	2,83308
8	440,4	102,861	104,53904	4,21271
9	549	108,631	111,67836	4,91611
10	657,7	114,401	116,8481	5,62828
12	903,8	131,716	134,86068	6,70151
14	1288	175,52	179,486	7,17354

**cota 2776**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	60,74	60,7414	60,873631	0,99783
4	221,2	99,7463	100,0831	2,21045
6	449,9	128,879	129,50941	3,47353
7	583,1	111,537	138,56458	4,20795
8	725	146,232	147,61975	4,91104
10	1024	152,32	155,23602	6,5933
12	1335	159,547	163,54452	8,16527
14	1752	257,268	261,60704	6,69784

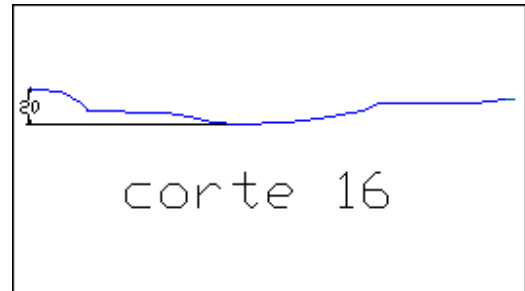
**cota 2774**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	47,84	47,844	48,01914	0,99635
4	176,7	80,9671	81,42341	2,16959
6	364,1	106,49	107,26468	3,39452
7	473,6	112,551	113,64759	4,16756
8	589,2	118,612	120,0305	4,90887
10	849,6	141,802	143,84413	5,90659
12	1146	154,807	157,83786	7,26211
14	1534	232,735	236,96501	6,47259
16	2130	363,016	367,94651	5,7876

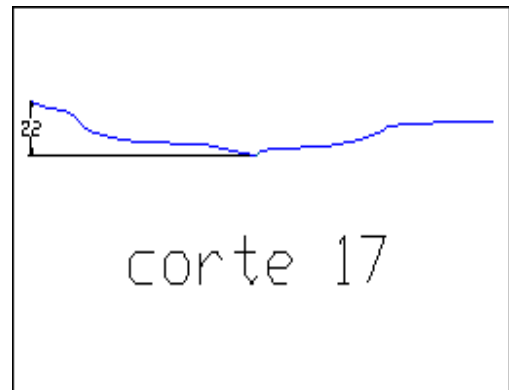


cota 2772

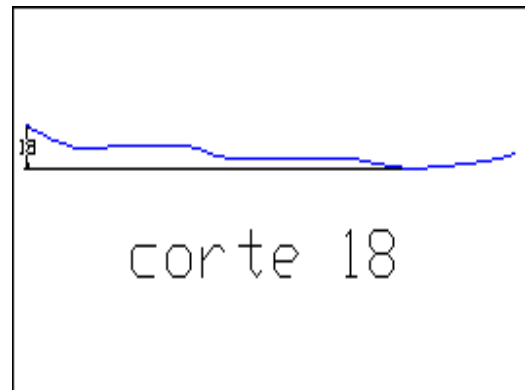
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	49,07	49,067	49,249824	0,99629
4	169,7	71,56	72,126845	2,35272
6	333,2	91,9265	92,884668	3,58704
7	454,7	121,507	122,5756	3,70944
8	576,2	151,087	152,26653	3,78411
9	729,3	153,119	97,484884	7,48129
10	882,4	157,183	103,42156	8,53237
12	1191	163,83	111,21666	10,7122
14	1641	182,851	184,34121	8,90112
16	2232	305,697	307,87898	7,25017

**cota 2770**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	16,73	16,73	17,56137	0,95266
4	99,78	66,3186	67,386649	1,48069
6	294,3	128,163	129,40712	2,27391
7	427,4	138,21	139,66626	3,06044
8	570,7	148,256	149,9254	3,80634
9	727,1	156,477	158,38664	4,59091
10	883,6	164,699	166,84788	5,2959
12	1218	169,994	173,53912	7,02026
14	1602	213,799	218,16495	7,34339
16	2106	244,407	220,90397	9,53261
18	2733	337,156	308,92479	8,84639
20	3500	375,872	261,43393	13,388

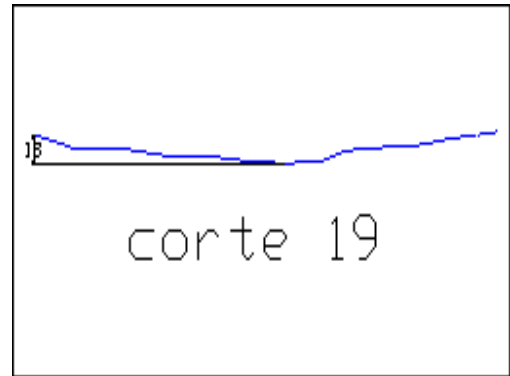
**cota 2768**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	46,86	46,8558	47,036999	0,99615
4	170	76,2789	76,736933	2,21524
6	476	95,6768	163,58827	2,90986
7	643,3	104,881	173,02595	3,71814
8	819,9	114,085	182,46364	4,49324
9	1007	120,43	190,25337	5,29462
10	1209	126,785	203,80802	5,93105
12	1754	159,376	272,92339	6,42624
14	2398	176,508	314,09709	7,63473
16	3095	225,279	429,11842	7,21247

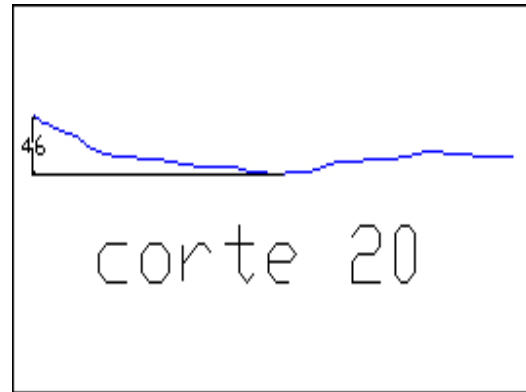


cota 2766

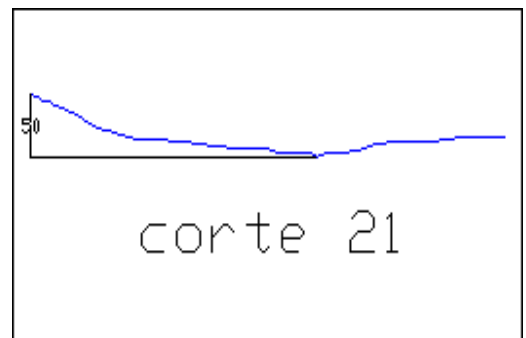
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	67,74	67,7386	67,857268	0,99825
4	229,8	94,343	94,868758	2,42251
6	508,8	113,006	149,87441	3,39501
7	663,7	124,994	162,08756	4,0944
8	830,5	136,981	174,30072	4,76456
10	1214	174,852	212,42688	5,7147
11	1489	159,4	277,47812	5,36582
12	1764	204,237	299,53425	5,8886
14	2378	223,428	319,13731	7,45054
16	3033	245,615	341,73148	8,87549
18	3738	272,838	346,69347	10,7811

**cota 2764**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	39,71	39,7052	40,077531	0,99071
4	137,9	58,5031	79,393736	1,73708
6	309,7	73,1614	94,653334	3,27226
8	588,6	93,005	151,18359	3,89309
9	744,1	105,399	163,77835	4,54342
10	912,1	117,794	176,37312	5,17114
12	1325	182,448	241,27239	5,49158
14	1870	249,468	308,43547	6,06142
16	2497	265,148	324,62119	7,69158

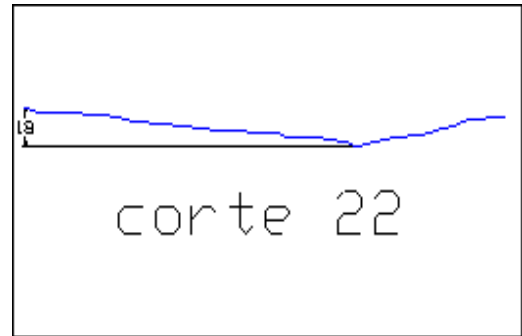
**cota 2762**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	7,905	7,9046	8,9193072	0,88623
4	84,91	69,1037	70,251939	1,20869
6	240,5	86,4545	88,075782	2,73027
8	467,8	140,889	142,90622	3,27358
9	613,4	150,283	152,52411	4,02167
10	768,4	159,677	162,14201	4,73894
11	1016	177,434	180,34374	5,63393
12	1511	195,19	197,88	7,63781
13	1822	217,07	237,3302	7,6791
14	2445	260,819	276,54233	8,84022
16	3093	284,119	315,81364	9,79395



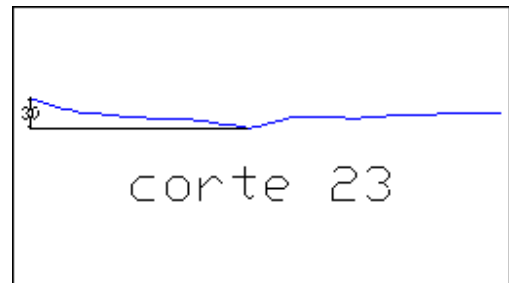
cota 2760

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	12,18	12,177	12,858234	0,94702
4	61,83	37,2772	38,280994	1,61522
6	195,1	59,7597	79,266396	2,46151
8	393,8	102,686	122,56657	3,213
10	663,8	131,085	151,27225	4,38827
11	826,5	144,517	165,01944	5,00828
12	989,1	171,383	178,76663	5,53293
14	1369	199,281	227,36392	6,02183
16	1821	243,042	495,27925	3,67641



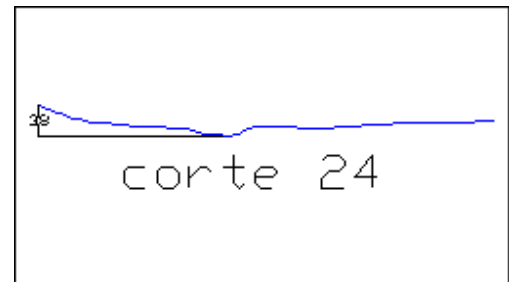
cota 2758

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	14,72	14,7224	15,355602	0,95876
4	71,02	41,5723	42,577705	1,66794
6	174,1	61,5081	62,931016	2,76648
8	313,3	77,696	79,607298	3,93558
10	524,6	133,57	135,90586	3,85978
11	666,5	150,314	152,88045	4,35967
12	825,2	167,059	169,85503	4,85823
13	1115	202,325	292,82033	3,80754
14	1405	272,856	327,93987	4,28327
16	1856	316,618	595,85519	3,11546



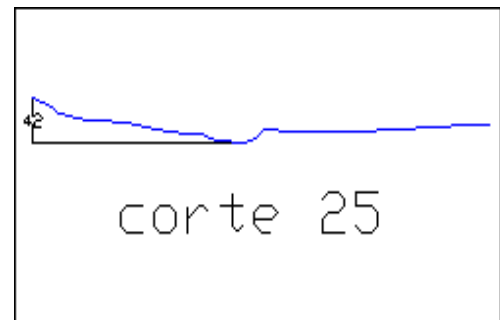
cota 2756

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	14,31	14,3071	14,885541	0,96114
4	76,71	48,0917	48,999982	1,56543
6	179,9	55,066	57,107411	3,14957
8	295,3	60,3699	63,871974	4,6233
10	439,9	84,2327	88,093274	4,99359
12	662,9	138,73	143,28121	4,62632
14	1206	186,125	278,35182	4,3343
15	1528	212,466	305,00359	5,01075
16	1850	265,148	331,18975	5,58632



cota 2754

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	18,76	18,7613	19,189977	0,97766
4	81,23	43,7051	44,565372	1,82266
6	178,5	53,5477	55,204333	3,23309
8	291,4	59,3925	62,501047	4,66265
10	437,2	86,428	90,683654	4,82161
12	628,6	104,943	110,08438	5,71027
13	737,2	112,14	117,6705	6,26455
14	852,9	119,337	125,25661	6,80915



cota 2752

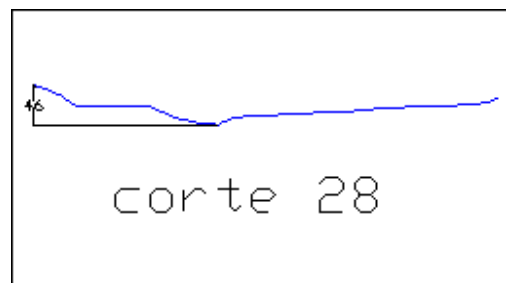
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	27,08	27,0844	27,420888	0,98773
4	99,02	44,8524	45,665402	2,16841
6	197,7	53,8621	55,65345	3,55299
8	326,5	74,908	77,238841	4,22723
10	482,7	81,2496	84,829892	5,68978
11	566,2	85,7856	90,075217	6,28565
12	654,2	90,3216	95,320543	6,86352
14	1067	145,163	239,43993	4,4571
15	1293	167,044	485,66165	2,66247

**cota 2750**

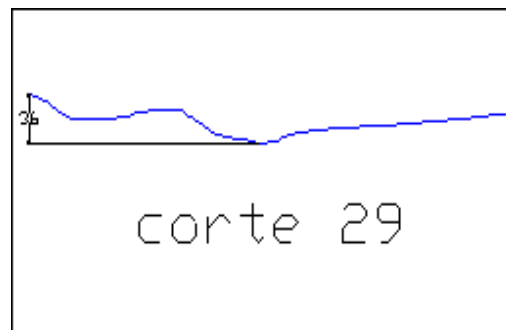
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	21,06	21,0635	21,55406	0,97724
4	77,17	35,0387	36,090506	2,13812
6	167	54,6134	56,153918	2,97429
8	283	61,1607	64,005518	4,42137
10	416,3	71,9811	75,560439	5,50995
12	573,3	84,7762	89,177448	6,42866
13	787,8	99,2822	219,1233	3,59527
14	1002	113,788	233,93605	4,2846
15	1277	134,419	342,17466	3,73323

**cota 2748**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	13,17	20,9178	13,992823	0,94093
4	73,74	39,6587	41,054486	1,79622
6	161,2	47,797	50,178108	3,21253
8	278,5	69,4866	72,316191	3,8509
10	431,9	84,003	87,828751	4,91734
11	528,4	109,133	113,1912	4,66828
12	650,1	134,263	138,55365	4,69177
14	1017	159,748	164,42338	6,18811

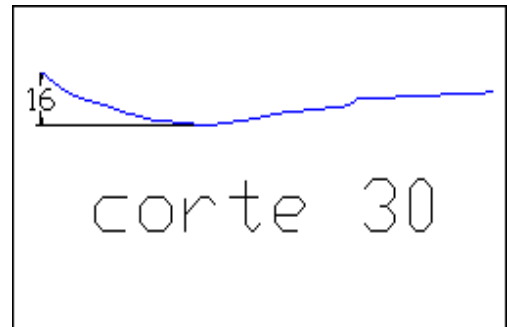
**cota 2746**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	20,31	20,3133	20,783376	0,97738
4	80,15	39,5186	40,717049	1,96835
6	175,9	56,2218	57,915577	3,03693
8	304,1	71,9843	74,17995	4,09938
10	467	90,9612	94,094739	4,96348
11	566,5	108,019	111,48973	5,08143
12	683,1	125,077	128,88473	5,29989
13	820,5	137,43	142,57144	5,75504
14	974,5	149,783	154,42715	6,31069
16	1334	193,298	198,41751	6,72435



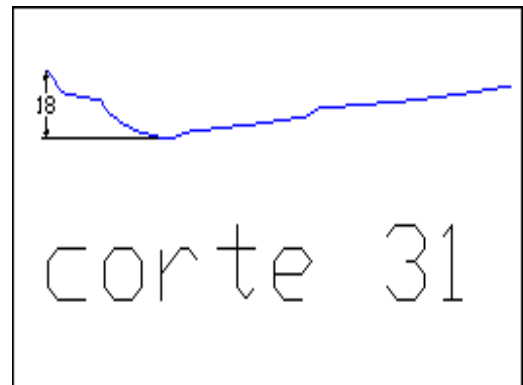
cota 2744

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	32,49	32,489	21,694657	1,49756
4	117,3	52,3372	41,947952	2,79668
6	249,8	80,1942	70,210573	3,55853
8	421,6	91,5612	82,340253	5,12024
9	525,2	115,65	106,61692	4,92612
10	652,9	139,739	130,89359	4,98804
11	809,3	153,432	145,76778	5,55222
12	965,8	167,126	158,98331	6,07464
14	1309	170,444	164,85765	7,94219



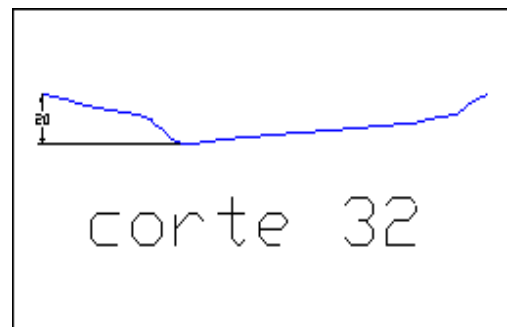
cota 2742

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	17,78	17,7826	18,241923	0,97482
4	81,74	46,1746	47,102528	1,73536
6	194,9	67,0302	68,606023	2,84151
8	335	73,0509	75,851522	4,41686
9	416,2	89,3031	92,641351	4,49262
10	513,6	105,555	109,43118	4,69365
11	635,8	122,191	126,19305	5,03849
12	880,2	138,828	142,95492	6,15722
13	1028	147,627	241,95794	4,24798
14	1175	165,225	250,22247	4,69765



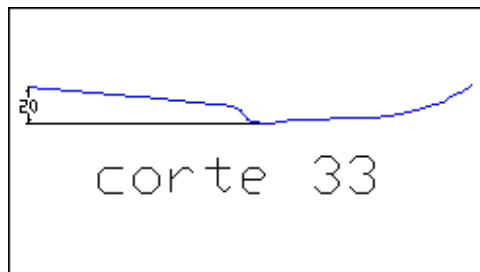
cota 2740

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	22,41	22,4075	22,807229	0,98247
4	94,52	49,709	51,015529	1,85285
6	225,1	80,8271	83,142648	2,70692
8	416	110,069	112,95321	3,68256
9	535,2	114,651	125,02261	4,28082
10	659	119,234	130,20952	5,06127
11	905,5	120,234	130,93452	6,91569
12	1111	139,019	150,4373	7,38542
13	1266	147,933	160,4909	7,88741
14	1421	156,847	168,9026	8,4112
16	1762	170,443	175,05506	10,0639
18	2126	180,228	179,5257	11,8432
20	2517	196,807	192,18239	13,0967

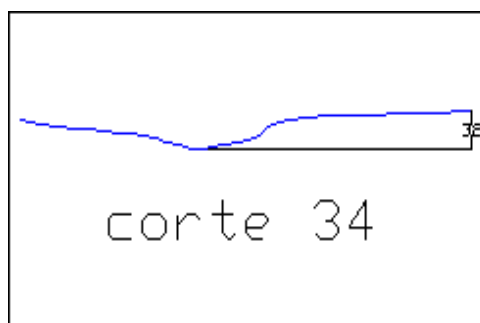


cota 2738

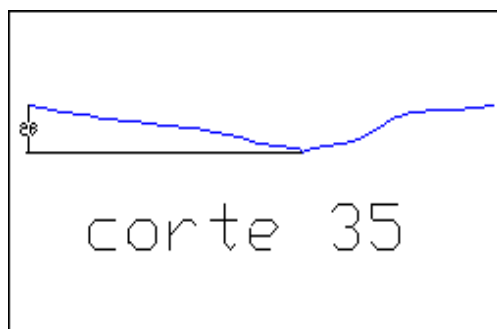
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	22,42	22,4195	22,777671	0,98428
4	120,9	76,041	77,479192	1,56016
6	283,5	86,56	89,2285	3,17702
8	466,7	96,6337	100,39799	4,64825
9	566,1	102,133	106,25061	5,32757
10	670,9	107,632	112,10322	5,98502
11	793,8	122,831	127,46517	6,22736
12	916,6	138,03	142,82712	6,41756
13	1069	152,195	157,32179	6,7937
14	1221	166,361	171,81645	7,10638
16	1560	192,08	198,05892	7,87398
18	2009	219,69	226,26877	8,87848

**cota 2736**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	38,69	23,6579	24,616479	1,57176
4	109,7	47,3292	48,669538	2,25353
6	227,8	70,7509	72,430852	3,14449
8	382,4	83,9361	86,252586	4,43402
10	567,1	100,738	103,5264	5,47802
11	675	91,096	111,09325	6,07614
12	782,9	98,2558	118,66009	6,59798
14	1029	114,697	136,17257	7,56006
15	1188	129,413	152,13563	7,80755
16	1346	144,129	166,37192	8,09114

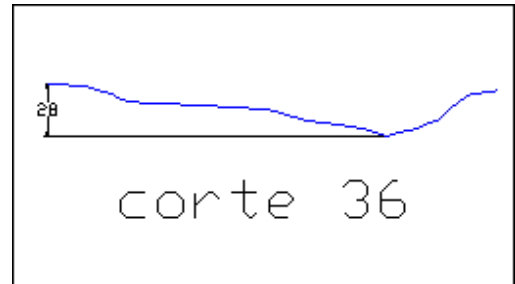
**cota 2734**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	8,281	8,2811	9,2312885	0,89707
4	56,59	40,028	41,234479	1,3724
6	164,6	67,9762	69,467654	2,36937
8	311	78,4743	80,75286	3,85181
10	483,1	93,5803	96,466468	5,00795
11	580,5	101,277	104,50233	5,55517
12	685,7	108,974	112,5382	6,09264
14	917,6	123,006	127,22277	7,21282
15	1055	137,569	142,8338	7,38763
16	1193	152,132	156,9459	7,5999

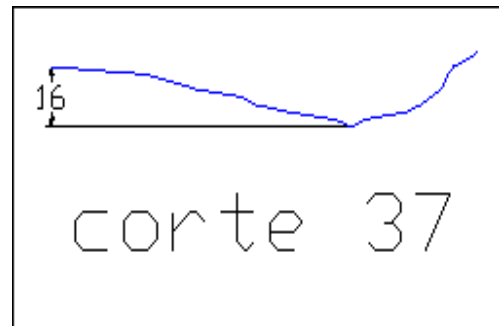


cota 2732

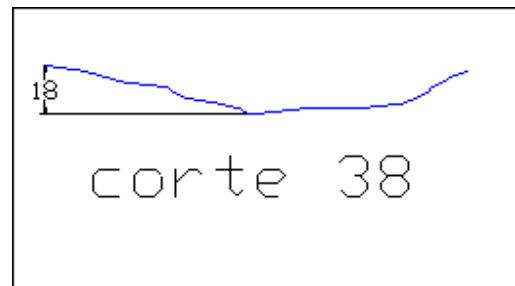
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	13,24	13,2377	13,829961	0,95718
4	56,46	29,9866	31,063155	1,81765
6	131,3	44,8132	46,725198	2,80923
8	244,3	68,1816	70,498915	3,46469
10	389,7	77,2143	80,554677	4,83712
12	551,9	85,0076	89,622746	6,15775
14	730,7	93,8129	99,554261	7,33967
15	833,1	111,049	117,14324	7,11203
16	952,8	128,285	134,73222	7,07175
17	1103	150,413	158,03533	6,98075
18	1254	172,541	179,71118	6,97574
20	1607	185,414	189,2688	8,49206

**cota 2730**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	9,163	9,1629	10,013759	0,91503
4	54,65	36,3271	37,471673	1,45852
6	142,6	51,6103	53,3434	2,67307
8	252,2	57,9984	60,885354	4,14221
10	385,4	74,9368	78,601515	4,90287
12	544,2	83,4509	88,569249	6,14475
13	630,3	79,7793	94,135893	6,69613
14	721,3	84,6218	99,702537	7,23451
16	938	114,551	130,7135	7,17581
18	1236	166,204	182,83793	6,76136
20	1590	169,605	188,78358	8,41994

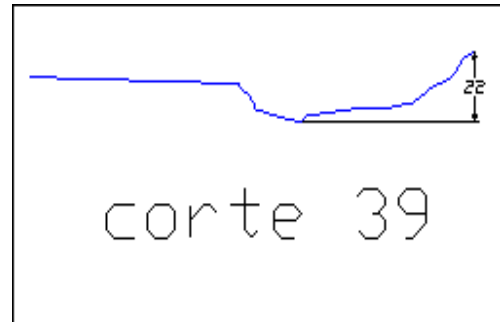
**cota 2728**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	22,53	41,0543	23,140882	0,97368
4	130,9	85,8008	68,246006	1,91754
6	281,8	102,157	85,183658	3,30788
8	457,6	110,733	94,647363	4,83502
10	646	114,714	100,30663	6,44049
11	752,6	125,098	111,74442	6,735
12	859,2	135,481	121,65724	7,06225
14	1103	145,001	132,10424	8,34652
16	1369	158,687	146,36545	9,35504



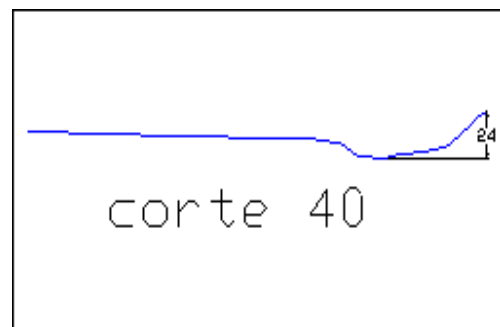
cota 2726

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	11,58	11,5844	12,566751	0,92183
4	57,45	34,2815	35,676959	1,61029
6	159	46,6653	49,54667	3,20967
8	277,3	51,0076	55,588771	4,98901
10	405,3	56,2854	62,211111	6,51423
12	544,1	61,9024	69,258172	7,85577
13	636,1	95,8942	109,09943	5,83045
14	767,7	135,503	148,94068	5,15461
15	947,4	163,752	177,69433	5,33172
16	1127	192,002	206,44798	5,45949
18	1599	247,761	263,30857	6,07169



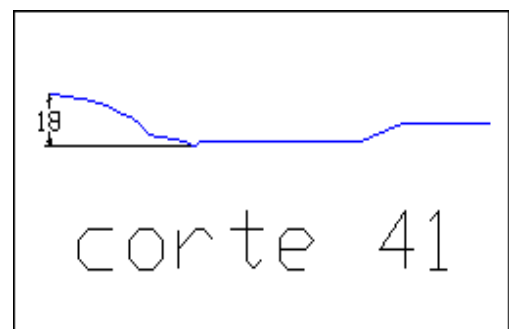
cota 2724

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	22,53	22,5345	22,931303	0,9827
4	89,28	44,2109	45,309667	1,97044
6	189,9	56,4163	58,359972	3,25406
8	311,4	65,0052	67,838981	4,59011
10	458	81,5637	85,382493	5,3643
11	563,9	130,155	134,27043	4,19978
12	718,4	178,746	183,15837	3,92222
13	934,6	216,143	221,96673	4,21036
14	1151	253,54	258,944	4,44394
15	1410	259,141	265,99993	5,30039
16	1669	264,743	270,98636	6,15926



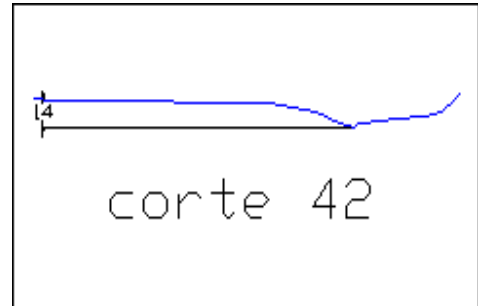
cota 2722

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	6,642	68,1509	7,7579861	0,85614
4	162,4	149,158	89,245676	1,82017
6	344,5	155,897	97,330133	3,53928
7	440,9	159,957	101,9622	4,32412
8	541,4	168,078	106,59427	5,07883
9	698,9	181,806	162,63131	4,29738
10	856,4	203,655	184,04921	4,65312
11	1039	206,466	221,65586	4,68554
12	1221	212,088	225,17307	5,42139

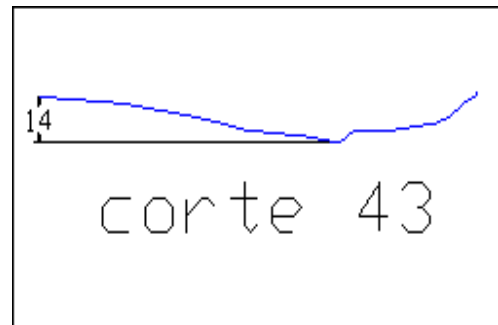


cota 2720

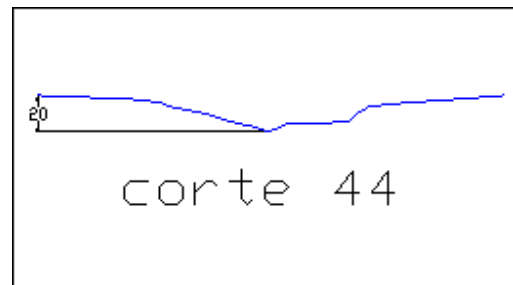
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	10,42	10,4239	13,553152	0,76911
4	54,2	33,3506	36,976309	1,46576
6	147,4	59,8479	64,03963	2,30165
8	280,2	72,9481	77,739315	3,60427
10	440,2	87,1068	92,773543	4,74541
12	630,7	103,304	109,6409	5,75204
14	975,3	241,371	248,72744	3,9213
16	1460	243,198	251,43623	5,80626

**cota 2718**

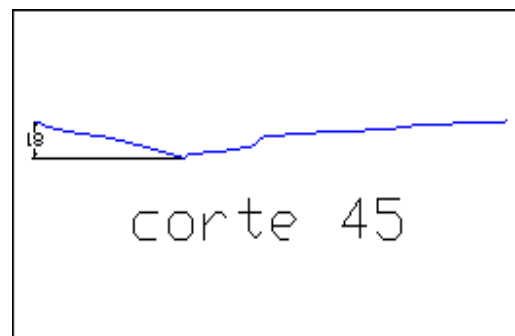
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	14,09	14,0872	14,918601	0,94427
4	67,66	39,4855	40,985453	1,65083
6	196,1	74,8675	76,776206	2,55359
8	360,9	89,9862	92,470157	3,90297
9	454,6	97,4059	100,34956	4,53021
10	555,7	112,245	108,22896	5,13467
12	779,9	126,758	123,70752	6,30426
14	1052	160,048	157,53127	6,67709
16	1458	261,004	259,40288	5,62084

**cota 2716**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	11,42	11,4182	12,10645	0,94315
4	46,6	23,7653	25,179128	1,85081
6	153,2	52,163	69,228464	2,21231
8	296,2	60,2393	78,431506	3,77632
10	456,2	69,1824	88,515452	5,15423
12	638,3	82,2372	102,33408	6,23715
14	845,6	94,4251	115,3738	7,32888
16	1090	119,811	141,33362	7,71523
18	1406	165,536	187,24341	7,51104

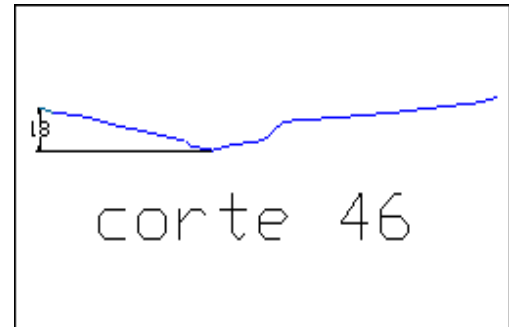
**cota 2714**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	10,88	10,8824	11,737725	0,92713
4	63,49	41,7242	42,92217	1,47917
6	167,1	61,8957	63,503307	2,6315
8	302,5	73,4874	76,081995	3,97587
9	399,9	78,687	81,829278	4,88703
10	459,9	83,8865	87,576561	5,25102
12	665,9	122,137	126,03833	5,28324
14	973,7	185,636	189,72856	5,13188
16	1367	207,756	212,26856	6,44023
18	1841	266,158	271,09999	6,79075

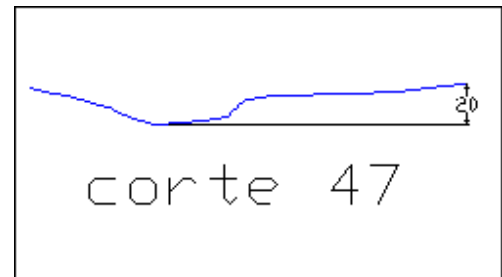


cota 2712

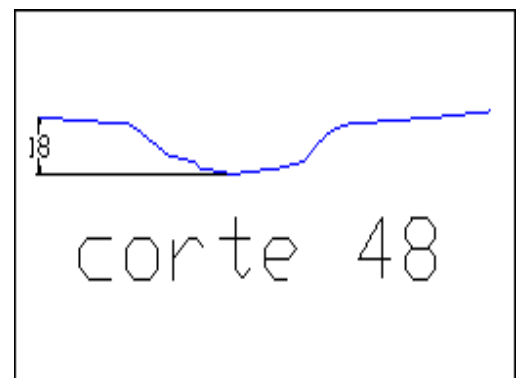
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	19,31	19,3128	19,733233	0,97869
4	69,39	36,7675	38,144295	1,81923
6	151	50,862	52,972503	2,85096
8	263,5	61,614	64,780205	4,06758
10	401,4	76,311	80,284539	5,00001
11	482,4	80,9584	85,493019	5,64236
12	563,5	85,6058	90,701498	6,21313
14	774,7	125,165	130,55314	5,93407
16	1066	166,092	171,68598	6,21113
17	1245	178,412	184,80907	6,73652
18	1424	190,731	209,87067	6,78311

**cota 2710**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	30,96	30,9583	31,314197	0,98863
4	110,4	48,5126	49,367467	2,23688
6	213,4	54,4709	56,865513	3,75294
8	327,9	60,0615	63,75357	5,14395
10	457,2	69,2128	74,110484	6,16943
12	605	78,5952	84,426077	7,16635
14	780,5	96,8482	103,15659	7,56588
15	913,7	133,26	139,97038	6,52803
16	1047	169,672	176,18514	5,94256
18	1409	192,571	199,45931	7,06527
20	1852	250,606	257,65161	7,18959

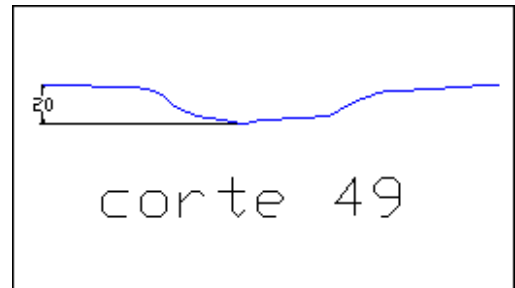
**cota 2708**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	21,31	21,308	21,756103	0,9794
4	88,69	46,0698	47,205381	1,87872
6	191,3	56,5376	58,903705	3,24756
8	307,7	59,8324	64,196861	4,7925
10	431,5	64,0058	69,978083	6,16624
12	563,5	68,011	75,652064	7,44882
14	704,5	72,9368	81,99757	8,59131
16	866,7	89,3228	98,922696	8,76165
18	1079	122,941	132,8604	8,12123
20	1515	229,107	239,13178	6,33359

**cota 2706**

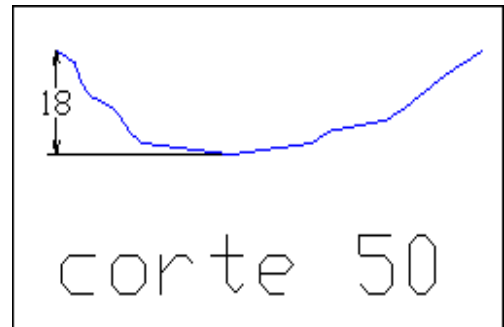
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	32,91	32,9085	33,156437	0,99252
4	112	46,2087	47,276261	2,3696

6	217	58,7694	60,784839	3,57003
8	339,9	64,093	67,493734	5,03553
10	473,1	69,1352	73,947082	6,39775
12	617,8	75,5494	81,534508	7,57692
14	774	80,6344	88,006681	8,79437
16	946,7	92,1529	100,22631	9,44612
18	1204	164,704	172,88796	6,96177
20	1640	271,579	362,24384	4,52703



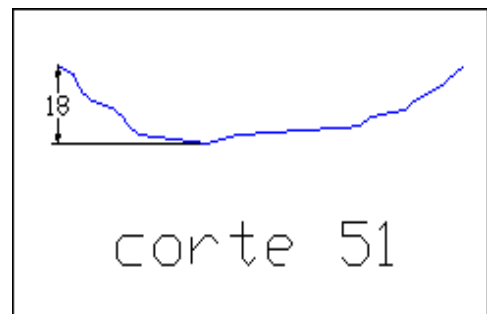
cota 2704

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	17,83	17,828	18,271856	0,97571
4	101,9	66,283	66,921871	1,52325
6	242,4	74,2011	75,793209	3,19848
8	397,9	81,3032	84,005317	4,73693
10	568,3	89,0875	92,765275	6,12641
12	751,8	94,3882	99,451632	7,55939
14	948,4	102,2	108,49262	8,74144
16	1161	110,896	118,0763	9,83668
17	1292	130,188	137,54284	28,6044
18	1422	149,481	157,00938	48,4211
20	1799	227,442	235,08214	126,382



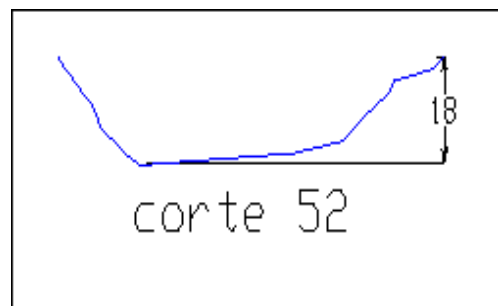
cota 2702

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	25,8	25,797	26,166975	0,98586
4	112,9	61,3314	62,43	1,80883
6	239,7	65,4555	68,207262	3,51447
8	383,2	78,0322	81,673346	4,69186
10	547,1	85,8926	90,680515	6,03354
12	725,7	92,6387	98,555117	7,36295
14	916	97,6945	105,24269	8,70359
16	1115	101,145	110,61948	10,0781
18	1324	107,925	118,52574	16,8586
20	1613	181,154	191,94871	90,0868



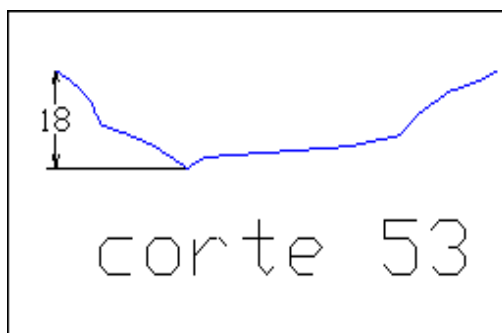
cota 2700

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	41,99	41,9881	42,521814	0,98745
4	140,8	56,8236	58,177525	2,42018
6	260,2	62,6053	65,209199	3,99068
8	388,8	65,9303	70,486223	5,51547
10	525,2	70,4805	76,711592	6,8461
12	671,6	75,9527	83,4971	8,0435
14	826,8	79,2662	88,709505	9,32063
16	997,3	91,2381	101,61727	9,8146
18	1184	95,8059	107,73746	10,9932
19	1283	98,6832	112,75227	11,3795

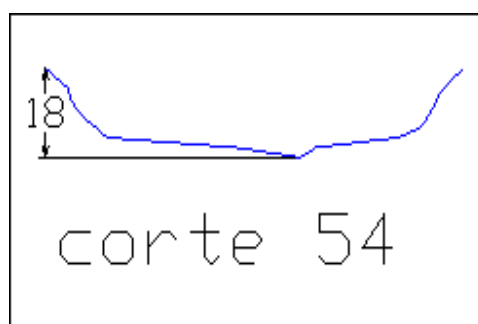


cota 2698

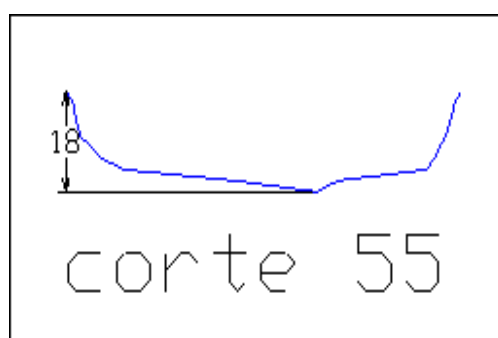
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	6,926	6,9258	7,9979511	0,86595
4	54,54	40,6859	42,374655	1,28703
6	151,8	56,6259	58,872269	2,5793
8	273,4	64,9235	68,262703	4,00509
10	406,5	68,1811	73,450081	5,53441
12	546,6	71,9587	79,185386	6,90333
14	695,6	77,014	85,673444	8,11938
16	858,5	85,8561	95,545025	8,98513
18	1037	93,1481	103,87081	16,2771
20	1227	96,5652	109,23443	19,6942
22	1426	101,857	116,00765	24,9856

**cota 2696**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	18,69	18,691	19,32382	0,96725
4	105,2	67,8419	68,64547	1,53286
6	248,5	75,3972	77,301974	3,21419
8	403,8	79,9579	83,446551	4,83924
9	484,6	81,5962	86,040783	5,63216
10	567	83,2344	88,635016	6,39714
12	735,5	85,2607	93,121319	7,89836
13	821,9	84,3331	97,295096	8,44714
14	908,2	87,4581	97,762407	9,29012
16	1088	92,4231	104,15186	10,4473
18	1278	97,2838	110,44808	11,5694

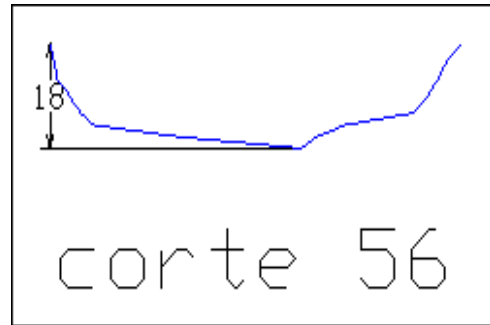
**cota 2694**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	21,36	21,3599	21,914085	0,97471
4	105,4	62,7022	63,451684	1,66145
5	169,7	65,8516	67,303177	2,52141
6	237,1	69,001	71,154669	3,33253
8	378,3	72,1968	76,318611	4,95715
10	526,1	75,5461	81,612925	6,44587
12	678,7	77,0667	85,898913	7,9009
13	756,3	77,6234	89,937821	8,40917
14	833,9	78,7368	90,052283	9,26046
15	912,6	79,2049	94,080197	9,69996
16	991,2	80,1411	94,162708	10,5267
18	1152	82,8415	98,990235	13,2271



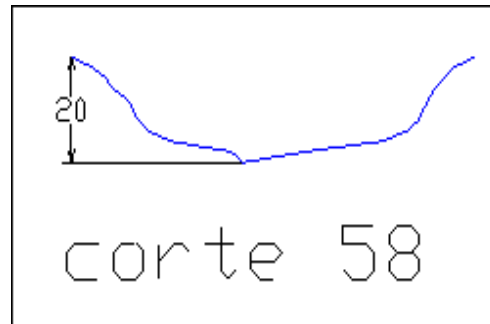
cota 2692

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	27,81	27,8096	28,475649	0,97661
4	106	50,3952	51,513342	2,058
6	222,3	65,9349	67,93392	3,27295
8	358,3	69,9893	73,657617	4,86397
10	501	72,6972	78,489967	6,38241
11	574,5	74,3563	81,09703	7,08388
12	649,7	76,0153	83,704093	7,76148
14	803,1	77,4058	88,01519	9,12443
16	959,9	79,3615	92,527379	10,3738
18	1121	81,918	97,459014	12,9303



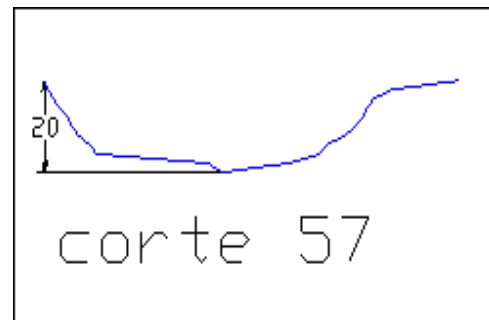
cota 2690

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	20,01	20,0144	20,698742	0,96694
4	95,7	55,668	56,678457	1,68842
6	210,5	59,1436	61,977905	3,39651
8	336,2	66,5007	70,398245	4,77502
10	473,3	70,6859	76,233984	6,20904
12	617,7	73,6724	81,243463	7,60305
14	768,3	76,8883	86,427629	8,88905
16	925,1	79,9386	91,461961	10,1144
17	1008	82,9278	96,61562	10,4332
18	1091	85,9169	98,891144	16,0927



cota 2688

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	15,75	15,7501	16,601256	0,94873
4	77,16	45,6566	46,777964	1,64943
6	179,4	56,5729	58,406953	3,07132
8	296,8	60,8571	64,268516	4,61838
10	420,7	62,9988	68,806211	6,11387
12	549,3	65,6409	73,600132	7,46346
14	684,8	69,854	79,55487	8,60798
16	828,1	73,4088	84,909569	9,75237
17	902,8	76,0119	88,198571	10,2358
18	980,1	81,218	91,487574	10,7129
20	1388	119,103	129,60786	48,5975



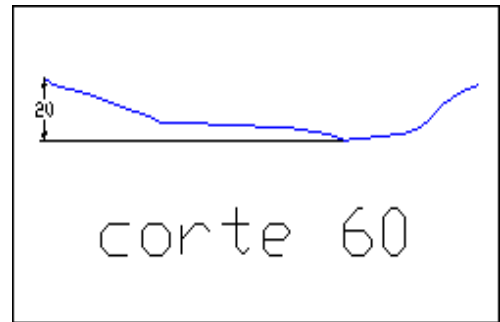
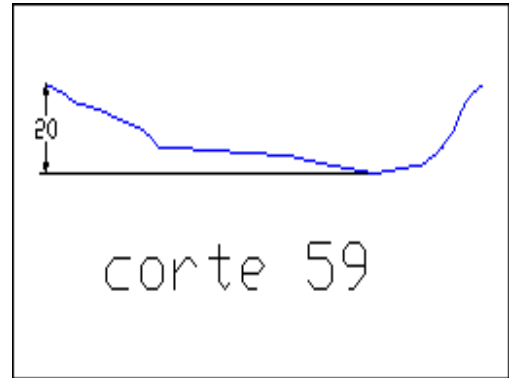
cota 2686

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	28,01	28,0058	28,289975	0,98995
4	99,2	43,1847	44,162391	2,24617
6	227,1	84,6883	86,374992	2,62888
8	399,8	88,0133	91,593142	4,36464
10	580,7	92,9277	97,947346	5,92882

11	677,1	96,4251	103,65804	6,53238
12	773,6	103,42	106,58258	7,25781
13	876,9	106,875	112,14147	7,81989
14	980,3	113,786	114,94131	8,5288
16	1203	122,971	125,59063	9,58004

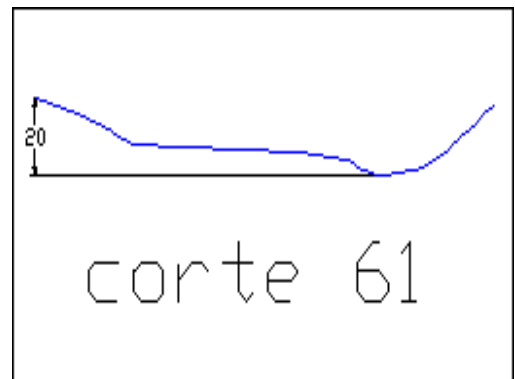
cota 2684

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	26,98	26,9779	27,430382	0,9835
4	101,6	47,6344	48,518553	2,09384
6	248,5	99,322	100,9264	2,46265
8	454,2	106,329	109,06033	4,16465
9	562,7	110,618	113,93875	4,93837
10	675,4	114,907	118,81717	5,68465
11	794,5	119,03	123,49551	6,43314
12	913,5	123,153	128,17385	7,12699
13	1041	127,674	134,26472	7,75458
14	1169	132,194	138,11168	8,46301
16	1445	143,631	150,29344	9,6123



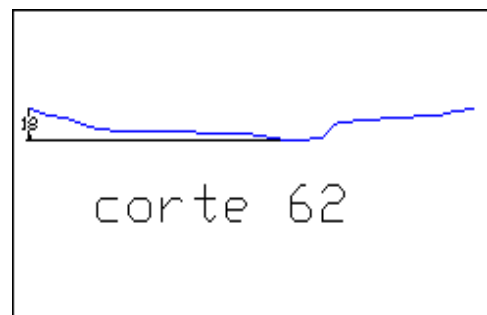
cota 2682

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	21,56	21,5553	21,970067	0,98112
4	70,74	27,6327	29,245787	2,41892
6	146,4	48,0096	50,170781	2,91774
8	301,1	106,708	109,6233	2,7467
10	522,3	114,445	118,44824	4,40914
12	757,7	120,959	126,09257	6,00875
13	880,7	125,158	130,77705	6,7345
14	1008	129,357	135,46153	7,44105
15	1141	132,868	139,63562	8,17014
16	1274	136,378	143,80971	8,85692
17	1416	141,999	149,8037	9,45043
18	1558	147,62	161,79168	9,62786



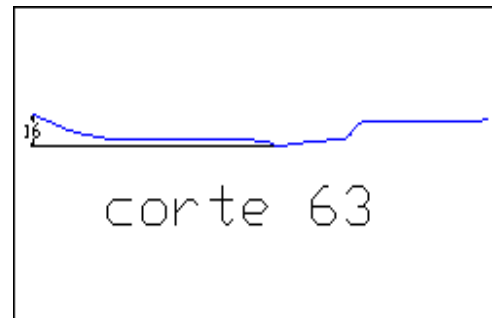
cota 2680

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	31,06	31,058	31,32233	0,99156
4	111	48,8715	49,9429	2,22229
6	298,7	138,795	140,70898	2,12249
7	439,8	143,404	145,89125	3,01425
8	585,5	148,014	151,07352	3,87534
9	738,3	152,813	156,29161	4,7237
10	891,1	157,612	161,50969	5,51724
12	1240	190,83	195,15583	6,35148
14	1669	238,814	243,34706	6,85923
16	2160	252,115	257,23664	8,39733
18	2694	281,777	287,4888	38,0598



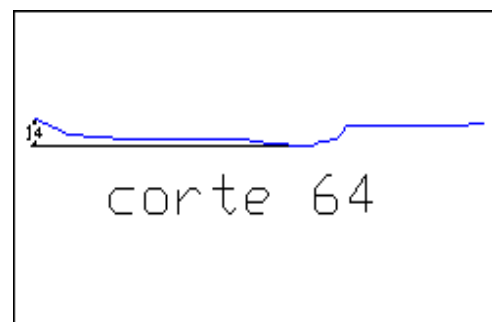
cota 2678

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	21,11	21,1056	21,684475	0,9733
4	103,2	60,9978	61,781078	1,67056
6	392,3	152,068	153,64258	2,55357
7	546,9	157,105	159,32771	3,4327
8	706,5	167,683	165,01284	4,28177
10	1038	174,48	173,13969	5,99301
12	1383	182,373	182,01939	7,60028
14	1879	206,456	265,60573	7,07536
16	2430	237,345	296,95343	8,18338



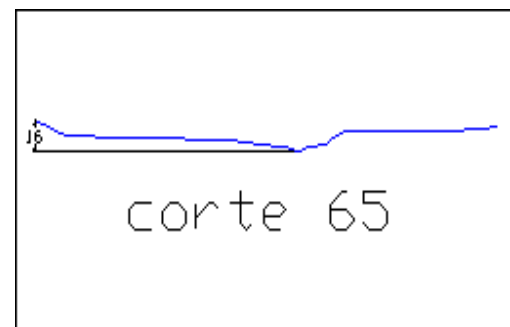
cota 2676

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	30,78	30,7776	31,500369	0,97706
4	115,8	54,2217	55,284804	2,09419
6	398,5	160,75	162,71151	2,44932
7	554,7	163,665	166,28522	3,33608
8	713,9	166,581	169,85894	4,20269
9	1038	169,854	175,2434	5,92489
10	1042	173,127	177,83173	5,85706
12	1521	198,73	263,83036	5,76614
14	2052	224,486	290,11084	7,07437



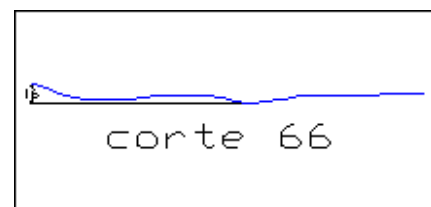
cota 2674

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	11,13	11,1272	11,825267	0,94097
4	63,04	40,7857	41,764228	1,50943
6	162	58,1773	60,377975	2,68315
8	375,8	155,6	158,30502	2,37378
9	534	160,791	163,87485	3,25844
10	697,4	171,173	169,44468	4,11558
11	933,9	187,272	240,29839	3,88651
12	1170	219,469	256,6745	4,56017
14	1696	239,903	277,68956	6,10836
16	2277	274,389	312,65835	7,28238



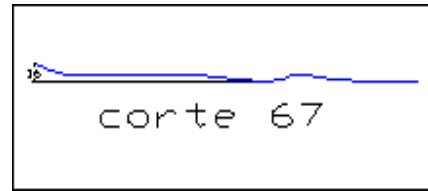
cota 2672

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	21,81	21,8095	22,173376	0,98359
4	84,99	41,3712	42,307454	2,00887
6	279,8	78,2909	79,443373	3,52189
8	701	106,754	108,32261	6,47148

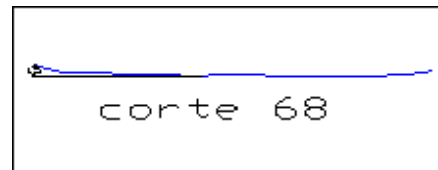


cota 2670

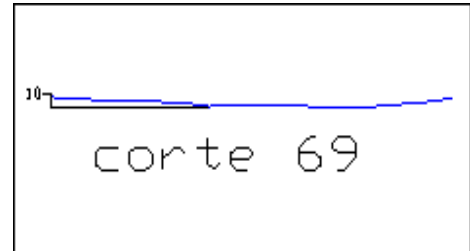
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	17,7	17,6959	36,287547	0,48766
4	80,42	45,0294	63,945969	1,25764
6	183,3	57,8113	78,026504	2,34872

**cota 2668**

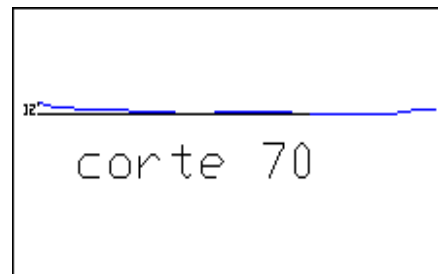
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	37,84	37,8365	38,231711	0,98966
4	705,7	215,443	308,95716	2,28427
6	1345	280,794	374,46393	3,5929

**cota 2666**

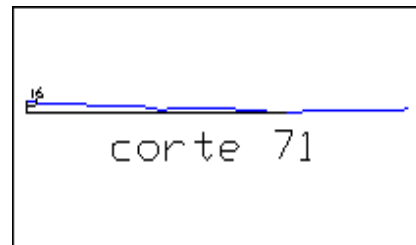
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	170,2	109,256	193,8303	0,87814
4	624,9	146,294	231,1017	2,70392
4,3	696,2	158,595	243,42813	2,8599
4,4	720,8	162,696	247,53694	2,91175
6	1170	228,302	313,15233	3,7359
8	1860	292,725	377,74398	4,92379

**cota 2664**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	179,8	111,673	234,4874	0,76682
2,4	227	124,154	247,00605	0,9189
2,42	229,5	124,778	247,63199	0,92663
3	307,1	142,875	265,78404	1,15539
4	465,6	174,076	297,08067	1,56711
4,1	495,4	178,076	301,08648	1,64544
6	768,9	254,082	377,19679	2,03849

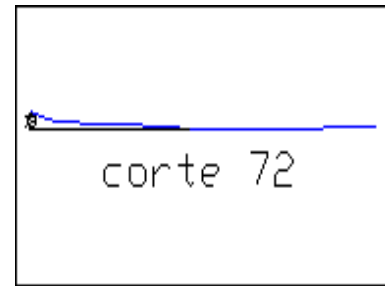
**cota 2662**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	68,99	68,9898	138,09542	0,49958
4	270,1	132,127	201,35879	1,34142
5	511,3	103,925	236,44283	2,16241
6	787,4	138,86	271,52687	2,89991
8	1618	146,194	397,5134	4,07095
10	2266	201,124	452,48049	5,00887

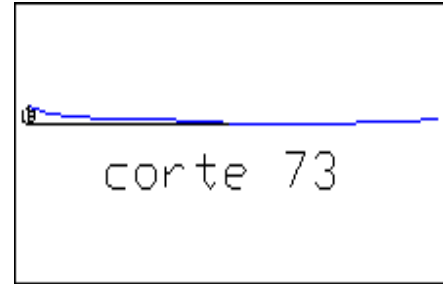


cota 2660

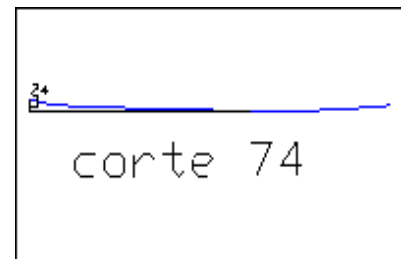
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	256,6	164,182	164,39006	1,56117
2,01	258,3	165,01	165,21954	1,56329
3,98	744,1	328,181	328,62615	2,26421
3,99	747,4	329,009	329,45563	2,26849
4	750,7	329,838	330,2851	2,27276

**cota 2658**

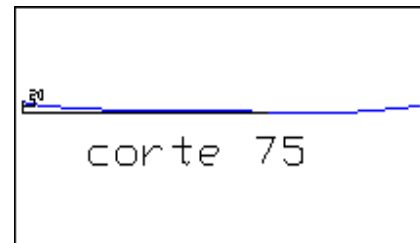
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	241,9	144,377	144,71553	1,67136
4	607,9	221,631	222,08616	2,73713
4,6	757,2	275,983	276,45197	2,73887
4,7	785,2	285,041	285,51294	2,7502
6	1232	402,804	403,30553	3,05555

**cota 2656**

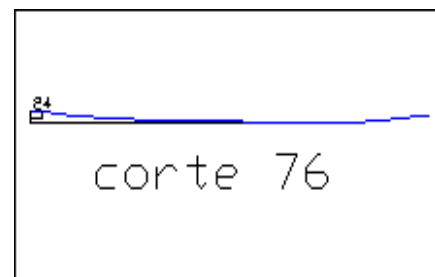
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	303,7	194,097	194,2109	1,56355
3	526,4	251,466	251,61415	2,09225
4	806,6	308,834	309,01741	2,61018
6	1558	411,656	411,93878	3,7826
8	2263	465,683	567,16877	3,98999
10	3267	539,036	640,6539	5,09949

**cota 2654**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	386,4	238,455	238,54323	1,61975
3	653,5	295,703	295,84388	2,2088
4	977,8	352,952	353,14453	2,7688
6	2003	496,349	584,74309	3,42584
8	3230	554,325	642,85849	5,02453
10	4564	603,928	692,62918	6,59006

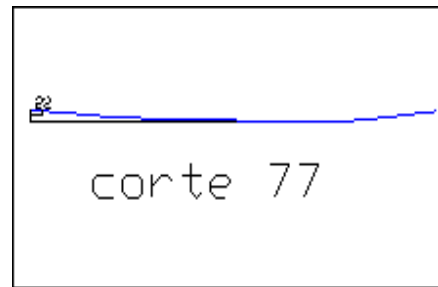
**cota 2652**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	265,2	184,991	185,06696	1,43291
3	489,3	263,261	263,37311	1,85786
4	791,7	341,532	341,67925	2,3171
4,1	833,5	343,421	419,16103	1,98852
6	1664	379,328	455,2985	3,65414
8	2705	510,358	586,46662	4,61164
10	3929	563,212	639,48225	6,1445

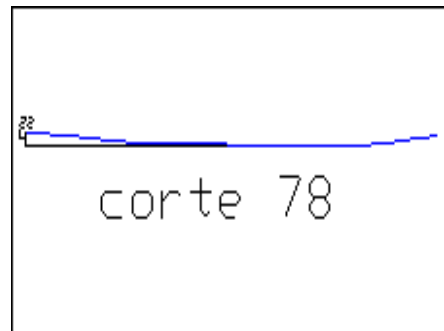


cota 2650

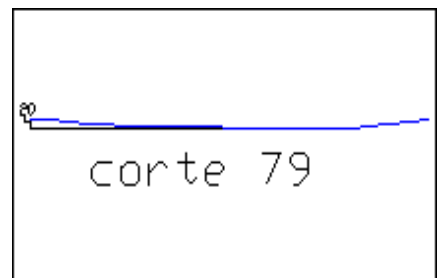
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	228,9	163,886	163,97498	1,39572
4	660,3	333,254	333,42266	1,98023
5	806,3	457,248	460,06659	1,75252
6	985,1	492,547	492,96341	1,99826
6,1	1028	496,203	496,62574	2,06987
8	1912	565,678	566,20991	3,3772
10	2954	622,754	623,46254	4,73865

**cota 2648**

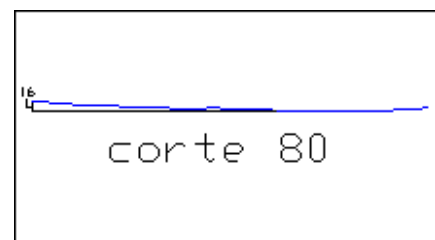
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	145,5	183,207	124,98462	1,16381
2,5	246,7	221,598	221,69591	1,1126
4	665,4	336,771	336,916	1,97508
6	1479	470,403	533,81679	2,77061
8	2608	532,707	596,32271	4,3743
10	3939	578,882	642,69306	6,12861

**cota 2646**

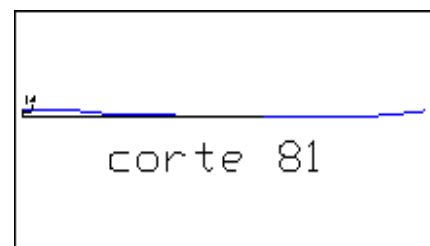
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	230,8	171,161	171,24082	1,34767
4	713,9	311,962	312,14573	2,28707
4,2	794,7	326,042	411,23802	1,93246
4,3	836,2	333,082	418,28327	1,99902
6	1606	409,986	495,31089	3,24211
8	2659	473,638	559,15328	4,75626
10	3847	543,44	629,08013	6,11458

**cota 2644**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	438,1	253,404	253,53884	1,72807
3	715,1	300,449	300,65056	2,37837
4	1039	347,493	347,76229	2,98776
5	1527	391,819	446,27742	3,42099
6	2059	480,472	522,93846	3,93682
8	3161	538,285	580,91799	5,44096
10	4394	612,129	654,90357	6,71007

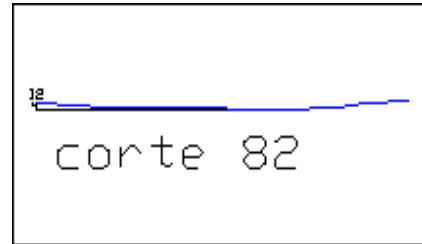
**cota 2642**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	410,6	260,329	260,40394	1,57664
4	1289	540,375	540,52777	2,38426
6	2400	585,962	571,19262	4,20156
8	3560	604,15	590,06152	6,03263
10	4764	630,756	617,01569	7,72126

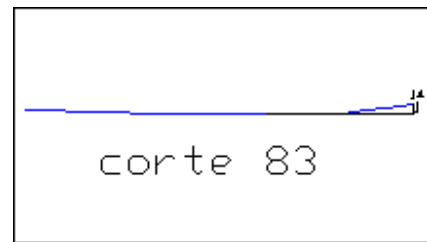


cota 2640

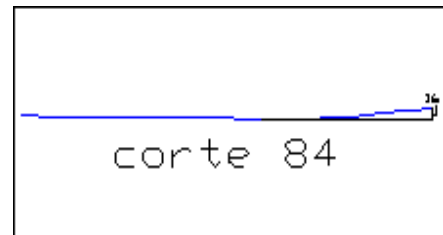
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	320,4	223,763	223,82581	1,43129
4	1018	398,214	398,36961	2,55442
6	1962	546,659	546,9485	3,58805
8	3099	590,222	590,75732	5,24641
10	4309	645,88	646,60822	6,66341

**cota 2638**

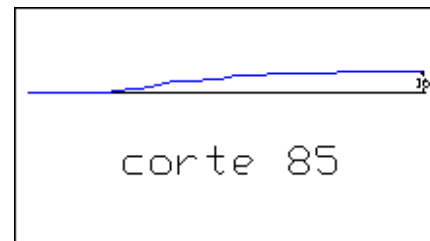
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	240,6	229,289	229,32547	1,04924
3,4	705,5	300,303	367,71429	1,91851
3,5	742,5	305,376	372,79649	1,99163
4	935,1	330,738	398,2075	2,34832
6	1765	364,499	432,20526	4,08332
8	2769	451,255	546,09963	5,07053
10	3922	513,461	608,45565	6,44609

**cota 2636**

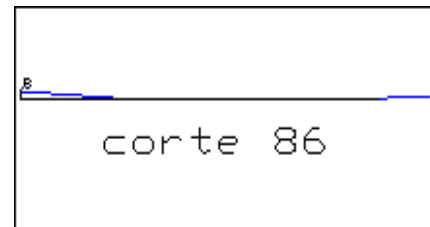
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	221,1	190,62	190,6708	1,15973
2,8	532,3	392,972	393,19216	1,35374
4	1011	405,067	405,541	2,49322
4,1	1054	409,231	409,71428	2,57328
6	1954	488,34	513,93678	3,80274
8	3028	535,624	561,42947	5,39372

**cota 2634**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	156,7	104,262	104,41793	1,50035
3	614,4	468,413	468,68568	1,31091
3,4	803,5	476,951	477,26987	1,68349
3,5	851,3	479,086	479,41591	1,77566
4	1093	489,758	490,14614	2,23095
6	2119	537,538	535,82789	3,95372
8	3195	543,776	542,37848	5,89123

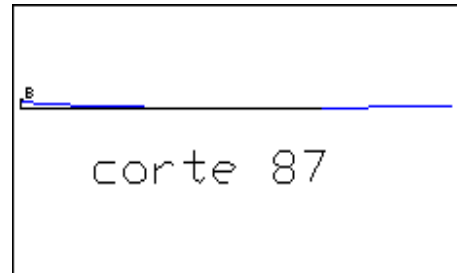
**cota 2632**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	833,7	473,667	473,75372	1,75971
2,1	881,2	476,217	476,31186	1,84998
4	1832	524,663	524,91654	3,49008
6	2908	550,999	551,63296	5,27101
8	4088	629,4	630,1665	6,48727

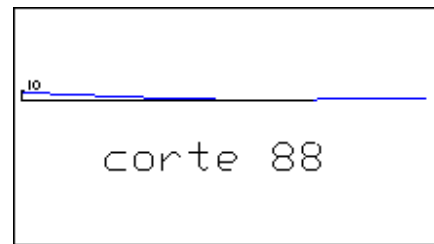


cota 2630

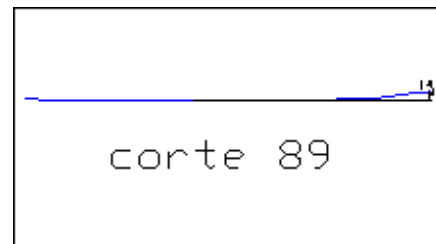
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	408,5	256,583	256,66068	1,59147
2,8	783,2	489,674	489,79051	1,59905
2,9	833,2	494,739	494,86037	1,68374
4	1408	550,454	550,6289	2,55721
4,1	1463	553,098	553,2818	2,64468
6	2562	603,334	603,68681	4,24369
8	3801	636,223	636,81904	5,96939

**cota 2628**

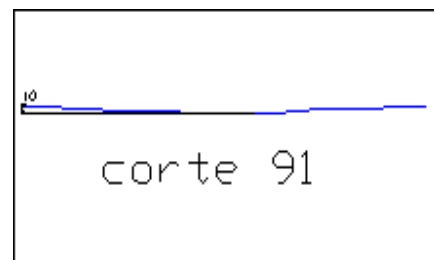
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	377,3	257,938	258,00852	1,46229
3	820,8	305,879	467,64262	1,75527
3,1	867,8	310,673	472,44114	1,83691
4	1312	515,469	515,62782	2,54513
6	2414	585,897	586,21184	4,11746
8	3636	636,834	637,41847	5,70494

**cota 2626**

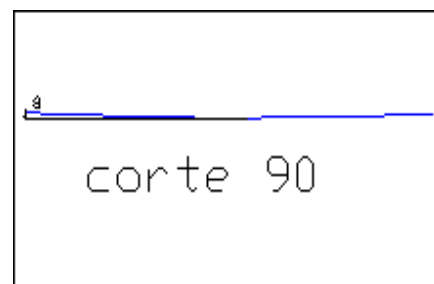
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	374,9	218,51	218,65131	1,7144
2,9	733,5	426,215	426,38708	1,72027
3	776,4	432,376	432,55106	1,795
4	1240	493,982	494,19092	2,50836
4,1	1289	497,122	497,33818	2,59213
6	2290	556,776	557,13616	4,11096
8	3471	624,26	624,83432	5,55572

**cota 2624**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	188,9	188,937	188,99917	0,99967
2,4	274	236,207	236,27947	1,1595
4	803,2	425,289	425,4007	1,88801
4,1	846	431,205	431,3205	1,96139
6	1772	543,615	543,79667	3,25869
8	2900	584,763	585,13856	4,95685

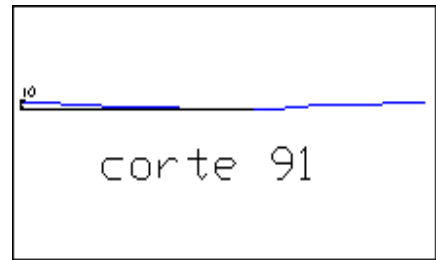
**cota 2622**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	250	227,983	228,05129	1,09617
3,9	724,7	271,767	272,06187	2,6639
4	752	274,071	274,37822	2,74088
4,5	896	301,768	302,09412	2,96595
6	1411	384,86	385,24185	3,66255
8	2288	492,469	492,94191	4,64212

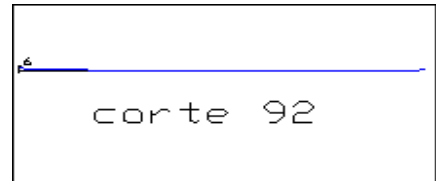


cota 2620

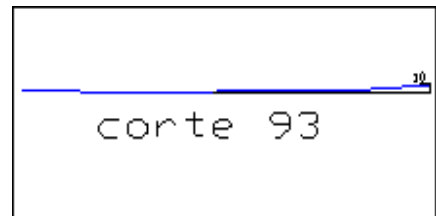
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	676,7	407,945	368,2151	1,8377
2,1	717,8	413,66	413,95543	1,73388
4	1607	522,241	522,60554	3,0747
6	2720	591,264	591,78194	4,5969

**cota 2618**

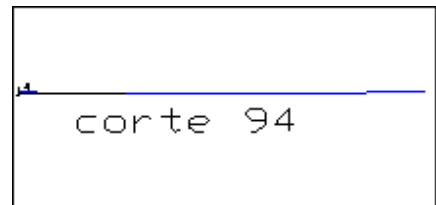
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	751,5	383,511	384,02162	1,957
2,1	793,7	389,121	425,45175	1,86565
4	1702	495,701	532,1031	3,19934
6	2826	556,501	593,14759	4,76477

**cota 2616**

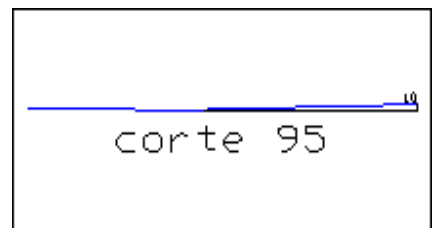
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	445,4	231,623	232,18448	1,91848
2,4	616,7	435,884	436,46616	1,41305
2,5	660,5	439,691	440,2794	1,50025
3	885,1	458,731	459,34562	1,92694
4	1363	496,81	497,47806	2,73962

**cota 2614**

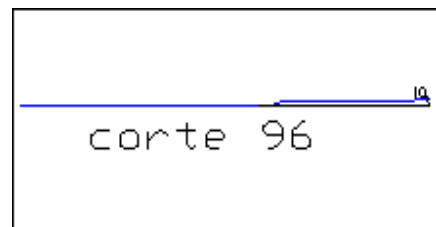
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	187,8	187,816	187,99807	0,99903
3,7	584,4	356,332	356,75279	1,63815
3,8	612,6	361,683	362,11726	1,69161
3,9	641,2	367,033	367,48173	1,74496
4	825,6	372,384	372,8462	2,2143

**cota 2612**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	641,1	361,361	361,50268	1,7734
4	1431	428,75	429,29028	3,33387

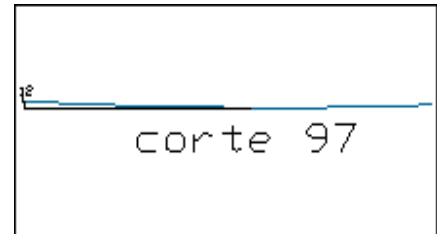
**cota 2610**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	385,6	258,563	411,7595	0,93658
3,1	803	335,330	571,0127	1,40625
3,2	845,1	342,309	577,99445	1,46215
4	1207	480,594	633,84842	1,90465
6	2268	580,161	733,72635	3,09109

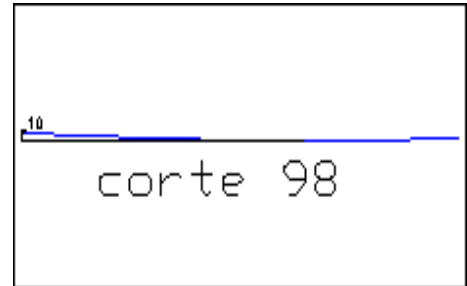


cota 2608

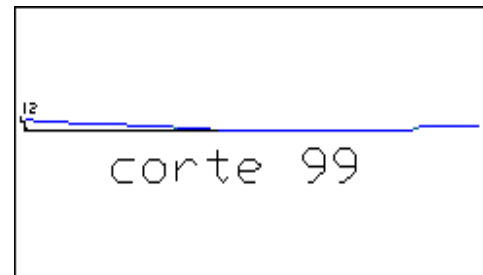
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	408,5	276,583	277,16557	1,47384
2,7	703,3	305,009	435,98417	1,61314
3	835,7	317,192	448,18298	1,86473
4	1304	488,155	488,8457	2,66667
6	2336	544,645	545,47655	4,28321

**cota 2606**

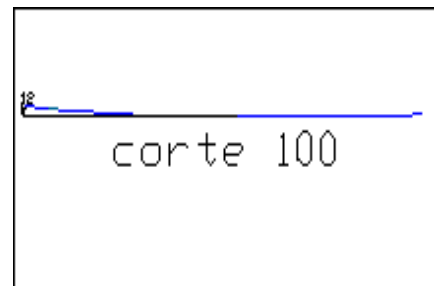
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	533,5	293,751	294,32529	1,81267
2,5	680,5	296,154	296,93116	2,29175
2,6	710	296,634	297,45234	2,38704
2,7	739,6	297,115	297,97352	2,48216
4	1131	303,363	304,7488	3,71004
6	2110	544,117	545,57691	3,86702

**cota 2604**

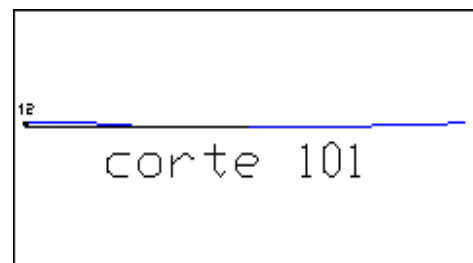
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	237,7	237,724	174,2403	1,36435
3,99	738,2	265,255	202,09773	3,65263
4	740,8	265,393	202,23771	3,66322
4,01	745	388,742	325,58676	2,28806
6	1688	511,362	448,27866	3,7647

**cota 2602**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	312,7	312,705	312,73885	0,99989
2,1	355,8	316,771	432,6973	0,82221
3	761,6	353,369	469,38175	1,62261
4	1251	509,917	510,14225	2,45267
6	2461	573,464	573,83362	4,28885

**cota 2600**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	383,1	264,559	264,7116	1,44734
3,2	772,7	384,748	384,93513	2,00738
3,3	811,7	394,764	394,95375	2,05515
4	1113	464,874	465,08414	2,39217
6	2181	604,636	604,90359	3,60626

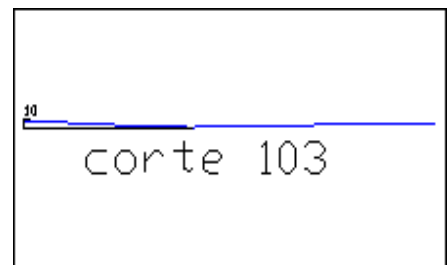


cota 2598

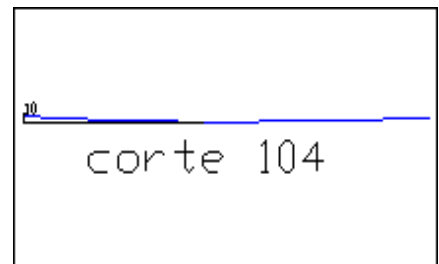
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	127,6	127,589	127,65593	0,99947
3	306	229,331	229,49132	1,3336
4	586,3	331,074	331,32671	1,76941
6	999,5	466,489	466,81933	2,14109
8	1828	417,801	613,1085	2,98121

**cota 2596**

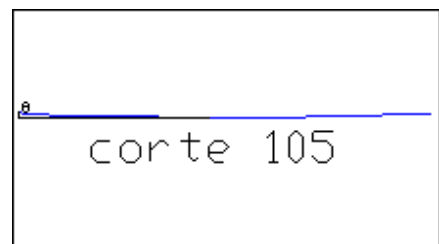
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	204,3	204,279	204,32425	0,99978
3	626,1	439,595	439,75619	1,42373
4	1083	475,158	475,43432	2,2789
5	1571	499,578	500,00953	3,14161
6	2083	523,999	524,58475	3,97005

**cota 2594**

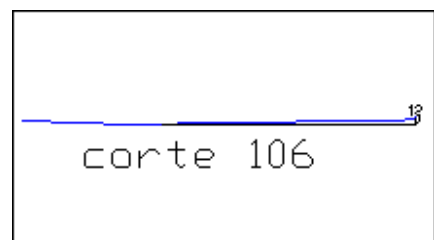
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	528,4	386,169	386,21917	1,36803
2,24	623,5	406,291	406,34643	1,5343
2,25	627,5	407,129	407,18507	1,54112
2,26	631,6	407,967	408,02371	1,54795
4	1468	553,848	553,94638	2,65076
6	2723	700,996	701,1647	3,88386

**cota 2592**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	348,1	263,059	263,11969	1,32315
3,3	836,1	416,063	416,16634	2,00902
3,4	878	422,328	422,43495	2,07844
4	1143	459,92	460,04662	2,48384
6	2262	659,607	660,04643	3,42735

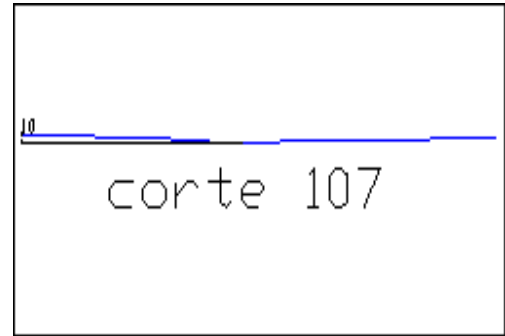
**cota 2590**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	183,8	165,682	165,73759	1,10878
2,2	218	177,151	177,25303	1,23016
4	629,8	280,373	280,89204	2,24222
4,3	736,9	370,104	370,6299	1,98824
4,4	774,4	378,881	379,40905	2,04094
6	1493	519,309	519,87547	2,87166



cota 2588

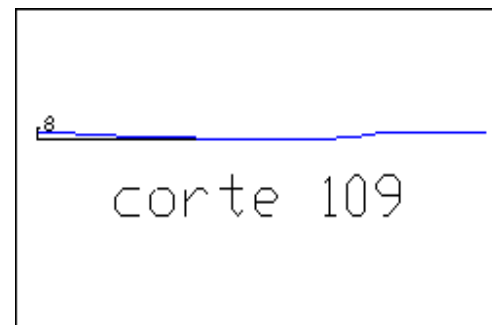
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	234,8	234,774	234,80924	0,99985
2,1	258,7	244,357	244,39532	1,05866
3	517,5	330,61	330,67006	1,5649
4	896	426,445	426,53087	2,10065
4,1	938,9	431,782	431,87211	2,17403
6	1856	533,193	533,35559	3,47916

**cota 2586**

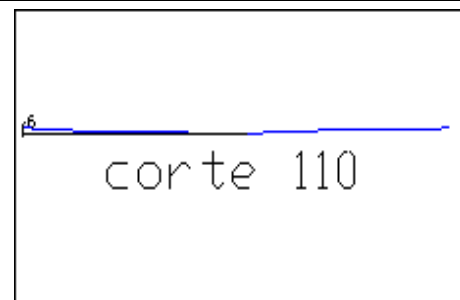
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	213,2	213,162	213,21079	0,99977
2,2	256,5	220,55	220,6144	1,16281
2,3	278,8	224,244	224,31621	1,24277
4	713,4	287,042	287,24691	2,48346
4,2	771,3	292,258	292,48215	2,63707
4,3	800,7	294,865	295,09977	2,71316
6	1340	339,196	339,59932	3,94466

**cota 2584**

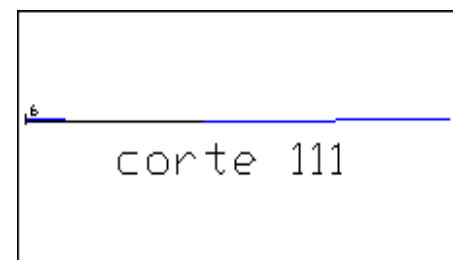
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	241,2	241,181	241,22956	0,9998
2,06	256	244,447	244,49721	1,04702
2,1	265,6	246,534	246,58635	1,07697
3,76	748,6	335,394	335,50908	2,23114
4	830,6	348,241	348,36538	2,38429
6	1789	524,243	524,45651	3,41041

**cota 2582**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	393,4	257,169	257,23547	1,52931
2,8	728,5	440,415	440,51207	1,65383
2,9	772,8	445,787	445,88784	1,73327
4	1296	504,88	505,02123	2,56565
6	2642	732,115	732,32601	3,60722

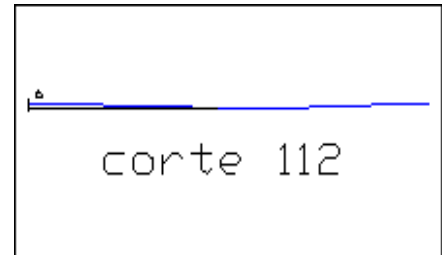
**cota 2580**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	321,8	243,742	243,79047	1,32009
2,03	331,1	289,543	289,59336	1,14323
4	968,4	358,149	358,31311	2,70267
6	1853	526,824	527,03594	3,5166

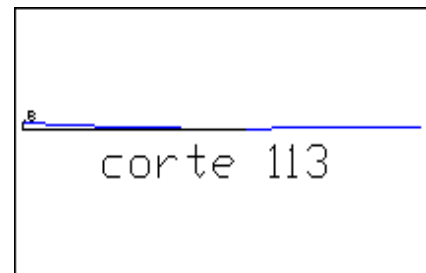


cota 2578

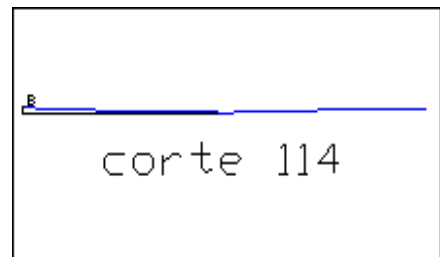
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	189,7	189,746	189,79683	0,99973
2,6	409,6	386,167	386,23701	1,06059
2,7	448,6	392,727	392,79941	1,14202
4	1015	477,998	478,11057	2,12201
6	2090	597,729	597,91292	3,49596

**cota 2576**

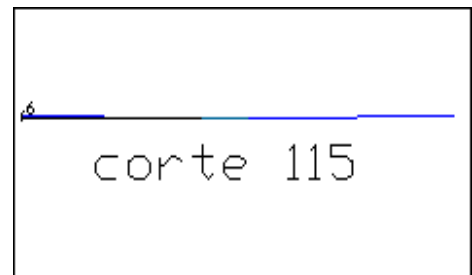
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	240,5	240,547	240,58591	0,99984
3,99	856,1	378,075	378,17295	2,26371
4	859,9	378,766	378,86434	2,26957
4,01	864,9	508,975	509,07341	1,69906
6	1969	600,66	600,84589	3,2771

**cota 2574**

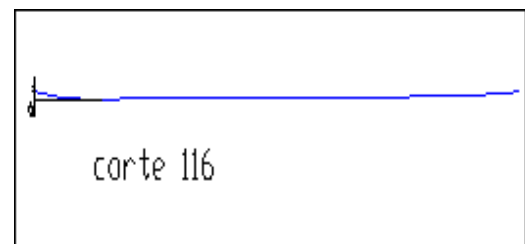
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	398	326,455	326,49034	1,2191
3,1	817,1	395,928	396,25257	2,0621
3,2	856,8	398,645	398,99554	2,14749
4	1184	420,378	420,93926	2,81382
6	2467	679,113	679,7941	3,62842

**cota 2572**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	179	179,027	179,10815	0,99955
2,8	364,4	284,326	284,41913	1,2811
3	423,9	310,651	310,74687	1,36402
4	800,3	442,274	442,3856	1,80912
4,5	1083	583,405	583,53316	1,85666
6	2036	686,691	686,86745	2,96418

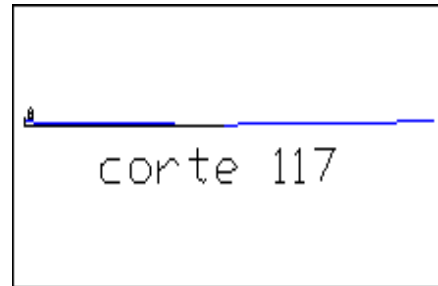
**cota 2570**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	242,3	242,26	242,30708	0,99981
2,3	339,6	338,25	338,30358	1,00371
2,4	373,8	347,528	347,58339	1,07557
4	1049	495,97	496,06021	2,11395
6	2425	699,115	699,67267	3,46571

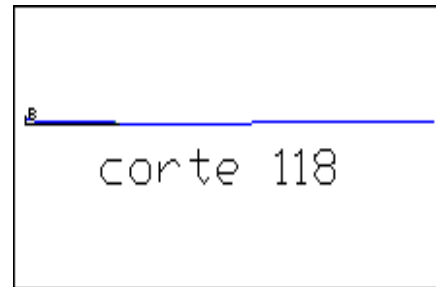


cota 2568

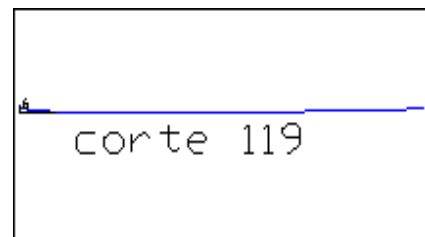
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	448,6	273,378	273,57072	1,63991
3	791,2	387,554	387,76965	2,04046
3,1	830,4	396,546	396,76346	2,09302
4	1224	477,47	477,70769	2,56169
6	2606	702,042	703,10359	3,7058

**cota 2566**

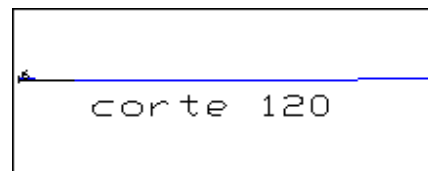
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	904,1	509,571	509,69814	1,77384
2,01	909,2	510,108	510,23542	1,78197
4	2031	616,895	617,1541	3,29025
6	3380	732,332	732,68575	4,61292

**cota 2564**

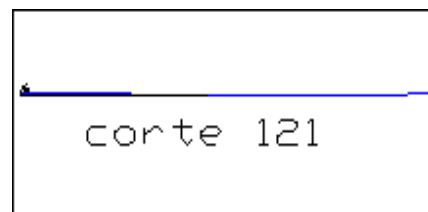
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	100,9	100,919	100,9986	0,99921
3,9	1039	566,399	566,60884	1,83411
4	1096	574,076	574,29209	1,90893
6	2308	637,742	638,11238	3,61708

**cota 2562**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	292,9	292,885	292,91191	0,99991
2,3	448,9	529,612	529,6535	0,8476
2,4	502,2	535,913	535,9594	0,93703
4	1440	636,731	636,85372	2,26162

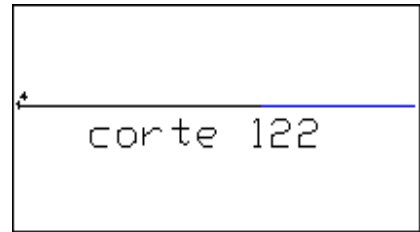
**cota 2560**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	298,7	298,72	298,75031	0,9999
2,2	450,9	763,782	763,83115	0,59034
2,3	527,4	766,57	766,62842	0,68799
4	1871	813,965	814,18201	2,29788



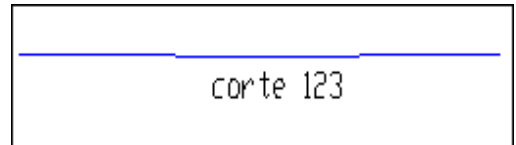
cota 2558

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	381,4	381,398	381,44157	0,99989
3,5	1253	780,891	780,94521	1,60461
4	1677	914,055	914,1131	1,8344



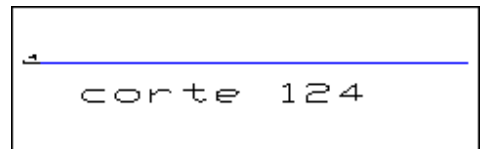
cota 2556

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	1243	679,644	679,77375	1,82785
4	2816	894,663	894,91569	3,14693



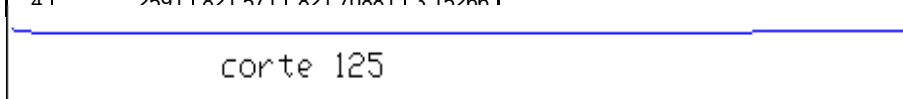
cota 2554

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	1322	752,77	752,8691	1,7553
4	3114	1039,27	1039,4849	2,99528



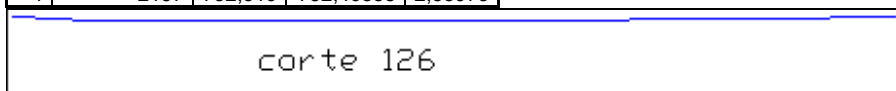
cota 2552

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	1070	698,622	698,67405	1,53201
4	2591	821,571	821,70881	3,15266



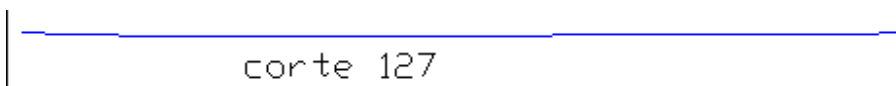
cota 2550

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	701	469,453	469,48698	1,49317
4	2137	752,319	752,46888	2,83973



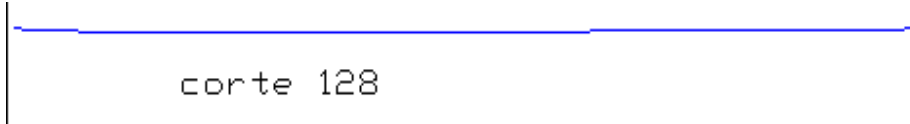
cota 2548

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	799,3	473,488	473,60018	1,68774
4	2251	780,949	781,20409	2,88167

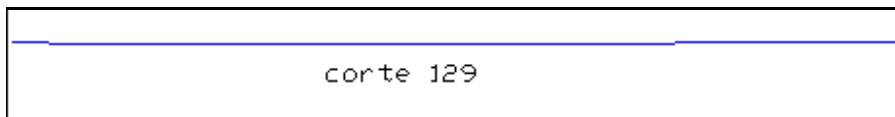


cota 2546

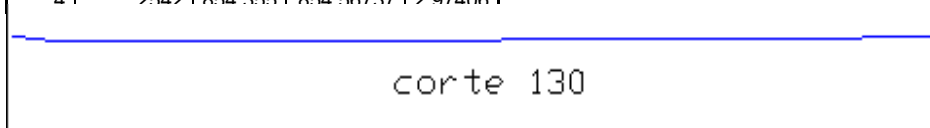
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	423	423,032	423,05065	0,99995
4	1546	699,821	699,94618	2,20858
6	3038	792,672	792,78827	3,83252

**cota 2544**

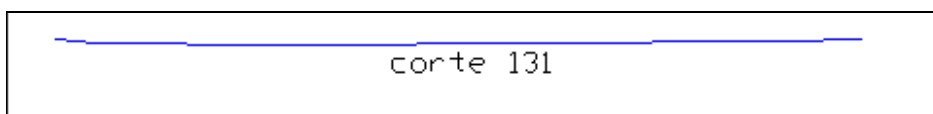
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	874,8	716,409	716,4269	1,22106
4	2413	822,248	822,49295	2,93432

**cota 2542**

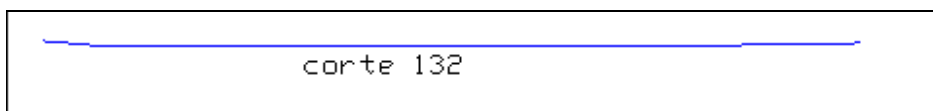
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	900,5	688,76	688,79806	1,30736
4	2542	854,355	854,56737	2,97406

**cota 2540**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	396,7	396,694	396,71828	0,99994
2,2	529,6	673,405	673,43674	0,78643
4	1885	832,436	832,54016	2,26399

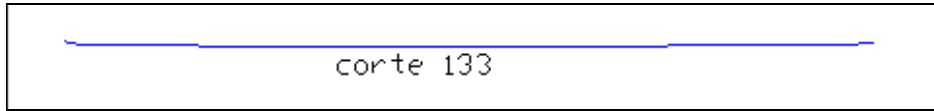
**cota 2538**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	528,2	347,943	348,01109	1,5178
4	1733	701,551	701,72859	2,46925

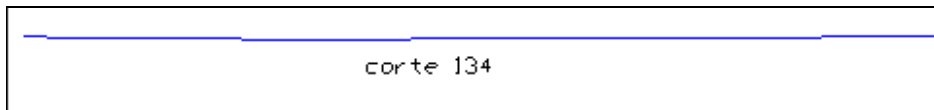


cota 2536

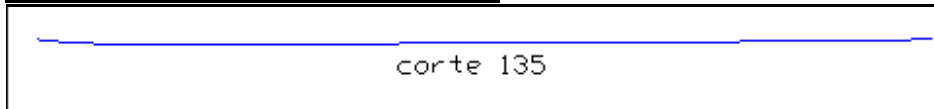
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	1054	728,38	728,40015	1,44663

**cota 2534**

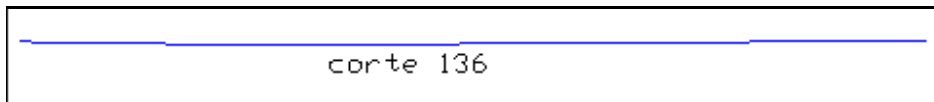
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	564	563,959	563,99331	0,99994
4	2006	878,41	878,47367	2,28388

**cota 2532**

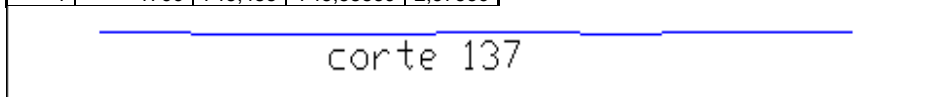
h	área	anchos	perímetro	Rh
2	1276	729,698	729,74532	1,7484

**cota 2530**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	442,3	442,327	442,34794	0,99995
3	1087	719,903	719,93926	1,50944
4	1882	870,947	870,99879	2,16089

**cota 2528**

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	412,8	412,835	412,85489	0,99995
4	1766	743,485	743,58859	2,37536



cota 2526

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	646,4	646,428	681,43214	0,94863
4	2121	793,076	828,1589	2,56101

cota 2524

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	570,8	542,624	542,64061	1,05184

cota 2522

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	614,5	614,534	614,54742	0,99998

cota 2520

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	603,6	603,6	603,61375	0,99998

cota 2518

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	699,5	699,486	699,49724	0,99998

cota 2516

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	822,6	626,066	626,08579	1,31394

cota 2514

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	644,8	607,202	607,21801	1,06187

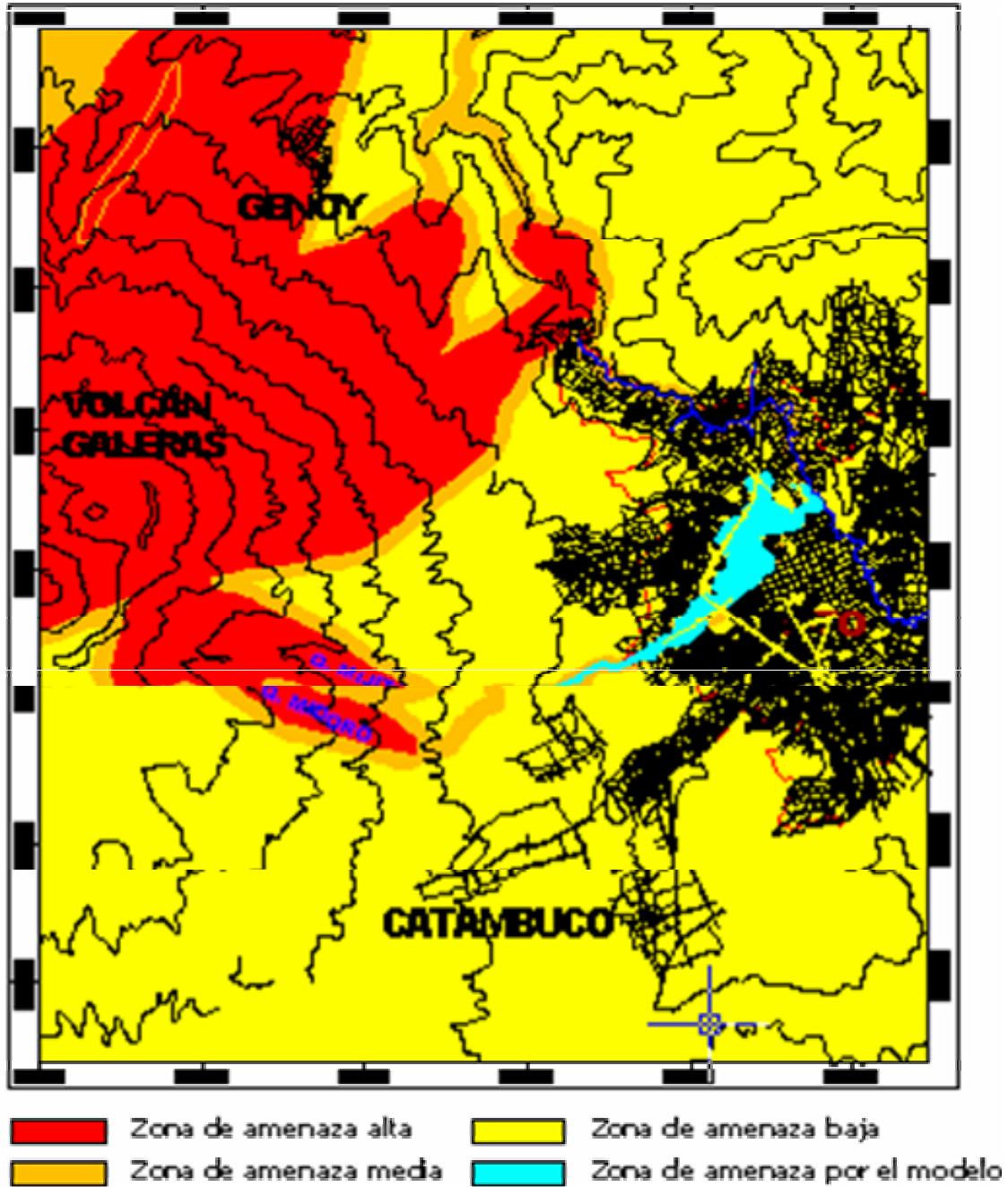
cota 2512

h	área	anchos	perímetro	Rh
2	689,5	604,308	604,32728	1,14088

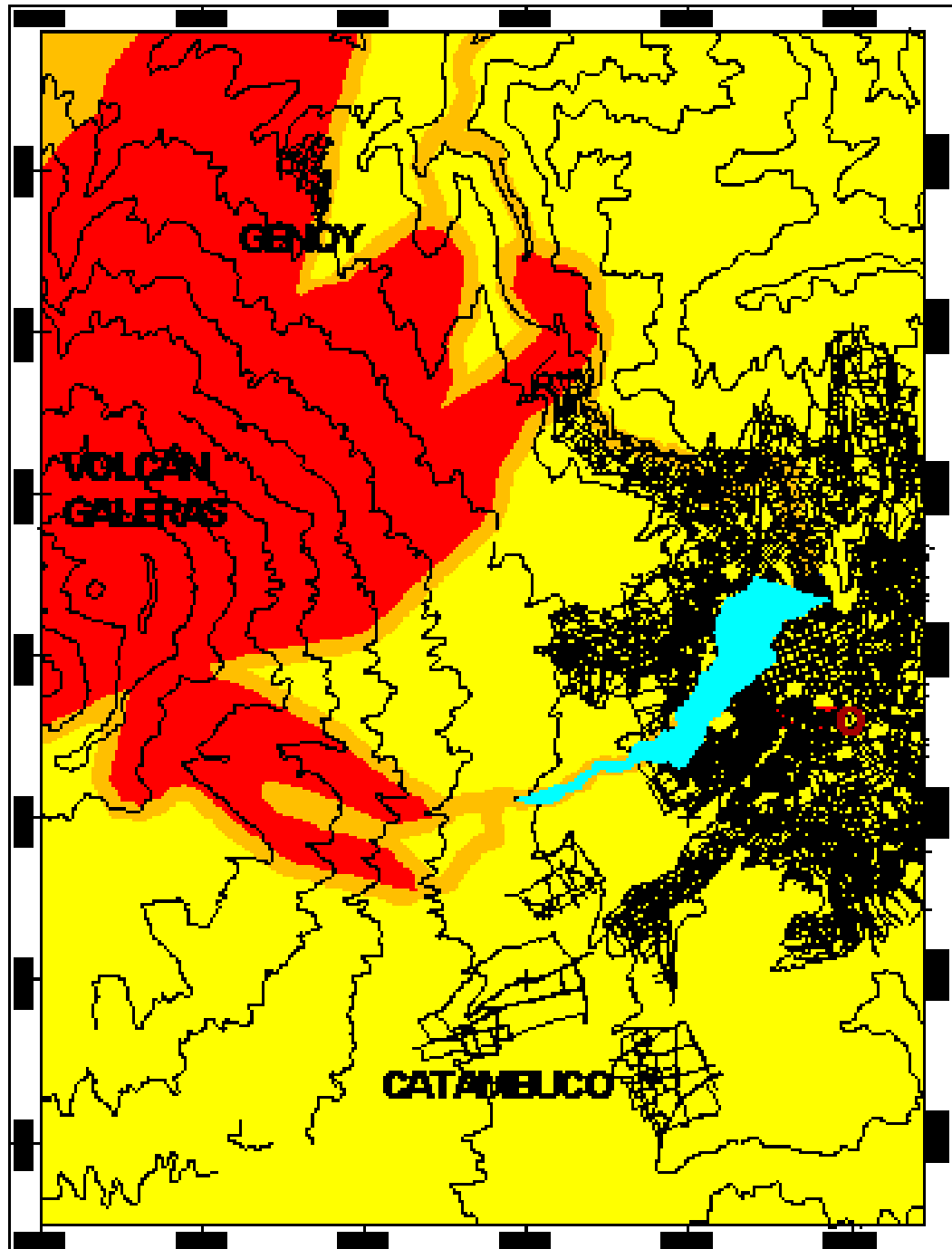
ANEXO D



COMPARACIÓN ENTRE EL ANCHO DE INFLUENCIA FIJO PRESENTADO POR INGEOMINAS Y EL ÁREA DE AFECTACIÓN PROYECTADA EN ESTE TRABAJO.

PRIMER ESCENARIO



SEGUNDO ESCENARIO



- | | |
|---|---|
|  Zona de amenaza alta |  Zona de amenaza baja |
|  Zona de amenaza media |  Zona de amenaza por el modelo |

ANEXO B

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING PARA CAUCES NATURALES

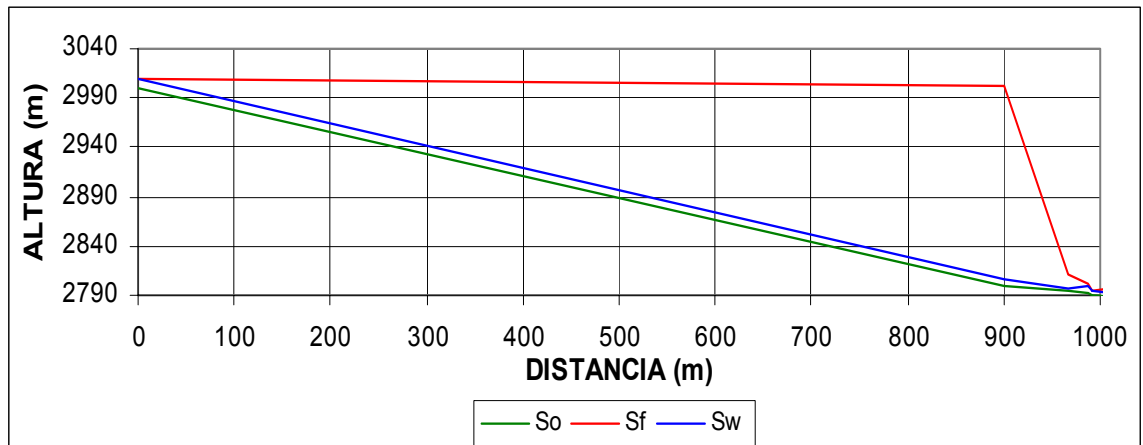
TIPO DE CANAL Y DESCRIPCIÓN	Mínimo	Normal	Máximo
Cursos naturales			
1. Cursos menores (ancho superior al nivel de crecida < 100ft.)			
a. Cursos en planicie.			
1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos.	0.025	0.03	0.033
2. Igual que arriba, pero mas piedras y pastos	0.03	0.035	0.04
3. Limpio, curvado, algunos pozos y bancos.	0.033	0.04	0.045
4. Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.05
5. Igual que arriba, niveles inferiores, más pendiente y sección Infectivas.	0.04	0.048	0.055
6. Igual que 4, pero mas piedras.	0.045	0.05	0.06
7. Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.05	0.07	0.08
8. Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.	0.075	0.1	0.15
b. Cursos en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos.			
1. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas.	0.03	0.04	0.05
2. Fondo: cantos rodados con grandes rocas.	0.04	0.05	0.07

TIPO DE CANAL Y DESCRIPCIÓN	Mínimo	Normal	Máximo
2. Planicie crecida			
a. Pasturas, sin arbustos.			
1. Pastos cortos.	0.025	0.03	0.035
2. Pastos altos.	0.03	0.035	0.05
b. Áreas cultivadas.			
1. Sin cultivo.	0.02	0.03	0.04
2. Cultivos maduros alineados.	0.025	0.035	0.045
3. Campo de cultivos maduros.	0.03	0.04	0.05
c. Arbustos.			
1. Arbustos escasos, muchos pastos.	0.035	0.05	0.07
2. Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.05	0.06
3. Pequeños arbustos y árboles, en verano.	0.04	0.06	0.08
4. Arbustos medianos a densos, en invierno.	0.045	0.07	0.11
5. Arbustos medianos a densos, en verano.	0.07	0.1	0.16

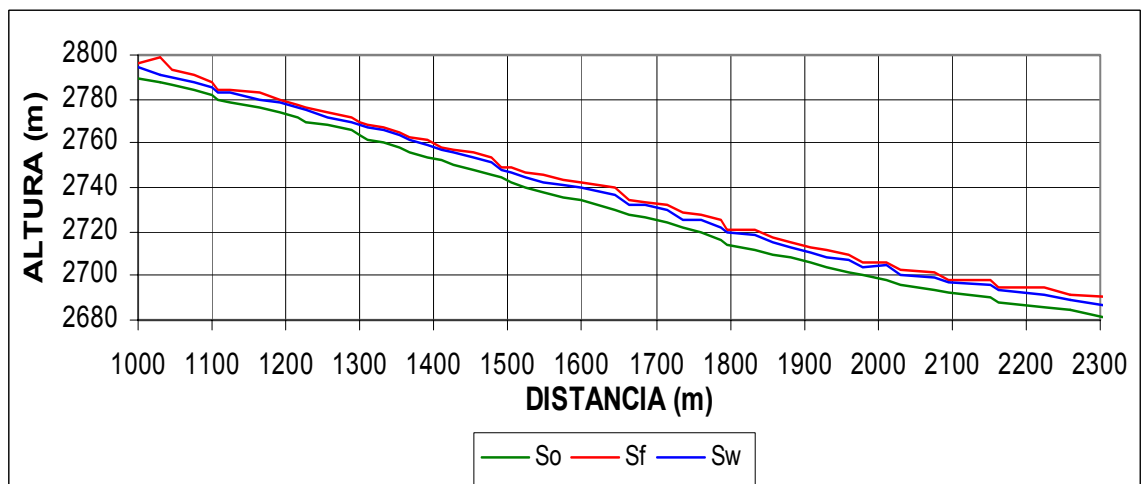
(VEN TE CHOW, 1968)

ANEXO C. PENDIENTES DEL CANAL EN EL DESARROLLO DEL FLUJO.

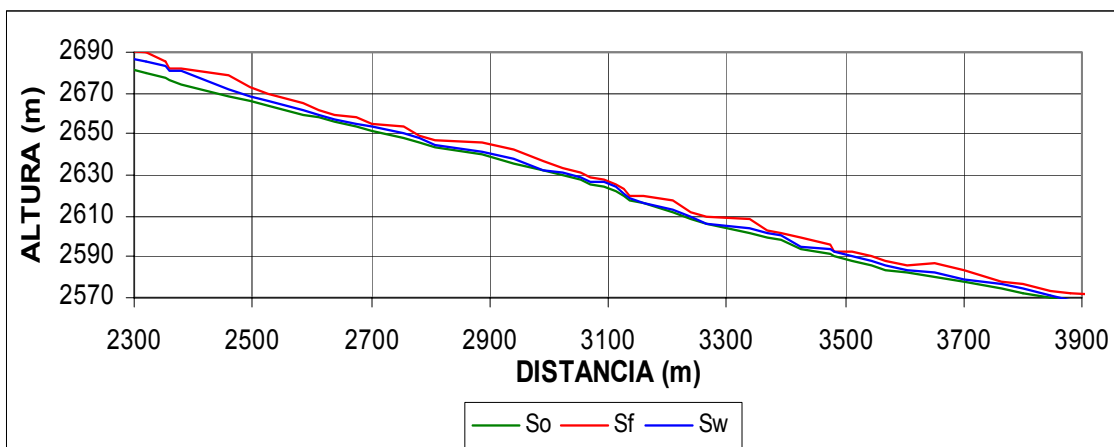
Entre la cota 3000m – 2794m. Formación del flujo.



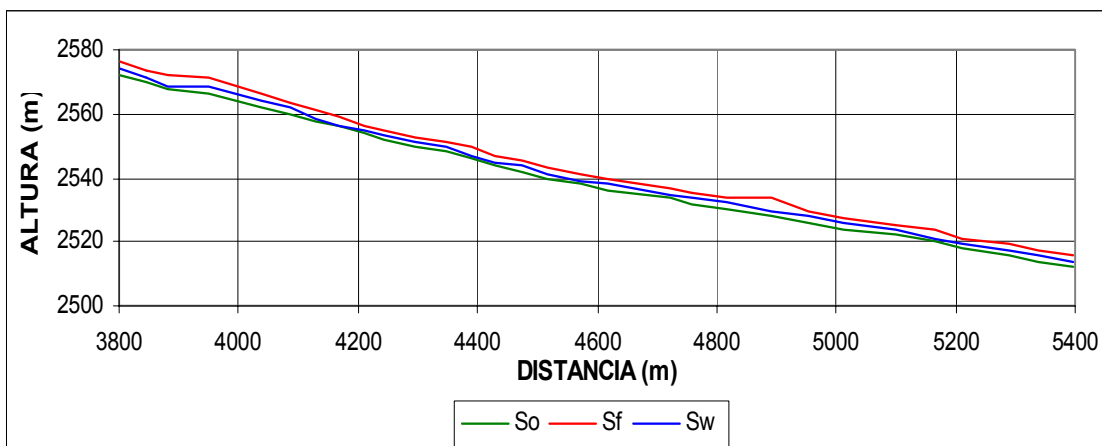
Entre la cota 2794m -2684m. Transporte del flujo a través del encañonamiento.



Entre la cota 2684m - 2570m. Transporte del flujo.



Entre la cota 2570m – 2512m. Transporte y depósito.



**RESULTADOS VOLUMEN 2137,33 m³
CALCULADO A TRAVÉS DE MANNING**

SECCIÓN	L. total (m)	COTAS (m)	VEL 1 (m/s)	VEL 2 (m/s)	ERROR	Hf (m)	ρ (kg/m ³)	Do	θ_s	h (m)	RH	L (m)	Z1- Z2 (m)	n	Area (m ²)	T (m)	Sf
1	0,00	3000	13,80	0,00	0,000	0,00	1375,00	1,420	0,289	9,62	3,39	0,00	0	0,076	92,54	11,47	0,218
4	900,00	2800	14,23	0,00	0,000	195,91	1373,73	1,532	0,288	7,06	2,99	900	200	0,068	89,82	16,08	0,218
5	966,70	2794	10,94	10,93	0,001	13,39	1374,34	1,292	0,288	3,89	1,58	66,70	6	0,056	116,89	73,44	0,201
6	987,61	2792	8,19	8,19	0,000	2,31	1371,74	0,898	0,286	6,26	2,04	20,90	2	0,065	156,50	75,62	0,111
7	992,73	2790	10,97	10,97	0,000	0,65	1365,91	1,249	0,282	4,90	2,53	5,13	2	0,060	117,30	45,37	0,126
8	1029,38	2788	10,48	10,47	0,001	4,41	1370,68	1,291	0,285	3,02	1,91	36,64	2	0,051	122,41	63,34	0,120
9	1045,25	2786	9,58	9,58	0,000	1,84	1363,67	1,122	0,280	4,11	2,01	15,87	2	0,057	134,61	71,25	0,116
10	1074,77	2784	9,45	9,45	0,000	2,91	1369,36	1,146	0,284	3,32	2,00	29,53	2	0,053	135,87	67,67	0,099
11	1098,89	2782	9,37	9,37	0,000	2,44	1361,67	1,158	0,278	2,96	1,82	24,11	2	0,051	137,82	75,18	0,101
12	1107,82	2780	9,81	9,81	0,001	1,12	1364,65	1,185	0,281	3,41	1,79	8,93	2	0,053	131,41	73,16	0,125
13	1125,17	2778	8,59	8,59	0,000	1,79	1359,16	0,982	0,276	4,77	2,01	17,35	2	0,060	150,78	74,31	0,103
14	1164,90	2776	8,48	8,48	0,000	3,61	1364,01	1,031	0,280	3,25	1,78	39,73	2	0,052	152,25	85,20	0,091
15	1190,24	2774	7,97	7,96	0,000	1,86	1357,37	0,943	0,275	3,83	2,07	25,34	2	0,055	162,82	78,09	0,073
16	1215,63	2772	8,23	8,23	0,000	1,79	1362,42	0,975	0,279	3,82	2,24	25,39	2	0,055	157,00	69,54	0,070
17	1226,69	2770	8,03	8,04	0,000	1,19	1353,51	0,918	0,272	4,79	1,76	11,06	2	0,060	161,82	90,75	0,108
18	1255,87	2768	8,68	8,68	0,000	2,52	1361,07	1,033	0,278	3,72	2,05	29,18	2	0,055	148,92	72,10	0,086
19	1287,72	2766	8,52	8,52	0,000	2,73	1352,33	1,043	0,271	3,13	1,84	31,85	2	0,052	152,78	82,77	0,086
20	1299,38	2764	8,29	8,30	0,001	1,09	1357,73	0,966	0,275	4,23	1,92	11,65	2	0,057	156,18	60,19	0,094
21	1309,50	2762	8,53	8,53	0,000	1,10	1348,18	0,970	0,268	4,93	1,95	10,13	2	0,060	152,93	77,17	0,108
22	1332,59	2760	7,80	7,79	0,000	1,92	1356,17	0,869	0,274	5,62	2,22	23,08	2	0,063	166,33	73,41	0,083
23	1352,05	2758	8,29	8,29	0,000	1,49	1345,99	0,922	0,266	5,73	2,62	19,47	2	0,063	157,56	58,77	0,076
24	1365,89	2756	9,57	9,56	0,001	1,38	1353,55	1,080	0,272	5,18	2,53	13,84	2	0,061	135,88	52,21	0,100
25	1390,61	2754	9,35	9,34	0,000	2,14	1344,25	1,052	0,265	5,26	2,73	24,72	2	0,062	140,20	49,91	0,087
26	1408,76	2752	10,18	10,18	0,000	1,80	1351,77	1,169	0,271	4,63	2,62	18,15	2	0,059	128,03	47,68	0,099
27	1425,04	2750	9,85	9,85	0,000	1,62	1341,63	1,106	0,263	5,35	2,69	16,29	2	0,062	133,33	48,21	0,099
28	1452,55	2748	9,37	9,37	0,001	2,29	1350,72	1,046	0,270	5,53	2,90	27,51	2	0,063	139,18	45,88	0,083

29	1476,44	2746	9,41	9,41	0,001	2,17	1339,83	1,058	0,262	5,32	2,68	23,89	2	0,062	139,59	50,54	0,091
30	1490,75	2744	11,22	11,22	0,001	1,44	1348,27	1,320	0,268	3,98	2,79	14,31	2	0,056	116,27	52,14	0,101
31	1504,00	2742	10,58	10,59	0,001	1,84	1336,71	1,207	0,259	4,84	2,21	13,25	2	0,060	124,21	54,93	0,139
32	1521,95	2740	10,37	10,36	0,001	2,49	1346,58	1,193	0,267	4,58	2,09	17,95	2	0,059	125,97	58,73	0,139
33	1546,79	2738	9,38	9,37	0,000	3,32	1335,03	1,092	0,258	4,26	1,78	24,83	2	0,057	140,52	77,39	0,134
34	1574,78	2736	8,69	8,69	0,000	2,10	1345,50	0,993	0,266	4,79	2,59	28,00	2	0,060	150,50	56,53	0,075
35	1598,67	2734	7,43	7,43	0,000	1,63	1333,28	0,816	0,257	6,19	2,52	23,89	2	0,065	177,60	68,97	0,068
37	1644,33	2730	8,26	8,27	0,000	3,22	1344,91	0,905	0,265	6,30	2,90	45,66	4	0,065	158,22	52,57	0,071
38	1662,26	2728	10,22	10,22	0,000	2,48	1330,75	1,202	0,255	3,98	1,90	17,93	2	0,056	129,32	85,50	0,139
39	1685,19	2726	8,73	8,72	0,000	1,57	1343,50	0,967	0,264	5,84	3,10	22,93	2	0,064	149,99	45,67	0,069
40	1715,15	2724	9,03	9,03	0,000	2,37	1329,30	1,019	0,253	5,20	2,76	29,96	2	0,061	146,52	51,51	0,079
41	1736,13	2722	9,50	9,50	0,000	3,04	1341,86	1,131	0,263	3,72	1,60	20,98	2	0,055	137,94	146,39	0,145
43	1759,71	2718	9,14	9,14	0,000	2,78	1327,47	1,028	0,252	5,28	2,10	23,58	4	0,062	144,92	67,19	0,118
44	1786,34	2716	7,85	7,87	0,001	2,19	1340,67	0,862	0,262	6,20	2,38	26,63	2	0,065	166,73	52,97	0,082
45	1795,41	2714	9,69	9,70	0,001	1,06	1322,66	1,084	0,248	5,49	2,35	9,07	2	0,062	136,85	56,75	0,117
46	1832,32	2712	8,37	8,36	0,001	2,60	1339,87	0,921	0,262	6,11	2,92	36,92	2	0,065	156,65	51,45	0,070
47	1857,76	2710	9,80	9,81	0,002	2,28	1320,87	1,130	0,247	4,51	2,64	25,43	2	0,058	135,56	50,03	0,090
48	1880,84	2708	9,22	9,23	0,001	1,98	1338,56	1,043	0,261	5,09	2,65	23,08	2	0,061	142,01	51,77	0,086
49	1908,14	2706	9,51	9,50	0,002	2,23	1319,20	1,095	0,246	4,58	2,73	27,30	2	0,059	139,88	49,85	0,082
50	1931,40	2704	8,97	8,96	0,001	2,43	1337,26	1,029	0,260	4,66	2,10	23,27	2	0,059	146,55	68,90	0,105
51	1959,63	2702	8,64	8,64	0,000	2,29	1317,60	0,991	0,244	4,67	2,40	28,22	2	0,059	154,48	62,71	0,081
52	1979,96	2700	9,60	9,62	0,001	1,84	1335,74	1,133	0,258	3,93	2,37	20,34	2	0,056	136,84	56,30	0,090
53	2012,07	2698	6,88	6,89	0,001	1,50	1316,27	0,747	0,243	6,72	3,11	32,11	2	0,067	193,70	59,61	0,047
54	2030,95	2696	9,28	9,28	0,000	2,21	1334,14	1,070	0,257	4,53	2,00	18,88	2	0,058	141,71	69,84	0,117
55	2075,92	2694	7,73	7,74	0,001	2,83	1315,29	0,877	0,243	5,04	2,55	44,96	2	0,061	172,34	65,98	0,063
56	2096,23	2692	8,54	8,54	0,001	1,48	1332,68	0,973	0,256	4,89	2,62	20,32	2	0,060	153,94	57,31	0,073
57	2152,38	2690	7,04	7,04	0,000	2,44	1314,52	0,784	0,242	5,64	3,10	56,15	2	0,063	189,33	58,52	0,043
58	2161,17	2688	8,87	8,87	0,000	0,71	1329,27	0,994	0,253	5,44	2,69	8,78	2	0,062	148,56	53,52	0,081
59	2224,69	2686	6,84	6,84	0,000	3,46	1313,86	0,763	0,242	5,60	2,50	63,52	2	0,063	194,85	76,39	0,055
60	2259,78	2684	6,93	6,93	0,000	2,18	1328,40	0,778	0,253	5,36	2,26	35,09	2	0,062	190,27	82,78	0,062
62	2321,42	2680	6,72	6,72	0,000	4,34	1313,18	0,759	0,241	5,17	1,93	61,64	4	0,061	198,43	101,25	0,070
63	2351,65	2678	6,37	6,37	0,001	2,66	1327,38	0,729	0,252	4,74	1,44	30,23	2	0,059	207,12	142,64	0,088
64	2360,71	2676	7,76	7,75	0,001	1,29	1308,33	0,897	0,237	4,45	1,31	9,06	2	0,058	172,64	130,72	0,142
65	2378,26	2674	5,93	5,93	0,000	0,94	1325,81	0,642	0,251	6,79	2,25	17,55	2	0,067	223,16	96,66	0,054
68	2460,08	2668	7,61	7,61	0,000	7,74	1307,78	0,899	0,237	3,89	1,61	81,82	6	0,056	176,19	108,96	0,095
69	2497,25	2666	7,09	7,08	0,001	4,12	1324,91	0,927	0,250	2,15	0,95	37,16	2	0,045	186,81	112,03	0,111
70	2527,12	2664	5,86	5,85	0,001	2,54	1306,15	0,751	0,236	2,42	0,93	29,87	2	0,047	229,46	124,78	0,085
72	2583,82	2660	6,86	6,86	0,000	4,18	1324,30	0,948	0,250	1,60	1,29	56,71	4	0,047	193,39	149,73	0,074
73	2612,70	2658	6,87	6,87	0,000	1,92	1304,34	0,940	0,234	1,68	1,43	28,88	2	0,048	196,19	136,76	0,066

74	2637,41	2656	7,14	7,14	0,000	2,13	1322,87	1,019	0,249	1,35	1,12	24,71	2	0,044	186,09	166,54	0,086
75	2673,79	2654	6,46	6,47	0,000	2,62	1302,80	0,945	0,233	1,19	1,03	36,38	2	0,042	208,69	201,93	0,072
76	2700,49	2652	6,12	6,12	0,001	1,69	1321,62	0,832	0,248	1,73	1,27	26,69	2	0,048	217,15	170,84	0,063
78	2755,63	2648	5,17	5,17	0,000	3,71	1301,93	0,655	0,232	2,56	1,15	55,14	4	0,055	260,77	226,44	0,067
79	2782,53	2646	6,42	6,41	0,001	1,97	1320,39	0,861	0,247	1,86	1,27	26,90	2	0,049	207,36	163,35	0,073
80	2809,42	2644	6,64	6,64	0,000	2,67	1299,79	1,006	0,231	1,01	0,93	26,90	2	0,045	203,43	219,31	0,099
82	2887,91	2640	5,02	5,03	0,002	4,23	1319,98	0,683	0,246	1,74	1,28	78,49	4	0,054	264,33	207,23	0,054
84	2940,29	2636	6,10	6,10	0,000	3,15	1319,37	0,809	0,246	1,98	1,15	52,38	4	0,044	217,90	189,26	0,060
86	2989,42	2632	6,03	6,03	0,001	5,44	1318,24	1,030	0,245	0,59	0,56	49,12	4	0,038	220,33	393,28	0,111
87	3024,07	2630	4,98	4,97	0,001	1,76	1318,07	0,704	0,245	1,41	1,18	34,65	2	0,051	267,10	225,91	0,051
88	3052,13	2628	5,31	5,31	0,000	1,77	1316,64	0,745	0,244	1,47	1,13	28,06	2	0,051	250,55	221,29	0,063
89	3069,07	2626	6,58	6,59	0,000	1,54	1315,30	0,968	0,243	1,16	1,05	16,94	2	0,047	202,27	192,40	0,091
90	3093,30	2624	4,90	4,90	0,001	1,76	1315,17	0,628	0,243	2,39	1,16	24,23	2	0,061	271,61	235,03	0,073
91	3113,42	2622	5,80	5,80	0,000	1,99	1313,18	0,774	0,241	1,91	1,05	20,12	2	0,056	229,88	218,71	0,099
92	3127,56	2620	7,36	7,35	0,000	2,29	1311,51	1,263	0,240	0,57	0,56	14,15	2	0,037	181,44	325,67	0,162
93	3135,19	2618	7,96	7,95	0,001	1,65	1305,52	1,444	0,235	0,46	0,45	7,63	2	0,034	168,63	371,56	0,216
94	3161,33	2616	6,64	6,64	0,000	2,51	1305,45	1,022	0,235	0,93	0,91	26,13	2	0,044	202,26	222,08	0,096
96	3210,54	2612	5,99	5,99	0,000	4,58	1303,50	0,964	0,234	0,76	0,72	49,21	4	0,041	224,38	310,75	0,093
98	3237,98	2608	6,77	6,77	0,000	3,11	1308,54	0,999	0,238	1,14	0,92	27,44	4	0,047	197,82	214,52	0,113
99	3265,38	2606	6,30	6,30	0,000	2,61	1307,13	0,739	0,237	0,85	0,81	27,40	2	0,043	212,76	262,63	0,095
101	3340,39	2602	3,61	3,61	0,000	4,07	1306,91	0,472	0,236	2,14	0,86	75,01	4	0,058	371,80	318,28	0,054
102	3369,66	2600	5,33	5,33	0,000	1,89	1305,98	0,749	0,236	1,46	1,12	29,27	2	0,051	251,58	225,36	0,064
103	3390,98	2598	4,00	3,99	0,001	0,97	1305,14	0,490	0,235	3,13	1,39	21,32	2	0,066	336,24	242,35	0,045
105	3425,96	2594	6,76	6,76	0,000	4,63	1304,85	1,029	0,235	0,98	0,76	34,98	4	0,045	198,71	262,11	0,132
106	3475,19	2592	4,61	4,60	0,001	2,45	1304,30	0,624	0,234	1,78	1,20	49,23	2	0,055	291,94	243,30	0,050
107	3480,88	2590	6,39	6,38	0,001	0,62	1297,56	0,834	0,229	2,16	1,21	5,70	2	0,059	211,71	175,09	0,108
108	3512,94	2588	5,24	5,25	0,001	2,75	1303,24	0,689	0,233	2,09	1,05	32,06	2	0,058	256,29	243,40	0,086
109	3543,22	2586	4,92	4,92	0,000	1,98	1296,18	0,636	0,228	2,28	1,23	30,28	2	0,060	274,74	223,58	0,065
110	3566,97	2584	5,26	5,26	0,000	2,04	1301,70	0,693	0,232	2,06	1,05	23,74	2	0,058	285,99	244,45	0,086
111	3605,55	2582	5,51	5,51	0,000	2,54	1295,00	0,783	0,227	1,38	1,12	38,59	2	0,050	245,57	219,68	0,066
112	3650,79	2580	4,07	4,07	0,001	2,05	1300,89	0,537	0,232	2,03	1,14	45,24	2	0,057	331,07	289,54	0,045
113	3699,90	2578	3,17	3,17	0,000	1,72	1294,18	0,400	0,226	2,64	1,10	49,11	2	0,063	426,69	389,05	0,035
115	3765,50	2574	4,89	4,90	0,001	4,35	1300,31	0,677	0,231	1,59	1,00	65,60	4	0,053	275,16	274,33	0,066
116	3798,96	2572	3,66	3,66	0,001	1,31	1292,98	0,456	0,226	2,82	1,29	33,46	2	0,064	370,08	286,96	0,039
117	3845,44	2570	3,86	3,86	0,001	2,41	1299,55	0,498	0,231	2,33	1,02	46,48	2	0,060	349,07	340,85	0,052
118	3881,37	2568	5,50	5,51	0,001	2,34	1291,67	0,804	0,225	1,20	1,05	35,93	2	0,048	246,33	234,28	0,065
119	3948,75	2566	4,21	4,21	0,000	3,08	1298,91	0,675	0,230	0,77	0,73	67,37	2	0,041	320,42	438,78	0,046
121	4038,02	2562	2,80	2,80	0,000	2,91	1291,21	0,360	0,224	2,37	0,91	89,27	4	0,060	484,02	533,77	0,033
122	4088,38	2560	2,64	2,64	0,002	2,13	1298,22	0,342	0,230	2,28	0,67	50,37	2	0,060	512,11	766,01	0,042

123	4129,91	2558	3,78	3,78	0,001	1,97	1290,18	0,504	0,223	1,94	0,97	41,53	2	0,056	358,86	369,96	0,047
124	4169,19	2556	4,79	4,79	0,001	3,01	1297,00	0,854	0,229	0,49	0,48	39,28	2	0,035	282,23	591,43	0,077
125	4211,63	2554	4,10	4,10	0,001	2,24	1288,87	0,709	0,222	0,56	0,53	42,43	2	0,037	331,68	620,09	0,053
126	4244,66	2552	4,25	4,25	0,000	1,75	1288,60	0,688	0,222	0,74	0,65	33,03	2	0,041	319,85	492,70	0,053
127	4296,56	2550	3,75	3,75	0,001	1,75	1288,06	0,549	0,222	1,20	0,97	51,90	2	0,048	362,77	374,06	0,034
128	4346,56	2548	4,18	4,18	0,000	2,12	1287,71	0,647	0,221	0,91	0,83	49,99	2	0,044	325,71	392,78	0,042
129	4389,02	2546	3,31	3,31	0,000	1,27	1287,15	0,440	0,221	1,97	0,99	42,46	2	0,052	411,27	417,11	0,030
130	4429,80	2544	4,33	4,33	0,000	2,54	1286,65	0,651	0,221	1,04	0,70	40,78	2	0,046	314,50	447,86	0,062
131	4473,47	2542	4,03	4,03	0,000	2,15	1286,16	0,609	0,220	1,02	0,74	43,67	2	0,045	338,24	454,07	0,049
132	4516,20	2540	2,54	2,54	0,001	1,30	1285,78	0,331	0,220	2,21	0,80	42,73	2	0,059	536,35	674,29	0,031
133	4572,23	2538	4,27	4,27	0,000	2,26	1285,43	0,609	0,220	1,35	1,09	56,02	2	0,050	319,17	293,28	0,040
134	4619,07	2536	4,27	4,26	0,001	2,56	1284,80	0,681	0,219	0,79	0,66	46,84	2	0,042	319,91	484,54	0,055
135	4721,16	2534	2,10	2,10	0,002	1,34	1285,07	0,275	0,219	2,15	1,11	102,09	2	0,058	650,32	587,54	0,013
136	4757,59	2532	4,74	4,74	0,000	2,73	1283,40	0,838	0,218	0,51	0,49	36,43	2	0,036	288,12	592,61	0,075
137	4816,70	2530	2,29	2,28	0,002	1,12	1284,45	0,296	0,219	2,26	0,98	59,11	2	0,059	597,77	608,73	0,019
138	4892,86	2528	2,51	2,51	0,001	2,00	1282,91	0,326	0,218	2,21	0,87	76,15	2	0,059	544,51	622,68	0,026
139	4952,27	2526	3,18	3,18	0,000	2,39	1283,52	0,438	0,218	1,63	0,77	59,41	2	0,053	429,37	526,84	0,040
140	5011,98	2524	3,12	3,12	0,000	1,91	1282,25	0,424	0,217	1,74	0,92	59,72	2	0,054	438,38	475,74	0,032
141	5101,30	2522	2,59	2,59	0,000	2,04	1283,10	0,348	0,218	1,85	0,93	89,32	2	0,055	527,52	569,37	0,023
142	5165,78	2520	2,96	2,96	0,000	2,00	1281,65	0,402	0,217	1,75	0,88	64,48	2	0,054	462,13	528,15	0,031
143	5211,32	2518	3,43	3,43	0,000	2,09	1282,24	0,479	0,217	1,51	0,76	45,54	2	0,052	398,72	528,11	0,046
144	5289,76	2516	3,27	3,27	0,000	2,30	1281,12	0,473	0,216	1,26	0,90	78,44	2	0,049	418,15	467,15	0,029
145	5338,99	2514	3,17	3,18	0,001	1,68	1281,46	0,438	0,217	1,61	0,87	49,22	2	0,053	430,63	496,70	0,034
146	5397,73	2512	3,34	3,34	0,000	2,08	1280,44	0,469	0,216	1,48	0,87	58,74	2	0,051	409,38	468,81	0,035

**RESULTADOS VOLUMEN 2137,33 m³
CALCULADO A TRAVÉS DE CHEZY**

SECCIÓN	L _t total (m)	COTAS (m)	VEL 1 (m/s)	VEL 2 (m/s)	ERROR	Hf (m)	ρ (kg/m ³)	Do	θs	h (m)	RH	L (m)	Z1-Z2 (m)	C	T (m)	Sf	Sw	So
1	0,00	3000	13,80	0,00	0,000	0,00	1375,00	1,420	0,289	9,62	3,39	0,00	0	0,00	11,47	0,218	0,008	0,222
4	900,00	2800	14,23	0,00	0,000	196,19	1373,73	1,532	0,288	7,06	2,99	900,00	200	17,63	16,08	0,208	0,061	0,090
5	966,70	2794	10,35	10,36	0,001	13,88	1374,35	1,214	0,288	4,05	1,62	66,70	6	17,82	75,46	0,100	0,313	0,096
6	987,61	2792	7,50	7,50	0,000	2,10	1371,75	0,816	0,286	6,55	2,08	20,90	2	16,40	80,71	0,100	0,313	0,096
7	992,73	2790	10,67	10,65	0,001	0,64	1365,94	1,212	0,282	4,97	2,57	5,13	2	18,84	45,87	0,125	0,969	0,390
8	1029,38	2788	12,57	12,59	0,002	8,64	1370,54	1,579	0,285	2,69	1,62	36,64	2	20,32	62,15	0,236	0,073	0,055
9	1045,25	2786	10,84	10,82	0,002	2,87	1363,03	1,281	0,279	3,88	1,86	15,87	2	18,72	68,40	0,181	0,245	0,126
10	1074,77	2784	9,85	9,85	0,000	3,69	1369,25	1,200	0,284	3,24	1,94	29,53	2	20,03	66,85	0,125	0,110	0,068
11	1098,89	2782	9,32	9,32	0,000	2,78	1361,02	1,152	0,278	2,97	1,83	24,11	2	20,29	75,23	0,115	0,123	0,083
12	1107,82	2780	9,63	9,63	0,000	1,23	1364,57	1,161	0,281	3,44	1,80	8,93	2	19,30	73,72	0,138	0,385	0,224
13	1125,17	2778	8,31	8,31	0,000	1,82	1358,52	0,948	0,276	4,83	2,05	17,35	2	17,94	74,97	0,105	0,278	0,115
14	1164,90	2776	8,07	8,06	0,001	3,69	1363,53	0,977	0,280	3,34	1,83	39,73	2	19,56	86,87	0,093	0,084	0,050
15	1190,24	2774	7,55	7,55	0,000	1,82	1356,74	0,890	0,275	3,94	2,13	25,34	2	19,31	79,89	0,072	0,155	0,079
16	1215,63	2772	7,88	7,86	0,001	1,76	1361,95	0,929	0,279	3,92	2,30	25,39	2	19,71	70,66	0,069	0,154	0,079
17	1226,69	2770	7,66	7,66	0,000	1,21	1352,77	0,873	0,272	4,88	1,80	11,06	2	17,27	93,41	0,110	0,441	0,181
18	1255,87	2768	8,32	8,32	0,000	2,54	1360,62	0,986	0,278	3,81	2,11	29,18	2	19,45	73,42	0,087	0,130	0,069
19	1287,72	2766	8,11	8,12	0,002	2,76	1351,28	0,988	0,270	3,22	1,90	31,85	2	19,97	83,97	0,087	0,101	0,063
20	1299,38	2764	7,90	7,92	0,002	1,07	1357,33	0,917	0,275	4,32	2,00	11,65	2	18,45	60,85	0,092	0,371	0,172
21	1309,50	2762	8,18	8,18	0,000	1,08	1346,98	0,928	0,267	5,01	2,01	10,13	2	17,64	77,87	0,107	0,495	0,198
22	1332,59	2760	7,49	7,47	0,002	1,85	1355,79	0,832	0,274	5,71	2,28	23,08	2	17,52	74,42	0,080	0,247	0,087
23	1352,05	2758	8,07	8,06	0,001	1,45	1344,77	0,895	0,265	5,80	2,66	19,47	2	18,15	59,51	0,074	0,298	0,103
24	1365,89	2756	9,40	9,42	0,001	1,39	1353,21	1,060	0,272	5,22	2,56	13,84	2	18,55	52,35	0,101	0,377	0,144
25	1390,61	2754	9,18	9,19	0,001	2,13	1343,03	1,033	0,264	5,30	2,76	24,72	2	18,82	50,10	0,086	0,214	0,081
26	1408,76	2752	10,01	10,01	0,001	1,83	1351,20	1,148	0,270	4,66	2,65	18,15	2	19,35	47,83	0,101	0,257	0,110
27	1425,04	2750	9,66	9,65	0,001	1,62	1340,41	1,084	0,262	5,39	2,71	16,29	2	18,63	48,64	0,099	0,331	0,123
28	1452,55	2748	9,21	9,21	0,001	2,25	1349,94	1,028	0,269	5,57	2,92	27,51	2	18,81	46,05	0,082	0,202	0,073
29	1476,44	2746	9,25	9,25	0,000	2,17	1338,61	1,038	0,261	5,36	2,70	23,89	2	18,65	50,88	0,091	0,224	0,084
30	1490,75	2744	11,05	11,04	0,001	1,48	1347,52	1,299	0,267	4,01	2,80	14,31	2	20,51	52,48	0,104	0,280	0,140
31	1504,00	2742	10,34	10,35	0,001	1,89	1335,33	1,178	0,258	4,89	2,24	13,25	2	18,29	55,46	0,143	0,369	0,151
32	1521,95	2740	10,05	10,06	0,001	2,56	1345,58	1,154	0,266	4,64	2,11	17,95	2	18,31	59,67	0,142	0,258	0,111
33	1546,79	2738	8,98	8,98	0,001	3,34	1333,55	1,043	0,257	4,33	1,84	24,83	2	18,05	77,78	0,135	0,174	0,081

34	1574,78	2736	8,33	8,33	0,001	2,02	1344,52	0,948	0,265	4,89	2,64	28,00	2	19,06	57,75	0,072	0,175	0,071
35	1598,67	2734	7,16	7,15	0,001	1,53	1331,80	0,785	0,255	6,28	2,59	23,89	2	17,59	69,45	0,064	0,263	0,084
37	1644,33	2730	8,16	8,16	0,000	3,17	1343,93	0,893	0,265	6,33	2,93	45,66	4	18,11	52,66	0,069	0,139	0,088
38	1662,26	2728	9,97	9,97	0,000	2,64	1329,27	1,172	0,253	4,02	1,93	17,93	2	18,71	85,96	0,147	0,224	0,112
39	1685,19	2726	8,51	8,51	0,000	1,50	1342,54	0,942	0,264	5,90	3,14	22,93	2	18,81	46,05	0,065	0,257	0,087
40	1715,15	2724	8,85	8,84	0,001	2,35	1327,83	0,997	0,252	5,25	2,79	29,96	2	18,92	51,84	0,078	0,175	0,067
41	1736,13	2722	9,16	9,16	0,000	3,20	1340,91	1,087	0,262	3,78	1,64	20,98	2	18,29	146,96	0,152	0,180	0,095
43	1759,71	2720	7,19	7,19	0,000	1,58	1326,02	0,796	0,251	5,84	2,45	23,58	2	17,74	73,16	0,067	0,248	0,085
44	1786,34	2716	8,39	8,41	0,001	2,84	1339,74	0,925	0,262	6,04	2,25	26,63	4	17,15	52,32	0,107	0,227	0,150
45	1795,41	2714	9,90	9,90	0,000	1,20	1321,19	1,109	0,247	5,44	2,32	9,07	2	17,87	56,25	0,132	0,600	0,220
46	1832,32	2712	8,45	8,44	0,001	2,71	1338,94	0,930	0,261	6,08	2,90	36,92	2	18,29	51,29	0,074	0,165	0,054
47	1857,76	2710	9,72	9,74	0,002	2,37	1319,40	1,121	0,246	4,53	2,66	25,43	2	19,54	50,09	0,093	0,178	0,079
48	1880,84	2708	9,09	9,09	0,000	2,00	1337,65	1,028	0,260	5,13	2,68	23,08	2	18,86	51,98	0,087	0,222	0,087
49	1908,14	2706	9,36	9,34	0,002	2,25	1317,73	1,075	0,245	4,63	2,76	27,30	2	19,59	50,17	0,083	0,170	0,073
50	1931,40	2704	8,74	8,76	0,002	2,48	1336,36	1,002	0,259	4,71	2,14	23,27	2	18,29	69,09	0,107	0,202	0,086
51	1959,63	2702	8,41	8,42	0,001	2,28	1316,13	0,962	0,243	4,73	2,45	28,22	2	18,90	62,84	0,081	0,168	0,071
52	1979,96	2700	9,36	9,35	0,001	1,88	1334,87	1,101	0,258	3,99	2,41	20,34	2	19,83	56,75	0,092	0,196	0,098
53	2012,07	2698	6,66	6,65	0,001	1,36	1314,80	0,721	0,242	6,83	3,19	32,11	2	18,10	60,07	0,042	0,213	0,062
54	2030,95	2696	9,09	9,10	0,002	2,31	1333,29	1,046	0,257	4,57	2,03	18,88	2	18,21	70,00	0,122	0,242	0,106
55	2075,92	2694	7,53	7,53	0,001	2,77	1313,82	0,852	0,242	5,11	2,61	44,96	2	18,77	66,20	0,062	0,114	0,044
56	2096,23	2692	8,38	8,39	0,001	1,49	1331,85	0,952	0,255	4,94	2,65	20,32	2	19,02	57,70	0,073	0,243	0,098
57	2152,38	2690	6,94	6,93	0,001	2,37	1313,05	0,771	0,241	5,69	3,14	56,15	2	19,02	58,60	0,042	0,101	0,036
58	2161,17	2688	8,80	8,81	0,000	0,73	1328,49	0,986	0,253	5,46	2,71	8,78	2	18,56	53,63	0,083	0,622	0,228
59	2224,69	2686	6,69	6,69	0,000	3,47	1312,39	0,745	0,240	5,66	2,52	63,52	2	18,03	77,63	0,055	0,089	0,031
60	2259,78	2684	6,73	6,72	0,001	2,20	1327,64	0,754	0,252	5,43	2,28	35,09	2	17,80	84,59	0,063	0,155	0,057
62	2321,42	2680	6,41	6,42	0,001	4,39	1311,70	0,721	0,240	5,26	1,94	61,64	4	17,23	105,52	0,071	0,085	0,065
63	2351,65	2678	6,04	6,05	0,001	2,67	1326,63	0,690	0,251	4,82	1,51	30,23	2	16,53	143,21	0,088	0,159	0,066
64	2360,71	2676	7,41	7,41	0,000	1,37	1306,85	0,855	0,236	4,51	1,36	9,06	2	16,38	131,89	0,151	0,498	0,221
65	2378,26	2674	5,33	5,33	0,000	0,83	1325,09	0,574	0,250	7,03	2,24	17,55	2	16,36	108,35	0,047	0,400	0,114
68	2460,08	2668	8,15	8,15	0,000	7,09	1306,30	0,959	0,236	4,00	2,10	81,82	6	19,13	132,28	0,087	0,049	0,073
69	2497,25	2666	6,78	6,79	0,001	4,83	1324,21	0,882	0,250	2,22	0,98	37,16	2	18,98	113,33	0,130	0,060	0,054
70	2527,12	2664	5,26	5,25	0,002	2,53	1304,69	0,665	0,235	2,62	1,00	29,87	2	18,04	131,02	0,085	0,088	0,067
72	2583,82	2660	6,88	6,88	0,000	4,03	1323,61	0,951	0,249	1,59	1,29	56,71	4	22,75	149,48	0,071	0,028	0,071
73	2612,70	2658	6,97	6,97	0,001	1,88	1322,86	0,956	0,233	1,65	1,41	28,88	2	22,99	136,17	0,065	0,057	0,069
74	2637,41	2656	7,20	7,20	0,000	2,14	1322,19	1,030	0,248	1,33	1,11	24,71	2	23,25	165,95	0,087	0,054	0,081
75	2673,79	2654	6,49	6,49	0,000	2,64	1301,32	0,951	0,232	1,19	1,03	36,38	2	23,75	201,61	0,073	0,033	0,055
76	2700,49	2652	6,20	6,20	0,001	1,67	1320,96	0,845	0,247	1,71	1,26	26,69	2	22,09	169,79	0,063	0,064	0,075
78	2755,63	2648	5,24	5,24	0,001	3,72	1300,44	0,664	0,231	2,55	1,14	55,14	4	18,87	225,05	0,068	0,046	0,073
79	2782,53	2646	6,50	6,49	0,002	1,95	1319,75	0,875	0,246	1,84	1,26	26,90	2	21,56	162,24	0,072	0,068	0,074

80	2809,42	2644	7,06	7,06	0,000	2,51	1298,26	1,082	0,230	0,95	0,88	26,90	2	24,66	217,32	0,093	0,035	0,074
82	2887,91	2640	5,65	5,65	0,000	4,27	1319,34	0,781	0,246	1,59	1,18	78,49	4	22,28	197,82	0,054	0,020	0,051
84	2940,29	2636	4,37	4,38	0,000	4,03	1318,75	0,569	0,245	2,21	0,78	52,38	4	17,82	387,05	0,077	0,042	0,076
86	2989,42	2632	6,07	6,06	0,001	4,73	1317,63	1,037	0,245	0,58	0,56	49,12	4	26,20	393,05	0,096	0,012	0,081
87	3024,07	2630	5,39	5,39	0,000	1,66	1317,44	0,772	0,244	1,32	1,11	34,65	2	23,36	221,04	0,048	0,038	0,058
88	3052,13	2628	5,81	5,81	0,000	1,71	1316,00	0,827	0,243	1,37	1,07	28,06	2	22,83	214,28	0,061	0,049	0,071
89	3069,07	2626	7,07	7,07	0,000	1,46	1314,64	1,054	0,242	1,09	0,99	16,94	2	24,24	190,10	0,086	0,064	0,118
90	3093,30	2624	5,57	5,55	0,003	1,81	1314,55	0,722	0,242	2,25	1,10	24,23	2	19,46	218,48	0,075	0,093	0,083
91	3113,42	2622	6,37	6,37	0,000	1,95	1312,50	0,858	0,241	1,82	1,00	20,12	2	20,43	209,14	0,097	0,090	0,099
92	3127,56	2620	7,77	7,77	0,000	2,26	1310,86	1,349	0,239	0,54	0,53	14,15	2	26,56	324,84	0,160	0,038	0,141
93	3135,19	2618	8,54	8,54	0,000	1,74	1304,71	1,575	0,235	0,43	0,42	7,63	2	27,42	371,33	0,228	0,056	0,262
94	3161,33	2616	7,28	7,28	0,000	2,59	1304,71	1,142	0,235	0,85	0,83	26,13	2	25,31	221,38	0,099	0,032	0,077
96	3210,54	2612	6,49	6,48	0,001	4,69	1302,78	1,061	0,233	0,71	0,67	49,21	4	25,62	308,54	0,095	0,014	0,081
98	3237,98	2608	7,34	7,34	0,000	3,03	1303,07	1,096	0,234	1,08	0,87	27,44	4	23,60	209,67	0,111	0,039	0,146
99	3265,38	2606	6,84	6,84	0,000	2,65	1301,58	1,092	0,232	0,79	0,75	27,40	2	25,36	261,01	0,097	0,029	0,073
101	3340,39	2602	3,93	3,92	0,003	4,31	1301,04	0,517	0,232	2,07	0,80	75,01	4	18,33	315,71	0,058	0,028	0,053
102	3369,66	2600	5,78	5,78	0,001	1,77	1300,12	0,821	0,231	1,38	1,06	29,27	2	22,75	219,52	0,061	0,047	0,068
103	3390,98	2598	4,71	4,71	0,000	1,04	1299,29	0,583	0,230	2,92	1,30	21,32	2	18,68	220,78	0,049	0,137	0,094
105	3425,96	2594	7,21	7,21	0,000	4,46	1299,02	1,107	0,230	0,94	0,73	34,98	4	23,62	256,86	0,127	0,027	0,114
106	3475,19	2592	5,24	5,24	0,000	2,55	1298,45	0,721	0,230	1,63	1,12	49,23	2	21,77	230,49	0,052	0,033	0,041
107	3480,88	2590	6,85	6,86	0,001	0,56	1291,82	0,900	0,225	2,09	1,16	5,70	2	20,26	170,61	0,098	0,366	0,351
108	3512,94	2588	5,80	5,80	0,000	2,77	1297,42	0,768	0,229	1,99	1,00	32,06	2	19,76	234,07	0,086	0,062	0,062
109	3543,22	2586	5,47	5,46	0,002	2,02	1290,45	0,714	0,224	2,17	1,14	30,28	2	19,89	219,33	0,067	0,072	0,066
110	3566,97	2584	5,75	5,75	0,000	2,03	1295,89	0,763	0,228	1,98	0,99	23,74	2	19,77	238,41	0,086	0,083	0,084
111	3605,55	2582	6,07	6,07	0,000	2,50	1289,27	0,875	0,223	1,28	1,05	38,59	2	23,25	213,75	0,065	0,033	0,052
113	3699,90	2578	3,68	3,68	0,000	3,97	1288,85	0,469	0,222	2,50	0,97	94,35	4	18,19	379,35	0,042	0,026	0,042
115	3765,50	2574	5,35	5,35	0,000	4,22	1288,22	0,746	0,222	1,52	0,96	65,60	4	21,49	264,77	0,064	0,023	0,061
116	3798,96	2572	4,29	4,29	0,001	1,41	1287,76	0,541	0,222	2,63	1,21	33,46	2	18,98	261,95	0,042	0,079	0,060
117	3845,44	2570	4,22	4,21	0,002	2,41	1287,42	0,546	0,221	2,25	0,97	46,48	2	18,81	333,98	0,052	0,048	0,043
118	3881,37	2568	5,94	5,94	0,000	2,23	1286,57	0,879	0,221	1,13	0,99	35,93	2	23,94	230,74	0,062	0,031	0,056
119	3948,75	2566	4,57	4,57	0,000	3,15	1286,73	0,745	0,221	0,72	0,68	67,37	2	25,56	435,87	0,047	0,011	0,030
121	4038,02	2562	3,04	3,03	0,003	3,01	1286,15	0,393	0,220	2,30	0,85	89,27	4	17,99	529,74	0,034	0,026	0,045
122	4088,38	2560	2,76	2,76	0,003	2,13	1285,99	0,358	0,220	2,26	0,65	50,37	2	16,72	765,40	0,042	0,045	0,040
123	4129,91	2558	4,12	4,12	0,000	1,92	1285,22	0,553	0,220	1,87	0,93	41,53	2	19,85	355,65	0,046	0,045	0,048
124	4169,19	2556	5,03	5,03	0,000	2,97	1284,68	0,905	0,219	0,47	0,46	39,28	2	26,97	590,38	0,076	0,012	0,051
125	4211,63	2554	4,36	4,36	0,001	2,26	1284,04	0,763	0,219	0,53	0,51	42,43	2	26,49	617,42	0,053	0,012	0,047
126	4244,66	2552	4,54	4,55	0,001	1,74	1283,80	0,744	0,218	0,70	0,62	33,03	2	25,14	486,32	0,053	0,021	0,061
127	4296,56	2550	4,14	4,15	0,000	1,77	1283,23	0,615	0,218	1,11	0,91	51,90	2	23,57	363,48	0,034	0,021	0,039
128	4346,56	2548	4,51	4,51	0,000	2,10	1282,91	0,708	0,218	0,85	0,78	49,99	2	24,90	388,60	0,042	0,017	0,040

129	4389,02	2546	3,46	3,46	0,000	1,34	1282,34	0,461	0,217	1,93	0,97	42,46	2	19,80	409,07	0,032	0,046	0,047
130	4429,80	2544	4,61	4,60	0,002	2,46	1281,86	0,699	0,217	1,00	0,68	40,78	2	22,70	437,40	0,060	0,025	0,049
131	4473,47	2542	4,36	4,36	0,001	2,15	1281,35	0,666	0,217	0,96	0,71	43,67	2	23,28	441,19	0,049	0,022	0,046
132	4516,20	2540	2,75	2,76	0,003	1,39	1281,00	0,360	0,216	2,15	0,74	42,73	2	17,71	668,99	0,033	0,050	0,047
133	4572,23	2538	4,65	4,65	0,000	2,17	1280,62	0,672	0,216	1,26	1,03	56,02	2	23,26	286,24	0,039	0,023	0,036
134	4619,07	2536	4,57	4,57	0,000	2,55	1280,03	0,738	0,216	0,75	0,63	46,84	2	24,67	476,28	0,054	0,016	0,043
135	4721,16	2534	2,41	2,41	0,001	1,51	1280,26	0,319	0,216	2,01	1,01	102,09	2	19,75	565,22	0,015	0,020	0,020
136	4757,59	2532	4,90	4,89	0,002	2,59	1278,64	0,872	0,215	0,49	0,47	36,43	2	26,72	591,47	0,071	0,014	0,055
137	4816,70	2530	2,56	2,55	0,003	1,22	1279,65	0,334	0,215	2,16	0,91	59,11	2	18,71	593,63	0,021	0,037	0,034
138	4892,86	2528	2,68	2,67	0,003	1,97	1278,15	0,350	0,214	2,17	0,83	76,15	2	18,27	617,31	0,026	0,028	0,026
140	5011,98	2524	3,58	3,58	0,000	4,26	1279,33	0,493	0,215	1,62	0,86	119,13	4	20,39	445,13	0,036	0,014	0,034
141	5101,30	2522	2,86	2,86	0,000	2,09	1277,72	0,388	0,214	1,77	0,88	89,32	2	19,93	542,94	0,023	0,020	0,022
142	5165,78	2520	3,21	3,21	0,000	1,98	1278,75	0,439	0,215	1,68	0,84	64,48	2	20,00	507,93	0,031	0,026	0,031
143	5211,32	2518	3,68	3,67	0,000	2,06	1276,85	0,516	0,213	1,46	0,73	45,54	2	20,22	511,67	0,045	0,032	0,044
144	5289,76	2516	3,59	3,59	0,000	2,31	1278,24	0,525	0,214	1,18	0,85	78,44	2	22,66	450,62	0,029	0,015	0,025
145	5338,99	2514	3,47	3,47	0,001	1,68	1276,04	0,482	0,213	1,54	0,83	49,22	2	20,55	476,76	0,034	0,031	0,041
146	5397,73	2512	3,65	3,65	0,000	2,07	1277,59	0,516	0,214	1,41	0,84	58,74	2	21,25	450,38	0,035	0,024	0,034

RESULTADOS VOLUMEN 157187,92 m³

CALCULADO A TRAVÉS DE MANNING

SECCIÓN	L. total (m)	COTAS (m)	VEL 1 (m/s)	VEL 2 (m/s)	ERROR	Hf (m)	P (kg/m ³)	Do	θ_s	h (m)	RH	L (m)	Z1-Z2 (m)	n	T (m)	Sf	Sw
1	0,00	3000	17,16	0,00	0,000	0,00	1375,00	1,614	0,289	18,75	6,60	0,00	0	0,09	43,59	0,211	0,015
4	900,00	2800	17,47	0,00	0,000	190,21	1374,56	1,710	0,288	13,85	5,86	900,00	200	0,09	61,84	0,217	0,147
5	966,70	2794	14,76	14,76	0,000	14,48	1374,42	1,515	0,288	9,82	3,74	66,70	6	0,08	106,50	0,217	0,147
6	987,61	2792	13,44	13,44	0,000	3,48	1372,71	1,372	0,287	10,24	4,06	20,90	2	0,08	108,18	0,166	0,490
7	992,73	2790	14,56	14,47	0,006	0,65	1366,75	1,490	0,282	10,00	5,53	5,13	2	0,08	71,47	0,127	1,950
8	1029,38	2788	14,96	15,00	0,003	4,29	1371,68	1,609	0,286	7,10	5,14	36,64	2	0,07	75,48	0,117	0,194
9	1045,25	2786	14,56	14,57	0,000	1,89	1364,13	1,545	0,280	7,80	5,11	15,87	2	0,07	84,02	0,119	0,492
10	1074,77	2784	14,06	14,08	0,001	3,74	1370,42	1,522	0,285	6,80	4,32	29,53	2	0,07	98,25	0,127	0,230
11	1098,89	2782	13,80	13,80	0,000	2,85	1362,36	1,510	0,279	6,32	4,26	24,11	2	0,07	95,67	0,118	0,262
12	1107,82	2780	14,07	14,08	0,001	1,16	1366,21	1,525	0,282	6,77	4,23	8,93	2	0,07	100,53	0,130	0,758
13	1125,17	2778	12,91	12,91	0,000	2,05	1360,06	1,358	0,277	8,31	4,44	17,35	2	0,07	104,65	0,118	0,479
14	1164,90	2776	12,45	12,44	0,001	4,61	1365,26	1,364	0,281	6,30	3,70	39,73	2	0,07	105,46	0,116	0,159
15	1190,24	2774	11,34	11,33	0,001	2,07	1358,48	1,208	0,276	7,58	4,60	25,34	2	0,07	116,07	0,082	0,299
16	1215,63	2772	10,58	10,58	0,000	2,43	1363,83	1,118	0,280	8,00	3,78	25,39	2	0,07	151,09	0,096	0,315
17	1226,69	2770	11,43	11,43	0,000	1,28	1354,75	1,214	0,273	7,77	3,64	11,06	2	0,07	145,95	0,115	0,703
18	1255,87	2768	11,39	11,40	0,001	3,45	1362,59	1,246	0,279	6,36	3,21	29,18	2	0,07	98,99	0,118	0,218
19	1287,72	2766	10,66	10,67	0,001	2,74	1353,44	1,164	0,272	6,44	3,71	31,85	2	0,07	118,28	0,086	0,202
20	1299,38	2764	10,06	10,07	0,001	0,95	1359,58	1,061	0,277	8,12	3,97	11,65	2	0,07	94,49	0,082	0,697
21	1309,50	2762	10,35	10,35	0,000	0,95	1349,46	1,078	0,269	8,87	3,93	10,13	2	0,07	149,06	0,093	0,876
22	1332,59	2760	9,65	9,65	0,000	1,79	1358,13	0,991	0,276	9,79	4,27	23,08	2	0,08	128,10	0,078	0,424
23	1352,05	2758	8,90	8,89	0,001	1,33	1347,52	0,897	0,267	11,17	4,44	19,47	2	0,08	153,16	0,068	0,574
24	1365,89	2756	8,27	8,27	0,000	1,41	1355,83	0,823	0,274	12,31	3,11	13,84	2	0,08	145,98	0,102	0,889
25	1390,61	2754	8,78	8,77	0,000	1,18	1346,00	0,869	0,266	12,69	6,09	24,72	2	0,08	109,91	0,048	0,513
26	1408,76	2752	11,43	11,43	0,000	1,31	1354,03	1,160	0,273	10,65	6,08	18,15	2	0,08	84,20	0,072	0,587
27	1425,04	2750	11,24	11,24	0,000	1,15	1343,65	1,125	0,265	11,72	6,30	16,29	2	0,08	82,98	0,071	0,720
28	1452,55	2748	11,00	11,00	0,000	2,72	1352,88	1,108	0,272	11,26	4,66	27,51	2	0,08	115,67	0,099	0,409
29	1476,44	2746	11,23	11,24	0,000	2,15	1342,02	1,137	0,263	10,85	5,06	23,89	2	0,08	105,46	0,090	0,454
30	1490,75	2744	13,55	13,56	0,000	1,59	1350,57	1,424	0,270	8,33	5,02	14,31	2	0,07	99,51	0,111	0,582
31	1504,00	2742	12,81	12,81	0,000	1,62	1339,05	1,317	0,261	9,71	4,63	13,25	2	0,08	100,84	0,122	0,733
32	1521,95	2740	13,22	13,21	0,000	2,74	1348,77	1,387	0,268	8,42	3,81	17,95	2	0,07	111,99	0,153	0,469
33	1546,79	2738	12,94	12,95	0,001	2,66	1337,40	1,365	0,260	8,13	4,74	24,83	2	0,07	97,35	0,107	0,327
34	1574,78	2736	11,46	11,46	0,000	2,27	1347,65	1,178	0,268	9,70	5,32	28,00	2	0,08	98,22	0,081	0,346
35	1598,67	2734	10,52	10,52	0,000	1,67	1339,05	1,317	0,261	11,09	5,60	23,89	2	0,08	101,93	0,070	0,464

36	1626,88	2732	8,66	8,65	0,000	1,10	1346,55	0,848	0,267	13,80	7,22	28,21	2	0,09	92,93	0,039	0,489
37	1644,33	2730	10,98	10,98	0,000	1,22	1336,92	1,093	0,259	12,25	6,28	17,46	2	0,08	76,15	0,070	0,702
38	1662,26	2728	14,25	14,25	0,000	2,32	1344,70	1,514	0,265	7,73	4,64	17,93	2	0,07	109,59	0,129	0,431
39	1685,19	2726	11,62	11,62	0,000	1,33	1335,30	1,162	0,258	11,87	7,77	22,93	2	0,08	61,54	0,058	0,518
40	1715,15	2724	11,28	11,28	0,000	3,40	1343,67	1,141	0,265	10,87	4,28	29,96	2	0,08	123,84	0,114	0,363
41	1736,13	2722	13,78	13,77	0,001	2,56	1333,39	1,482	0,257	7,11	4,41	20,98	2	0,07	160,40	0,122	0,339
43	1759,71	2718	13,08	13,09	0,001	2,88	1342,32	1,356	0,263	9,18	4,64	23,58	4	0,07	98,74	0,122	0,389
44	1786,34	2716	11,52	11,52	0,000	2,18	1331,98	1,165	0,256	10,96	5,68	26,63	2	0,08	75,45	0,082	0,412
45	1795,41	2714	12,91	12,91	0,000	1,00	1338,95	1,318	0,261	10,23	5,21	9,07	2	0,08	88,29	0,110	1,128
46	1832,32	2712	10,89	10,89	0,000	2,58	1331,00	1,086	0,255	12,10	6,17	36,92	2	0,08	87,58	0,070	0,328
47	1857,76	2710	12,14	12,13	0,000	1,88	1337,71	1,230	0,260	10,76	6,55	25,43	2	0,08	72,78	0,074	0,423
48	1880,84	2708	12,00	11,99	0,000	1,57	1329,43	1,207	0,254	11,36	7,05	23,08	2	0,08	66,73	0,068	0,492
49	1908,14	2706	12,79	12,79	0,000	2,18	1336,56	1,306	0,259	10,18	6,51	27,30	2	0,08	69,71	0,080	0,373
50	1931,40	2704	13,48	13,49	0,000	2,46	1327,78	1,406	0,252	8,79	5,30	23,27	2	0,07	84,38	0,106	0,378
51	1959,63	2702	12,66	12,66	0,000	2,55	1335,45	1,310	0,258	9,33	5,59	28,22	2	0,07	83,26	0,090	0,331
52	1979,96	2700	12,92	12,93	0,000	1,59	1325,94	1,334	0,251	9,41	6,46	20,34	2	0,08	69,14	0,078	0,463
53	2012,07	2698	10,44	10,44	0,000	1,70	1334,52	1,035	0,257	12,67	7,32	32,11	2	0,08	73,64	0,053	0,394
54	2030,95	2696	13,69	13,68	0,001	2,00	1323,94	1,430	0,249	8,67	5,37	18,88	2	0,07	81,06	0,106	0,459
55	2075,92	2694	11,84	11,84	0,000	3,08	1333,85	1,213	0,257	9,99	6,44	44,96	2	0,08	75,53	0,069	0,222
56	2096,23	2692	12,09	12,09	0,000	1,44	1322,10	1,233	0,248	10,25	6,56	20,32	2	0,08	73,11	0,071	0,504
57	2152,38	2690	10,07	10,07	0,000	2,53	1333,34	1,005	0,257	12,00	7,60	56,15	2	0,08	73,67	0,045	0,214
58	2161,17	2688	7,56	7,56	0,000	0,19	1317,99	0,726	0,245	16,06	9,78	8,78	2	0,08	73,56	0,022	1,829
59	2224,69	2686	11,42	11,42	0,000	4,71	1332,91	1,176	0,256	9,62	5,64	63,52	2	0,08	91,98	0,074	0,151
60	2259,78	2684	11,21	11,20	0,001	2,86	1316,87	1,165	0,244	9,00	4,94	35,09	2	0,07	110,62	0,081	0,256
61	2315,48	2682	7,75	7,75	0,000	1,96	1332,43	0,771	0,256	12,38	6,29	55,70	2	0,08	122,55	0,035	0,222
62	2321,42	2680	13,40	13,41	0,001	1,06	1309,76	1,438	0,238	7,23	3,21	5,95	2	0,07	144,46	0,178	1,216
63	2351,65	2678	12,10	12,09	0,000	4,13	1331,55	1,310	0,255	6,80	3,26	30,23	2	0,07	156,10	0,137	0,225
64	2360,71	2676	12,63	12,62	0,001	1,45	1304,88	1,371	0,235	6,68	3,05	9,06	2	0,07	162,73	0,160	0,737
65	2378,26	2674	9,89	9,89	0,001	1,67	1330,22	1,019	0,254	9,60	3,78	17,55	2	0,08	163,91	0,095	0,547
67	2422,92	2670	10,26	10,27	0,001	7,23	1303,87	1,115	0,234	6,00	2,10	44,66	4	0,06	174,62	0,162	0,134
68	2460,08	2668	9,95	9,95	0,001	4,31	1329,50	1,171	0,254	4,00	2,10	37,16	2	0,06	185,09	0,116	0,108
69	2497,25	2666	9,10	9,10	0,000	2,51	1302,60	1,057	0,233	4,32	2,87	37,16	2	0,06	243,91	0,067	0,116
70	2527,12	2664	9,23	9,23	0,000	2,46	1328,61	1,097	0,253	3,74	2,34	29,87	2	0,05	288,60	0,082	0,125
72	2583,82	2660	8,55	8,54	0,001	4,37	1301,75	1,006	0,232	3,99	2,27	56,71	4	0,06	329,01	0,077	0,070
73	2612,70	2658	8,10	8,10	0,000	1,72	1327,72	0,929	0,252	4,66	2,75	28,88	2	0,06	281,42	0,059	0,161
74	2637,41	2656	9,74	9,75	0,001	1,67	1299,75	1,171	0,231	3,49	2,83	24,71	2	0,05	279,58	0,068	0,141
75	2673,79	2654	9,33	9,33	0,000	2,83	1326,96	1,147	0,252	3,06	2,24	36,38	2	0,05	299,14	0,078	0,084
76	2700,49	2652	8,44	8,45	0,001	1,97	1297,92	0,996	0,229	3,90	2,27	26,69	2	0,06	333,70	0,074	0,146
77	2725,83	2650	6,14	6,14	0,000	1,53	1326,04	0,676	0,251	6,08	2,06	25,34	2	0,06	495,47	0,060	0,240

79	2782.53	2646	7.83	7.85	0.002	4.63	1297.07	0.912	0.229	4.25	1.97	56.70	4	0.06	329.56	0.082	0.075	(
80	2811.47	2644	9.33	9.32	0.001	2.09	1325.12	1.161	0.250	2.85	2.28	28.94	2	0.05	293.39	0.072	0.098	(
82	2889.96	2640	7.76	7.75	0.001	4.72	1296.44	0.932	0.228	3.50	2.21	78.49	4	0.05	373.42	0.060	0.045	(
83	2916.95	2638	8.07	8.07	0.001	1.84	1324.17	0.974	0.250	3.41	2.11	26.99	2	0.05	368.05	0.068	0.126	(
84	2943.14	2636	8.64	8.64	0.000	2.09	1294.48	1.075	0.227	2.84	1.89	26.19	2	0.05	393.38	0.080	0.108	(
85	2974.47	2634	7.44	7.45	0.001	2.34	1323.38	0.895	0.249	3.48	1.76	31.33	2	0.05	478.66	0.075	0.111	(
86	2992.27	2632	9.82	9.82	0.000	1.78	1292.66	1.355	0.225	1.61	1.45	17.80	2	0.04	451.53	0.100	0.090	(
87	3026.92	2630	7.70	7.70	0.000	2.64	1322.65	0.958	0.248	2.86	1.65	34.65	2	0.05	492.71	0.076	0.083	(
88	3054.98	2628	7.56	7.56	0.001	1.91	1290.84	0.929	0.224	3.06	1.80	28.06	2	0.05	308.76	0.068	0.109	(
89	3071.92	2626	8.40	8.40	0.001	1.45	1321.20	1.040	0.247	2.93	1.74	16.94	2	0.05	428.06	0.086	0.173	(
90	3096.15	2624	7.29	7.29	0.001	1.63	1288.83	0.851	0.222	4.18	2.02	24.23	2	0.06	435.94	0.067	0.173	(
91	3116.27	2622	8.56	8.55	0.001	1.23	1320.06	1.009	0.246	3.93	2.69	20.12	2	0.06	272.46	0.061	0.195	(
92	3130.41	2620	11.13	11.13	0.000	1.62	1285.99	1.515	0.220	1.73	1.64	14.15	2	0.04	359.93	0.114	0.122	(
93	3138.04	2618	12.15	12.15	0.000	1.14	1318.17	1.725	0.245	1.38	1.36	7.63	2	0.04	378.74	0.149	0.181	(
94	3164.18	2616	9.90	9.90	0.000	3.44	1283.95	1.261	0.219	2.48	1.48	26.13	2	0.05	438.93	0.132	0.095	(
96	3213.39	2612	9.93	9.93	0.000	4.47	1317.24	1.318	0.244	1.98	1.76	49.21	4	0.04	360.44	0.091	0.040	(
97	3240.83	2610	7.80	7.80	0.000	2.75	1282.07	0.953	0.217	3.16	1.44	27.44	2	0.05	339.52	0.100	0.115	(
98	3260.61	2608	8.53	8.52	0.001	1.77	1316.11	1.066	0.243	2.78	1.68	19.78	2	0.05	308.26	0.089	0.141	(
99	3288.00	2606	9.10	9.11	0.001	1.67	1280.12	1.150	0.216	2.60	2.39	27.40	2	0.05	296.63	0.061	0.095	(
101	3363.01	2602	7.28	7.27	0.002	4.90	1315.83	0.888	0.243	3.22	1.81	75.01	4	0.05	362.32	0.065	0.043	(
102	3392.29	2600	8.16	8.16	0.000	1.28	1278.35	0.993	0.214	3.26	2.92	29.27	2	0.05	390.26	0.044	0.111	(
103	3413.61	2598	5.41	5.40	0.001	0.84	1314.97	0.592	0.242	6.32	2.39	21.32	2	0.07	488.15	0.039	0.296	(
104	3428.81	2596	9.52	9.50	0.002	2.06	1274.87	1.165	0.212	3.13	1.54	15.20	2	0.05	444.22	0.136	0.206	(
105	3448.39	2594	10.04	10.04	0.000	2.36	1313.93	1.302	0.242	2.25	1.54	19.59	2	0.05	407.13	0.120	0.115	(
106	3497.62	2592	7.63	7.62	0.000	3.08	1273.80	0.924	0.211	3.34	2.04	49.23	2	0.05	418.57	0.063	0.068	(
107	3503.32	2590	8.19	8.20	0.001	0.50	1310.67	0.949	0.239	4.39	2.04	5.70	2	0.06	378.00	0.087	0.771	(
108	3535.38	2588	8.20	8.21	0.002	2.63	1272.23	0.974	0.210	3.75	1.97	32.06	2	0.05	402.49	0.082	0.117	(
109	3565.66	2586	7.95	7.95	0.001	1.68	1310.06	0.925	0.239	4.28	2.70	30.28	2	0.06	294.34	0.055	0.141	(
110	3589.40	2584	8.72	8.71	0.001	1.87	1270.09	1.036	0.208	3.76	2.23	23.74	2	0.05	335.39	0.079	0.158	(
111	3627.99	2582	8.30	8.28	0.002	3.25	1309.57	1.030	0.238	2.88	1.72	38.59	2	0.05	444.71	0.084	0.075	(
112	3673.23	2580	7.10	7.10	0.001	1.96	1268.96	0.840	0.207	3.86	2.60	45.24	2	0.06	353.27	0.043	0.085	(
113	3722.34	2578	6.43	6.41	0.002	2.38	1309.22	0.758	0.238	3.94	2.08	49.11	2	0.06	474.06	0.048	0.080	(
115	3787.93	2574	7.72	7.73	0.002	3.84	1268.16	0.943	0.206	3.17	2.12	65.60	4	0.05	397.83	0.059	0.048	(
116	3821.40	2572	6.07	6.07	0.000	1.90	1308.71	0.702	0.238	4.43	1.80	33.46	2	0.06	578.59	0.057	0.132	(
117	3867.88	2570	6.44	6.44	0.001	2.27	1267.06	0.759	0.206	3.93	2.07	46.48	2	0.06	489.48	0.049	0.085	(
118	3903.81	2568	7.66	7.65	0.001	2.02	1308.22	0.944	0.237	3.03	2.12	35.93	2	0.05	414.51	0.056	0.084	(
119	3971.18	2566	7.32	7.32	0.000	3.31	1266.20	0.971	0.205	1.98	1.76	67.37	2	0.04	508.42	0.049	0.029	(
121	4060.45	2562	5.66	5.66	0.001	3.60	1308.03	0.681	0.237	3.48	1.85	89.27	4	0.05	603.97	0.040	0.039	(
122	4110.82	2560	5.54	5.54	0.001	2.41	1265.14	0.678	0.204	3.14	1.49	50.37	2	0.05	789.99	0.048	0.062	(

123	4152,35	2558	5,34	5,35	0,002	1,84	1307,63	0,644	0,237	3,41	1,56	41,53	2	0,05	756,92	0,044	0,082	(
124	4191,63	2556	7,66	7,66	0,000	2,46	1263,57	1,083	0,203	1,42	1,33	39,28	2	0,04	645,55	0,063	0,036	(
125	4234,06	2554	7,13	7,13	0,000	2,41	1307,19	1,010	0,236	1,40	1,27	42,43	2	0,04	697,85	0,057	0,033	(
126	4267,10	2552	6,83	6,83	0,000	1,78	1261,77	0,919	0,202	1,84	1,43	33,03	2	0,04	672,54	0,054	0,056	(
127	4319,00	2550	4,85	4,86	0,002	1,60	1306,89	0,585	0,236	3,42	1,78	51,90	2	0,05	732,35	0,031	0,066	(
128	4368,99	2548	6,11	6,13	0,003	2,32	1260,63	0,783	0,201	2,40	1,55	49,99	2	0,05	692,92	0,046	0,048	(
129	4411,46	2546	5,25	5,25	0,000	1,41	1306,55	0,631	0,236	3,49	1,92	42,46	2	0,05	629,24	0,033	0,082	(
130	4452,23	2544	6,66	6,64	0,003	2,47	1259,19	0,870	0,200	2,16	1,37	40,78	2	0,05	724,88	0,061	0,053	(
131	4495,91	2542	6,10	6,08	0,003	2,35	1306,19	0,795	0,236	2,18	1,32	43,67	2	0,05	792,76	0,054	0,050	(
132	4538,64	2540	5,08	5,08	0,000	1,50	1257,91	0,617	0,199	3,27	1,69	42,73	2	0,05	767,50	0,035	0,076	(
133	4594,67	2538	5,34	5,35	0,001	1,87	1305,95	0,650	0,236	3,25	1,89	56,02	2	0,05	627,84	0,033	0,058	(
134	4641,50	2536	6,65	6,65	0,000	2,54	1256,62	0,889	0,198	1,91	1,39	46,84	2	0,04	710,60	0,054	0,041	(
135	4743,60	2534	3,97	3,98	0,000	1,85	1305,82	0,477	0,235	3,51	1,99	102,09	2	0,05	801,37	0,018	0,034	(
136	4780,03	2532	7,30	7,30	0,000	2,12	1254,86	1,025	0,196	1,47	1,33	36,43	2	0,04	681,28	0,058	0,040	(
137	4839,14	2530	4,68	4,68	0,000	1,71	1305,61	0,566	0,235	3,36	1,75	59,11	2	0,05	774,28	0,029	0,057	(
138	4914,29	2528	4,64	4,64	0,000	1,85	1254,12	0,557	0,196	3,53	2,00	75,15	2	0,05	711,17	0,025	0,047	(

**RESULTADOS VOLUMEN 157187,92 m³
CALCULADO A TRAVÉS DE CHEZY**

SECCIÓN	L _{total} (m)	COTAS (m)	VEL 1 (m/s)	VEL 2 (m/s)	ERROR	Hf (m)	ρ (kg/m ³)	Do	θs	h (m)	RH	L (m)	Z1-Z2 (m)	C	T (m)	Sf	Sw	So
1	0,00	3000	17,16	0,00	0,000	0,00	1375,00	1,614	0,289	18,75	6,60	0,00	0	0,00	43,59	0,211	0,015	0,222
4	900,00	2800	17,47	0,00	0,000	190,25	1374,56	1,710	0,288	13,85	5,86	900,00	200	15,70	61,84	0,224	0,151	0,090
5	966,70	2794	14,25	14,25	0,000	14,97	1374,43	1,457	0,288	10,09	3,84	66,70	6	15,35	106,50	0,165	0,500	0,096
6	987,61	2792	12,95	12,94	0,001	3,44	1372,72	1,318	0,287	10,45	4,21	20,90	2	15,56	108,32	0,165	0,500	0,096
8	1029,38	2788	14,49	14,50	0,001	5,05	1373,48	1,554	0,287	7,25	5,24	41,77	4	18,20	76,02	0,121	0,174	0,096
9	1045,25	2786	14,07	14,07	0,000	1,92	1370,18	1,489	0,285	7,94	5,21	15,87	2	17,73	84,63	0,121	0,500	0,126
10	1074,77	2784	13,46	13,44	0,001	3,81	1372,15	1,451	0,286	6,99	4,47	29,53	2	17,70	98,98	0,129	0,237	0,068
11	1098,89	2782	13,12	13,11	0,001	2,92	1368,45	1,430	0,284	6,52	4,40	24,11	2	17,97	96,23	0,121	0,270	0,083
13	1125,17	2778	12,21	12,22	0,001	1,98	1366,21	1,279	0,282	8,54	4,61	17,35	4	16,86	105,98	0,114	0,492	0,115
14	1164,90	2776	11,69	11,70	0,001	4,65	1366,73	1,274	0,282	6,52	3,86	39,73	2	17,41	107,37	0,117	0,164	0,050
15	1190,24	2774	10,55	10,53	0,002	1,92	1364,66	1,118	0,281	7,89	4,83	25,34	2	17,44	117,94	0,076	0,311	0,079
17	1226,69	2770	10,50	10,51	0,001	3,90	1365,69	1,109	0,281	8,05	3,85	36,45	4	16,37	148,67	0,107	0,221	0,110
18	1255,87	2768	10,55	10,54	0,001	3,38	1363,27	1,148	0,280	6,61	3,41	29,18	2	16,80	101,29	0,116	0,227	0,069
19	1287,72	2766	9,84	9,83	0,001	2,64	1364,47	1,067	0,281	6,72	3,90	31,85	2	17,30	121,64	0,083	0,211	0,063
20	1299,38	2764	9,18	9,19	0,001	0,85	1359,90	0,962	0,277	8,50	4,22	11,65	2	16,52	99,20	0,073	0,729	0,172
21	1309,50	2762	9,70	9,71	0,001	0,90	1360,84	1,007	0,278	9,10	4,09	10,13	2	16,07	151,22	0,089	0,899	0,198
22	1332,59	2760	9,02	9,02	0,000	1,66	1358,27	0,922	0,276	10,09	4,44	23,08	2	15,95	132,29	0,072	0,437	0,087
23	1352,05	2758	8,39	8,39	0,000	1,25	1359,01	0,843	0,276	11,40	4,56	19,47	2	15,52	157,01	0,064	0,586	0,103
24	1365,89	2756	7,83	7,83	0,001	1,39	1355,64	0,778	0,274	12,47	3,23	13,84	2	13,75	149,87	0,100	0,901	0,144
25	1390,61	2754	8,44	8,44	0,000	1,08	1357,62	0,834	0,275	12,89	6,20	24,72	2	16,24	111,35	0,044	0,521	0,081
26	1408,76	2752	11,27	11,28	5,469	1,30	1353,58	1,143	0,272	10,74	6,13	18,15	2	17,00	84,61	0,072	0,592	0,110
27	1425,04	2750	11,17	11,17	0,000	1,16	1355,49	1,119	0,274	11,70	6,29	16,29	2	16,72	82,86	0,071	0,718	0,123
28	1452,55	2748	10,74	10,74	0,000	2,80	1352,25	1,080	0,271	11,38	4,65	27,51	2	15,61	118,68	0,102	0,414	0,073
29	1476,44	2746	10,99	10,99	0,000	2,19	1354,03	1,111	0,272	10,92	5,07	23,89	2	16,14	106,65	0,092	0,457	0,084
30	1490,75	2744	13,25	13,25	0,000	1,69	1349,58	1,390	0,269	8,44	4,99	14,31	2	17,25	102,16	0,118	0,590	0,140
31	1504,00	2742	12,46	12,46	0,000	1,67	1351,38	1,279	0,270	9,80	4,65	13,25	2	16,26	102,30	0,126	0,739	0,151
32	1521,95	2740	12,77	12,77	0,000	2,84	1347,47	1,336	0,267	8,56	3,93	17,95	2	16,18	112,64	0,158	0,477	0,111
33	1546,79	2738	12,46	12,46	0,001	2,69	1349,94	1,311	0,269	8,27	4,83	24,83	2	17,22	98,12	0,108	0,333	0,081
34	1574,78	2736	10,90	10,90	0,000	2,14	1346,15	1,116	0,266	9,98	5,47	28,00	2	16,86	100,57	0,076	0,356	0,071
36	1598,67	2734	10,09	10,09	0,000	1,57	1348,52	1,015	0,268	11,29	5,71	23,89	2	16,48	103,47	0,066	0,472	0,084
37	1644,33	2730	9,99	9,99	0,001	2,53	1345,38	0,988	0,266	12,85	6,61	45,66	4	16,51	79,05	0,055	0,281	0,088
38	1662,26	2728	13,78	13,77	0,001	2,37	1346,51	1,460	0,267	7,89	4,75	17,93	2	17,37	110,26	0,132	0,440	0,112
39	1685,19	2726	10,47	10,48	0,000	1,42	1343,85	1,039	0,265	12,55	6,47	22,93	2	16,52	78,07	0,062	0,547	0,087
40	1715,15	2724	10,37	10,37	0,000	3,44	1345,37	1,044	0,266	11,23	4,09	29,96	2	15,14	141,33	0,115	0,375	0,067
41	1736,13	2722	13,16	13,17	0,001	2,59	1342,04	1,410	0,263	7,29	4,55	20,98	2	17,56	161,13	0,123	0,347	0,095
43	1759,71	2718	12,46	12,46	0,000	2,79	1343,90	1,287	0,265	9,41	4,78	23,58	4	16,57	100,45	0,118	0,399	0,170

44	1786,34	2716	10,94	10,95	0,000	1,99	1340,71	1,103	0,262	11,23	5,82	26,63	2	16,58	77,21	0,075	0,422	0,075
45	1795,41	2714	12,46	12,45	0,000	1,00	1340,10	1,268	0,262	10,42	5,19	9,07	2	16,45	91,92	0,110	1,449	0,220
46	1832,32	2712	10,41	10,41	0,000	2,46	1339,79	1,035	0,262	12,35	6,09	36,92	2	16,35	92,53	0,067	0,335	0,054
47	1857,76	2710	11,83	11,83	0,000	1,81	1338,74	1,197	0,261	10,93	6,64	25,43	2	17,24	73,58	0,071	0,430	0,079
48	1880,84	2708	11,83	11,83	0,000	1,52	1338,32	1,189	0,260	11,41	7,08	23,08	2	17,31	66,83	0,066	0,494	0,087
49	1908,14	2706	12,62	12,62	0,000	2,17	1337,47	1,287	0,260	10,26	6,55	27,30	2	17,48	69,97	0,079	0,376	0,073
50	1931,40	2704	13,27	13,26	0,001	2,56	1336,80	1,383	0,259	8,84	5,33	23,27	2	17,32	84,57	0,110	0,380	0,086
51	1959,63	2702	12,37	12,36	0,001	2,55	1336,23	1,276	0,259	9,47	5,69	28,22	2	17,26	83,81	0,090	0,336	0,071
52	1979,96	2700	13,16	13,16	0,000	1,74	1335,08	1,363	0,258	9,24	6,35	20,34	2	17,84	68,75	0,086	0,454	0,098
53	2012,07	2698	10,69	10,69	0,000	1,77	1335,20	1,061	0,258	12,48	7,20	32,11	2	16,98	73,17	0,055	0,389	0,062
54	2030,95	2696	13,65	13,65	0,000	2,16	1333,20	1,427	0,256	8,65	5,36	18,88	2	17,44	81,02	0,114	0,458	0,106
55	2075,92	2694	11,71	11,71	0,000	3,09	1334,45	1,198	0,257	10,07	6,50	44,96	2	17,53	75,60	0,069	0,224	0,044
56	2096,23	2692	12,01	12,01	0,000	1,46	1331,48	1,225	0,255	10,25	6,56	20,32	2	17,49	73,11	0,072	0,504	0,098
58	2161,17	2688	10,76	10,76	0,000	3,26	1333,95	1,069	0,257	12,44	7,72	64,93	4	17,28	66,57	0,050	0,192	0,062
59	2224,69	2686	10,91	10,91	0,001	4,38	1330,93	1,118	0,255	9,90	5,85	63,52	2	17,18	92,68	0,069	0,156	0,031
60	2259,78	2684	10,84	10,85	0,000	2,87	1333,00	1,125	0,256	9,10	5,01	35,09	2	16,92	111,05	0,082	0,259	0,057
61	2315,48	2682	7,15	7,15	0,000	1,56	1330,33	0,706	0,254	12,93	6,68	55,70	2	16,53	124,86	0,028	0,232	0,036
62	2321,42	2680	13,33	13,33	0,000	1,28	1326,95	1,431	0,252	7,20	3,19	5,95	2	16,10	144,33	0,215	1,211	0,336
63	2351,65	2678	11,62	11,63	0,001	4,44	1329,19	1,255	0,253	6,93	3,37	30,23	2	16,52	156,75	0,147	0,229	0,066
64	2360,71	2676	12,10	12,11	0,001	1,59	1322,84	1,311	0,249	6,76	3,13	9,06	2	16,31	162,97	0,176	0,746	0,221
65	2378,26	2674	9,68	9,68	0,000	1,77	1327,39	0,995	0,252	9,68	3,84	17,55	2	15,53	164,32	0,101	0,551	0,114
67	2422,92	2670	9,53	9,52	0,001	7,82	1321,99	1,051	0,248	6,00	2,20	44,66	4	15,36	178,70	0,175	0,134	0,090
68	2460,08	2666	9,06	9,07	0,001	4,44	1326,42	1,066	0,251	4,00	2,24	37,16	2	17,50	192,57	0,120	0,108	0,054
69	2497,25	2666	7,89	7,89	0,001	2,32	1320,93	0,905	0,247	4,69	3,06	37,16	2	18,06	259,09	0,062	0,126	0,054
70	2527,12	2664	8,20	8,20	0,001	2,41	1325,21	0,983	0,250	4,03	2,55	29,87	2	18,06	297,81	0,081	0,135	0,067
71	2556,98	2662	5,26	5,26	0,000	1,06	1319,70	0,567	0,246	6,98	3,02	29,87	2	16,02	142,45	0,036	0,234	0,067
73	2612,70	2658	8,17	8,16	0,001	4,36	1324,56	0,938	0,250	4,63	2,74	55,72	4	17,64	278,70	0,078	0,083	0,072
74	2637,41	2656	9,35	9,33	0,002	2,03	1318,04	1,121	0,245	3,55	2,87	24,71	2	19,30	283,02	0,082	0,144	0,081
75	2673,79	2654	8,45	8,45	0,001	3,08	1323,56	1,026	0,249	3,29	2,37	36,38	2	18,85	312,31	0,085	0,090	0,055
76	2700,49	2652	7,02	7,02	0,000	2,16	1316,54	0,818	0,244	4,25	2,12	26,69	2	16,93	421,84	0,081	0,159	0,075
77	2725,83	2650	4,51	4,51	0,000	0,82	1322,29	0,488	0,248	6,91	2,64	25,34	2	15,49	525,82	0,032	0,273	0,079
79	2782,53	2646	7,09	7,10	0,002	4,96	1315,84	0,821	0,243	4,42	2,08	56,70	4	16,63	341,53	0,088	0,078	0,071
80	2811,47	2644	8,44	8,44	0,000	2,27	1321,02	1,035	0,247	3,09	2,43	28,94	2	19,33	304,68	0,078	0,107	0,069
82	2889,96	2640	6,79	6,78	0,001	4,60	1315,33	0,806	0,243	3,77	2,40	78,49	4	18,13	386,81	0,059	0,048	0,051
83	2916,95	2638	7,14	7,15	0,001	1,83	1314,34	0,851	0,242	3,69	2,30	26,19	2	18,06	382,25	0,068	0,137	0,074
84	2943,14	2636	7,76	7,74	0,002	2,20	1313,85	0,956	0,242	3,02	2,06	26,19	2	18,66	395,19	0,084	0,115	0,076
85	2974,47	2634	6,49	6,50	0,001	2,19	1313,15	0,771	0,241	3,75	2,00	31,33	2	17,33	484,42	0,070	0,120	0,064
86	2992,27	2632	8,90	8,90	0,001	2,13	1311,44	1,210	0,240	1,73	1,55	17,80	2	20,68	458,57	0,120	0,097	0,112
87	3026,92	2630	6,55	6,55	0,001	2,42	1312,06	0,801	0,240	3,16	1,90	34,65	2	18,01	507,91	0,070	0,091	0,058

88	3054,98	2628	6,55	6,57	0,002	1,86	1310,07	0,796	0,239	3,30	2,00	28,06	2	18,02	320,26	0,066	0,118	0,071
89	3071,92	2626	7,44	7,42	0,002	1,50	1309,83	0,909	0,239	3,17	1,92	16,94	2	18,05	442,85	0,088	0,187	0,118
90	3096,15	2624	6,29	6,28	0,001	1,51	1308,58	0,726	0,238	4,47	2,23	24,23	2	16,88	453,10	0,062	0,185	0,083
91	3116,27	2622	7,64	7,64	0,000	1,23	1308,05	0,889	0,237	4,28	2,87	20,12	2	18,26	289,58	0,061	0,213	0,099
92	3130,41	2620	10,32	10,32	0,000	1,99	1305,60	1,389	0,235	1,84	1,73	14,15	2	20,89	363,04	0,141	0,130	0,141
93	3138,04	2618	11,16	11,17	0,000	1,38	1302,39	1,555	0,233	1,53	1,50	7,63	2	21,39	379,84	0,181	0,200	0,262
94	3164,18	2616	8,57	8,57	0,000	3,45	1304,18	1,077	0,234	2,69	1,66	26,13	2	18,31	446,77	0,132	0,103	0,077
96	3213,39	2612	8,57	8,57	0,000	4,40	1301,57	1,108	0,232	2,28	2,01	49,21	4	20,22	370,86	0,089	0,046	0,081
97	3240,83	2610	6,38	6,38	0,001	2,40	1302,88	0,767	0,233	3,55	1,66	27,44	2	16,74	366,74	0,088	0,129	0,073
98	3260,61	2608	7,46	7,44	0,002	1,74	1299,64	0,921	0,231	3,05	1,91	19,78	2	18,24	319,22	0,088	0,154	0,101
99	3288,00	2606	8,10	8,10	0,000	1,68	1301,55	1,008	0,232	2,86	2,63	27,40	2	20,17	297,88	0,061	0,104	0,073
101	3363,01	2602	6,35	6,35	0,001	4,64	1299,14	0,762	0,230	3,51	2,05	75,01	4	17,80	374,11	0,062	0,047	0,053
102	3392,29	2600	7,35	7,36	0,000	1,37	1300,34	0,886	0,231	3,44	2,99	29,27	2	19,68	408,79	0,047	0,118	0,068
104	3428,81	2596	7,58	7,58	0,000	3,78	1298,13	0,912	0,230	3,49	1,85	36,52	4	17,34	456,84	0,104	0,095	0,110
105	3448,39	2594	8,42	8,44	0,002	2,24	1298,42	1,068	0,230	2,56	1,75	19,59	2	18,84	433,12	0,114	0,131	0,102
106	3497,62	2592	6,16	6,16	0,000	2,47	1297,40	0,731	0,229	3,77	2,33	49,23	2	18,00	445,51	0,050	0,077	0,041
107	3503,32	2590	6,98	6,98	0,000	0,45	1292,26	0,798	0,225	4,77	2,23	5,70	2	16,56	411,35	0,079	0,838	0,351
108	3535,38	2588	7,15	7,15	0,001	2,64	1296,38	0,841	0,228	4,00	2,10	32,06	2	17,20	426,45	0,082	0,125	0,062
109	3565,66	2586	6,87	6,87	0,001	1,45	1291,08	0,786	0,224	4,75	3,05	30,28	2	17,99	306,60	0,048	0,157	0,066
110	3589,40	2584	7,93	7,93	0,000	2,02	1295,00	0,935	0,227	3,94	2,34	23,74	2	17,79	344,76	0,085	0,166	0,084
111	3627,99	2582	7,31	7,30	0,002	3,28	1290,10	0,895	0,223	3,14	1,92	38,59	2	18,11	458,68	0,085	0,081	0,052
112	3673,23	2580	6,00	6,00	0,001	1,76	1294,28	0,698	0,227	4,27	2,80	45,24	2	18,17	380,92	0,039	0,094	0,044
113	3722,34	2578	5,61	5,62	0,001	2,23	1289,37	0,653	0,223	4,27	2,32	49,11	2	17,30	494,16	0,045	0,087	0,041
115	3787,93	2574	6,96	6,97	0,001	4,05	1293,77	0,842	0,226	3,36	2,28	65,60	4	18,54	402,99	0,062	0,051	0,061
116	3821,40	2572	5,21	5,21	0,001	1,68	1288,32	0,596	0,222	4,76	2,06	33,46	2	16,20	601,31	0,050	0,142	0,060
117	3867,88	2570	5,11	5,13	0,002	2,51	1293,09	0,594	0,226	4,30	1,84	46,48	2	16,22	680,40	0,054	0,093	0,043
118	3903,81	2568	6,63	6,62	0,001	2,00	1287,27	0,802	0,221	3,39	2,30	35,93	2	18,53	446,88	0,056	0,094	0,056
119	3971,18	2566	6,33	6,34	0,002	3,38	1292,57	0,823	0,225	2,21	1,94	67,37	2	20,27	520,84	0,050	0,033	0,030
121	4060,45	2562	4,85	4,84	0,002	3,22	1286,86	0,574	0,221	3,83	2,13	89,27	4	17,49	626,02	0,036	0,043	0,045
122	4110,82	2560	4,90	4,90	0,001	2,50	1291,91	0,594	0,225	3,30	1,65	50,37	2	17,11	794,53	0,050	0,066	0,040
123	4152,35	2558	4,49	4,48	0,001	1,77	1285,98	0,534	0,220	3,73	1,71	41,53	2	16,62	842,15	0,043	0,090	0,048
124	4191,63	2556	6,81	6,82	0,002	2,84	1290,96	0,946	0,224	1,55	1,44	39,28	2	21,07	653,37	0,072	0,039	0,051
125	4234,06	2554	6,02	6,03	0,002	2,41	1284,98	0,825	0,219	1,66	1,48	42,43	2	20,75	721,49	0,057	0,039	0,047
126	4267,10	2552	5,73	5,73	0,000	1,76	1289,88	0,754	0,223	2,08	1,60	33,03	2	19,68	703,93	0,053	0,063	0,061
127	4319,00	2550	3,79	3,79	0,001	1,06	1284,29	0,446	0,219	3,96	2,27	51,90	2	17,61	750,94	0,020	0,076	0,039
128	4368,99	2548	5,51	5,51	0,000	2,61	1289,20	0,699	0,223	2,54	1,67	49,99	2	18,66	700,62	0,052	0,051	0,040
129	4411,46	2546	4,32	4,32	0,001	1,20	1283,44	0,510	0,218	3,93	2,17	42,46	2	17,44	690,13	0,028	0,093	0,047
130	4452,23	2544	5,95	5,94	0,002	2,79	1288,35	0,769	0,222	2,29	1,48	40,78	2	18,70	731,76	0,068	0,056	0,049
131	4495,91	2542	5,25	5,25	0,001	2,27	1282,54	0,672	0,218	2,42	1,54	43,67	2	18,56	800,88	0,052	0,055	0,046

132	4538,64	2540	4,28	4,29	0,001	1,36	1287,60	0,514	0,221	3,53	1,90	42,73	2	17,41	790,91	0,032	0,083	0,047
134	4594,67	2538	4,64	4,63	0,000	1,79	1281,89	0,555	0,217	3,58	2,12	56,02	2	17,83	660,27	0,032	0,064	0,036
135	4743,60	2534	4,20	4,21	0,002	4,34	1287,39	0,507	0,221	3,43	1,94	148,93	4	17,67	788,79	0,029	0,023	0,027
136	4780,03	2532	6,56	6,58	0,003	2,54	1280,73	0,907	0,216	1,59	1,42	36,43	2	20,82	692,08	0,070	0,044	0,055