

DESEMPEÑO HIDRÁULICO Y AMBIENTAL DE UN MODELO DE
TRINCHERA DE RETENCIÓN UTILIZADA COMO COMPONENTE DEL
DRENAJE URBANO



Presentado por:
ADRIANA LUCÍA SANTA MÉNDEZ
JOSÉ ALEJANDRO QUINTERO ORTÍZ

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.
DICIEMBRE DE 2010



Presentado por:

ADRIANA LUCÍA SANTA MÉNDEZ
C.C.: 1.136.879.892 de Bogotá D.C.

JOSÉ ALEJANDRO QUINTERO ORTÍZ
C.C.:1.121.835.433 de Villavicencio, Meta.

Director:
ANDRÉS TORRES ABELLO
I.C., M.S.C., P.H.D.

Evaluador:
JAIME ANDRÉS LARA BORRERO
I.C., M.S.C., P.H.D.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.
DICIEMBRE DE 2010

"La gratitud es la memoria del corazón" (Jean Baptiste Massieu).

Le agradecemos a Dios, a nuestros padres, al doctor Andrés Torres quien en su calidad de director, aportó todos sus conocimientos y actitud para la elaboración y ejecución de este trabajo de grado. Al ingeniero Federico Núñez, quien colaboró con la elaboración de los cálculos estructurales del modelo de laboratorio. A Carlos Quitiaquez, asistente del Laboratorio de Pruebas y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, quien facilitó con total disposición su tiempo para la ejecución de los ensayos requeridos. Y a todos aquellos sin los cuales no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 PROBLEMAS DE LA ESCORRENTÍA EN ZONA URBANA.....	9
2.2. HERRAMIENTAS HIDRÁULICAS.....	9
2.2.1 CANALES ABIERTOS.....	10
2.2.2 PERÍMETRO MOJADO Y RADIO HIDRÁULICO.....	10
2.2.3 FLUJO UNIFORME	11
2.2.4 ENERGÍA EN UN CANAL ABIERTO	11
2.2.5 FÓRMULA DE CHEZY	12
2.2.6 FÓRMULAS PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE “C” DE CHEZY.....	12
2.2.7 FLUJO GRADUALMENTE VARIADO.....	16
2.2.8 FLUJO CRÍTICO	19
2.3 HERRAMIENTAS DE HIDROLOGÍA	21
2.3.1 HIDROGRAMA	21
2.3.2 MÉTODO RACIONAL	21
2.3.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c).....	22
2.3.4 PARÁMETRO K (LAG TIME).....	23
2.4 HERRAMIENTAS AMBIENTALES	24
2.4.1 SÓLIDOS EN EL AGUA	24
2.4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	25
2.4.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO	26
2.4.4 METALES EN EL AGUA	26
2.5 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....	27
2.5.1 INCERTIDUMBRE EXPERIMENTAL.....	27
2.6 TRINCHERAS DE RETENCIÓN.....	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1 SITIO EXPERIMENTAL EN CAMPO.....	37
3.4 PROTOCOLOS DE CAMPO Y LABORATORIO.....	46
3.4.1 PROTOCOLOS DE CAMPO	46
3.4.2 PROTOCOLOS DE LABORATORIO	48

3.4.2.1	<i>Ensayo hidráulico</i>	49
3.4.2.2	<i>Pruebas de calidad</i>	50
3.5	HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS	51
3.5.1	<i>HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS HIDRÁULICO</i>	51
3.5.2	<i>HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO</i>	52
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1	RESULTADOS HIDRÁULICOS	53
4.1.1	<i>Calibración del coeficiente de rugosidad n de Manning</i>	62
4.2.	RESULTADOS AMBIENTALES	75
5.	SÍNTESIS DE MODELO DE RETENCIÓN	102
6.	EJEMPLO DE DISEÑO	115
7.	CONCLUSIONES	123
8.	RECOMENDACIONES	127
9.	REFERENCIAS	129
10.	ANEXOS	135
	ANEXO A. MEMORIA DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES DEL MODELO DE LABORATORIO	136
	ANEXO B. ALGORITMOS DE CÁLCULO	146
	ANEXO C. RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL MATERIAL 1	198
	ANEXO D. RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL MATERIAL 2	239
	ANEXO E. RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL MATERIAL 3	287
	ANEXO F. RESULTADOS AMBIENTALES	334
	ÍNDICE DE FIGURAS	378
	ÍNDICE DE TABLAS	384

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de urbanización continúa y se acelera en la mayoría de los países del mundo. Según estimaciones de las Naciones Unidas, en el año 2025 el 84 % de la población total de Latinoamérica estará concentrada en los centros urbanos (Consejo Económico y Social Naciones Unidas, 2008). Colombia en particular ha conocido un crecimiento urbano considerable desde mediados del siglo 20: la población urbana ha pasado del 59 % sobre la población total en 1973 al 74 % en 2005 (Murad Rivera, 2003; DANE, 2005).

Este desarrollo urbano ha traído como consecuencia un significativo aumento de la escorrentía superficial, además de la contaminación de cuencas hidrográficas locales (EPA, 1999), teniendo como resultado altos volúmenes de flujo y de valores extremos de caudal instantáneo, periodos prolongados con bajos niveles de agua en los ríos urbanos y un aumento de los procesos de erosión y sedimentación. A pesar de lo anterior, los principales objetivos de los sistemas de drenaje urbano continúan siendo la higiene pública y la protección contra las inundaciones. Los países desarrollados han logrado estándares adecuados en el cumplimiento de dichos objetivos y por lo tanto, el énfasis en los últimos años ha sido en el desarrollo de medidas de control de contaminación con el fin de proteger el medio ambiente y, en particular, los cuerpos acuáticos receptores como: ríos, acuíferos, humedales, etc. (NHC, 2005; Chocat *et al.*, 2007). América Latina no es ajena a esta nueva preocupación, que se hace aún más crítica por el mal uso de los recursos hídricos en la región como resultado de decisiones inadecuadas, falta de regulaciones y mecanismos de implementación, existencia de enfoques sectoriales y resistencia institucional al cambio por parte de los principales organismos públicos (Meganck R. A. & Bello E., 2002; UNESCO, s.f).

Las llamadas Técnicas Alternativas a las redes de alcantarillado han utilizado sistemas naturales de tratamiento como la decantación extensiva (Torres *et al.*, 2008), la filtración a través de los suelos o de otros medios porosos como los pavimentos y trincheras de

retención/infiltración o la descontaminación a través de plantas o microorganismos (Hatt *et al.*, 2006; Ortega Suescún, 2004; Le Coustumer & Barraud, 2007; Proton, 2008). Las técnicas alternativas intentan crear espacios que generen el máximo acercamiento posible entre el ciclo urbano y el ciclo natural (sin urbanizar) del agua (Torres A., 2001). Dado lo anterior, tradicionalmente la manera en que se han desarrollado estas técnicas ha sido con base en criterios de eficiencia en cuanto a (Altarejos García, 2007): (i) cantidad: reducción de caudales pico; (ii) calidad: favorecimiento de procesos de depuración; (iii) compatibilidad: integración de los sistemas en la trama urbana.

Este tipo de prácticas son consideradas también debido a su relación costo/eficiencia ya que estratégicamente situadas pueden limitar la velocidad de escorrentía en la cuenca, reducir significativamente el costo de la gestión, transporte, y el tratamiento de las aguas lluvias (Frías & Binney, 2009).

Una de las técnicas alternativas son las trincheras (de retención o infiltración), frecuentemente utilizadas en lugares donde el espacio es limitado, cuya implementación es recomendada en pequeñas zonas (<2 hectáreas) (EPA, 1999; BMAPC, 1997). Además se ha podido encontrar que dichas estructuras pueden controlar la hidrología natural de determinado sitio, reducir las tasas de caudal pico (por ejemplo reducción de caudal máximo de 99 % a 90 % según Raimbault & Metois en 1992) y reducir el volumen total de la escorrentía (aproximadamente 40% de reducción del volumen teórico producido por la lluvia a la salida de la trinchera según Balades *et al* (1998)), lo que contrasta con aquellas estrategias convencionales de sistemas de tuberías (BMAPC, 1997; Muñoz & Ritter, 2005; Proton, 2008; Altarejos García, 2007). Asimismo, estos dispositivos pueden ser bastante efectivos para el tratamiento de aguas lluvias, pues logran sustraer eficientemente contaminantes como Sólidos Suspendidos Totales (SST) (cerca de un 30% de remoción según Water Sensitive Urban Design in the Sidney Region en 2002), bacterias coliformes, carga orgánica, además de formas solubles de metales y nutrientes (EPA, 1999).

En Colombia, son pocos los estudios relacionados con las técnicas alternativas a las redes de alcantarillado, y claramente son menores las aplicaciones de estas tecnologías: se han realizado estudios sobre el comportamiento hidráulico y de retención de contaminantes (Niño & Lozano, 2003; Ortega Suescún, 2004) de los pavimentos porosos. Adicionalmente,

se han realizado propuestas de implementación utilizando combinaciones de estas técnicas (jardines de biorretención, zanjas y franjas filtrantes y pavimentos porosos) y más recientemente sistemas de almacenamiento temporal para disminuir riesgos de inundación y aumentar la calidad del agua (Galarza & Garzón, 2005; Navarro Pérez, 2008). En Colombia no se han realizado aún estudios para caracterizar desempeños hidráulicos ni ambientales de trincheras de retención de aguas lluvias de escorrentía urbana y por lo tanto no se poseen herramientas de diseño precisas para adoptar dicha solución. Este trabajo busca contribuir a la caracterización de las trincheras de retención para que puedan adoptarse como técnica alternativa a la infraestructura de drenaje urbano en ciudades colombianas, a partir de la evaluación del desempeño hidráulico y ambiental de un modelo de laboratorio, para lo cual, se aplicaron una serie de ensayos a dicho modelo.

En el capítulo dos de este documento, se encuentra el marco teórico, el cual constituye el fundamento de todo el trabajo, al presentar cada uno de los conceptos necesarios para la elaboración del mismo. Seguidamente, en el capítulo tres, denominado materiales y métodos, se enumeran los lugares, procedimientos, protocolos y herramientas específicas con las que se contó para recolección y análisis de las muestras así como los procedimientos experimentales en campo y en laboratorio. En el capítulo número cuatro, llamado resultados y discusión, se presentan los resultados obtenidos de la experimentación hidráulica y ambiental al igual que sus análisis; Dichos análisis se encuentran resumidos en el capítulo cinco, denominado síntesis del modelo de retención, con el cual se dan todas las herramientas necesarias para proponer un procedimiento de diseño de trincheras de retención. En el capítulo seis se muestra un ejemplo de diseño, en el cual se aplican los análisis ya descritos. Finalmente, en los capítulos siete y ocho se encuentran respectivamente las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo sobre el desempeño hidráulico y ambiental del modelo y las herramientas de diseño propuestas para su implementación en Bogotá D.C.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 PROBLEMAS DE LA ESCORRENTÍA EN ZONA URBANA

En el medio urbano, la escorrentía superficial puede ser definida como el conjunto de flujos en el suelo provenientes de la lluvia neta y que transcurren hasta la entrada del sistema de alcantarillado (Torres Abello, 2004). Además resulta relevante hablar de la relación existente entre la longitud del curso de agua de la cuenca y su área total definida como densidad de drenaje, pues usualmente el medio urbano, al ser una zona bien drenada, se diferencia de una cuenca natural al aumentar excepcionalmente dicho valor (Monsalve Sáenz, 1995). El alcantarillado ha sido el método tradicional para el manejo de aguas residuales (domésticas, industriales, comerciales e institucionales), pluviales (sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia) y combinadas (conducción simultánea de las aguas residuales y las aguas lluvias) de las zonas urbanas (López Cualla, 2007).

El crecimiento continuo de zonas urbanas trae consigo la saturación del sistema de alcantarillado, donde se incrementa la impermeabilización del suelo y se disminuyen los tiempos de concentración, asimismo la saturación genera algunos impactos (físico-químicos, biológicos) sobre los cuerpos receptores (ríos, acuíferos, humedales, etc.) que pueden darse de forma inmediata o acumulados/diferidos en el tiempo (Torres Abello, 2004).

2.2. HERRAMIENTAS HIDRÁULICAS

El uso de conceptos de la hidráulica, como lo es el comportamiento del flujo en canales abiertos, constituye para el presente trabajo de grado una herramienta fundamental a la hora de analizar el comportamiento del modelo de trinchera de retención objeto de estudio. A continuación, se explican los conceptos empleados sobre dicha temática para la realización del trabajo de grado.

2.2.1 CANALES ABIERTOS

Un canal abierto es un elemento en el cual fluye un líquido expuesto a una superficie libre, a diferencia del flujo en una tubería, donde se produce normalmente a presión. Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica. Generalmente, el problema en la solución de proyectos hidráulicos con canales se reduce al tipo, forma y dimensiones de la conducción y sus estructuras especiales, y el grado de complejidad se asocia a las características hidráulicas del movimiento del fluido que se analiza y las consecuentes ecuaciones que deben ser utilizadas para describirlo (Méndez, 2001; Hanif Chaudhry, 2008; Chow, V. T., 1994).

Para el diseño de canales abiertos, Chaudhry (2008) reporta un método de diseño característico de canales abiertos como lo es el flujo uniforme, agregando al diseño el borde libre del canal. Este borde libre se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$B_l = \sqrt{kY} \quad \text{Ecuación 2 - 1}$$

De donde B_l es el borde libre de diseño en [m], Y es la profundidad del canal en [m] y k es un coeficiente que varía de 0.8 m para caudales del orden de 0.5 m³/s hasta 1.4 m para caudales que exceden los 85 m³/s. Igualmente, la siguiente tabla indica valores recomendados para borde libre en canales abiertos. (Chaudhry, 2008).

Tabla 2- 1 Borde Libre sugerido para caudales determinados (Chaudhry, 2008).

Caudal (m ³ /s)	< 0.75	0.75 a 1.5	1.5 a 85	> 85
Borde Libre (m)	0.45	0.6	0.75	0.9

2.2.2 PERÍMETRO MOJADO Y RADIO HIDRÁULICO

El perímetro mojado P de cualquier conducto es la línea de intersección de su superficie mojada con un plano transversal a la dirección del flujo. El radio hidráulico R es el área transversal de la corriente dividida entre el perímetro mojado (Hanif Chaudhry, 2008).

En este trabajo se utilizó el perímetro mojado y el radio hidráulico con el fin de calibrar el n de Manning para la trinchera de retención.

2.2.3 FLUJO UNIFORME

Por definición, el flujo uniforme es aquel en el que la profundidad de flujo d y la velocidad media V son constantes en todo el tramo, la inclinación de la superficie de la corriente S_w , la del lecho de la corriente S_0 y la pendiente de la línea de energía S , son iguales. La razón h_f/L es la pendiente de la línea de energía S , donde h_f es la pérdida de carga que se debe a la fricción en la longitud L (Hanif Chaudhry, 2008; Chow, V. T., 1994).

La ecuación 2 - 2, denominada *ecuación de flujo uniforme*, es empleada para el cálculo de la velocidad media de un flujo uniforme turbulento en canales abiertos:

$$V = C''R^xS^y \quad \text{Ecuación 2 - 2}$$

Donde V es la velocidad media, en m/s; R_h es el radio hidráulico en metros y S es la pendiente de la línea de energía (m/m), x y y son exponentes y C'' es un factor de resistencia al flujo y varía, entre otros, según la velocidad media, el radio hidráulico, la rugosidad del canal y la viscosidad del fluido (Chow, V. T., 1994).

2.2.4 ENERGÍA EN UN CANAL ABIERTO

En canales abiertos las velocidades en distintas partes de una sección transversal no son iguales, por lo tanto la energía cinética se calcula empleando la ecuación 2 - 3:

$$\text{Energía cinética} = \frac{\alpha V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2 - 3}$$

donde V es la velocidad media en la sección transversal y α es un coeficiente que depende de la distribución de velocidades el cual está comprendido entre 1,1 y 1,2 pero teniendo en cuenta que la energía cinética en canales abiertos, se considera comúnmente como la energía que se debe a la velocidad media, entonces se supone que α es igual a uno.

Por otro lado, la energía de presión en canales abiertos se calcula por lo común en relación con el lecho del canal, dependiendo de la profundidad y la energía de elevación, de acuerdo a cualquier nivel de referencia, que es escogido, comúnmente, en el punto más bajo del

lecho de la corriente, según el problema en cuestión (Hanif Chaudhry, 2008; Chow, V. T., 1994).

Luego la energía total H en una sección considerando $\alpha=1$, estaría dada por la ecuación 2 - 4:

$$H = \frac{v^2}{2g} + d + z \quad \text{Ecuación 2 - 4}$$

Donde, v es la velocidad media en m/s, d la energía de elevación en m, y z un nivel de referencia.

2.2.5 FÓRMULA DE CHEZY

Esta ecuación, considerada fundamental para el cálculo de flujo uniforme, se deduce matemáticamente, suponiendo: A) que el prisma de presiones del líquido desciende sin cambios de forma y B) que cada unidad de área del lecho de la corriente ofrece una resistencia al flujo, proporcional al cuadrado de la velocidad. La ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$V = C\sqrt{RS} \quad \text{Ecuación 2 - 5}$$

Donde V es la velocidad media en m/s, R el radio hidráulico en m, C es el coeficiente de Chezy el cual representa la resistencia al flujo (Hanif Chaudhry, 2008; Chow, V. T., 1994).

2.2.6 FÓRMULAS PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE "C" DE CHEZY

Existen varias formas de encontrar el coeficiente de rugosidad de un canal abierto como lo son: La fórmula de Kutter, la Fórmula de Bazin y la fórmula de Manning; esta última fue la utilizada para la caracterización de la trinchera de retención.

2.2.6.1 Fórmula de Manning

En 1890, Robert Manning enunció un estudio de los datos experimentales que existían en esa fecha, los cuales arrojaron la famosa ecuación de Manning para flujo uniforme, la cual se modificó hasta llegar a su popular estado actual.

Básicamente, Manning llegó a la conclusión de que los valores de los exponentes x y y en la ecuación 2 - 2, que representaba mejor la ley de flujo en canales abiertos, eran respectivamente $2/3$ y $1/2$, además halló una correspondencia entre C de Chezy y el recíproco de la n de Kutter, finalmente formuló la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ecuación 2 - 6}$$

Donde V es la velocidad media en m/s, R_h es el radio hidráulico en m, S la pendiente de la línea de energía en m/m y n el coeficiente de aspereza, el cuál debe tener el mismo valor que n en la fórmula de Kutter (Hanif Chaudhry, 2008; Chow, V. T., 1994).

La siguiente tabla indica valores aceptables para la velocidad en canales abiertos:

Tabla 2- 2 Velocidades permisibles para canales abiertos (Chaudhry, 2008).

Material	V(m/s)
Arena fina	0.6
Arena gruesa	1.2
Tierra	
Arena Limosa	0.6
Arena Arcillosa	1.1
Arcilla	1.8
Cesped	
Arena Limosa	1.8
Arena Arcillosa	2.4
Pasto azul de Kentucky	
Arena Limosa	1.5
Arena Arcillosa	2.1
Roca sedimentaria	
Arenisca suave	2.4
Pizarra Blanda	1.1
Roca ignea o metamorfica	6.1

La mayor dificultad en la aplicación de la ecuación de Manning está en la determinación del coeficiente de rugosidad n , pues no hay un único método que sea exacto para la selección de dicho valor. Hay que tener en cuenta que el valor representa la resistencia al flujo en un canal determinado, lo que con el nivel de conocimiento actual se convierte en un asunto aproximado.

El valor de n suele ser muy variable ya que depende de cierto número de factores, como lo son la rugosidad representada por la forma y tamaño de los granos del perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo, la vegetación que puede considerarse como un tipo de rugosidad superficial que reduce la capacidad del canal e inclusive retarda el flujo, la irregularidad del canal que incluye variaciones en la forma del perímetro y área mojados, el alineamiento del canal, sedimentación y socavación que pueden modificar la forma de la sección transversal del canal y de esa manera aumentar o disminuir el valor de n , y el material de suspensión y carga de lecho, que consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del canal (Chow, V. T., 1994).

Tabla 2- 3 Factores de los que depende el n de Manning (Chow, V. T., 1994)

FACTORES DE LOS QUE DEPENDE EL n DE MANNING	CONSIDERACIONES
Rugosidad superficial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se representa por el tamaño y la forma de los granos los cuales producen un efecto retardador del flujo. ✓ Cuando el material es fino, el valor de n es bajo, cuando el material consta de gravas y cantos rodados, el valor de n por lo general es alto.
Vegetación	Reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo.
Irregularidad del canal	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incluyen irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de ésta a lo largo del canal. ✓ Introducen rugosidad adicional a la causada por la rugosidad superficial y otros factores. ✓ Cambio gradual y uniforme no produce efectos apreciables en el valor de n; Cambios abruptos requieren el uso de un valor grande de n.
Alineamiento del canal	Curvas suaves con radios grandes se asocian a valores de n relativamente bajos y viceversa.
Sedimentación y Socavación	La sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el n , mientras que la socavación conlleva a efectos contrarios y aumenta el valor de n .
Obstrucción	Dependiendo de la naturaleza del elemento, la obstrucción causada por la presencia de troncos, pilas de puentes, entre otros, puede incrementar el n .
Tamaño y forma del canal	Dependiendo de las condiciones del canal, se puede aumentar o disminuir el n , al realizarse un incremento en el radio hidráulico.
Nivel y caudal	El valor de n disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal.
Cambio estacional	Debido al crecimiento estacional de algunas plantas acuáticas, el valor de n puede aumentar en ese periodo y disminuir en la estación inactiva.
Material en suspensión y carga de lecho	Estos elementos consumirán energía y causarán una pérdida de altura, de tal forma que se incrementará la rugosidad aparente del canal.

2.2.7 *FLUJO GRADUALMENTE VARIADO*

Se dice que un flujo es variado en un canal abierto cuando la profundidad cambia de forma gradual a lo largo del canal y cumple las siguientes condiciones: el flujo es permanente; es decir, las características hidráulicas permanecen constantes para el intervalo de tiempo objeto de estudio, y la distribución hidrostática de presiones prevalece. El perfil de flujo representa la curva de la superficie de flujo y por ende, la curva longitudinal de la superficie de agua represada aguas arriba de una corriente principal. Los perfiles de flujo se clasifican teniendo en cuenta el tipo de pendiente en el cual se desarrollan. Ésta pendiente puede ser horizontal, suave, crítica, empinada ó adversa y el perfil se va a desarrollar dependiendo en la zona en la cual se encuentre (Hanif Chaudhry, 2008; Chow, V. T., 1994). La siguiente figura muestra los diferentes perfiles de flujo que se pueden desarrollar en una sección hidráulica.

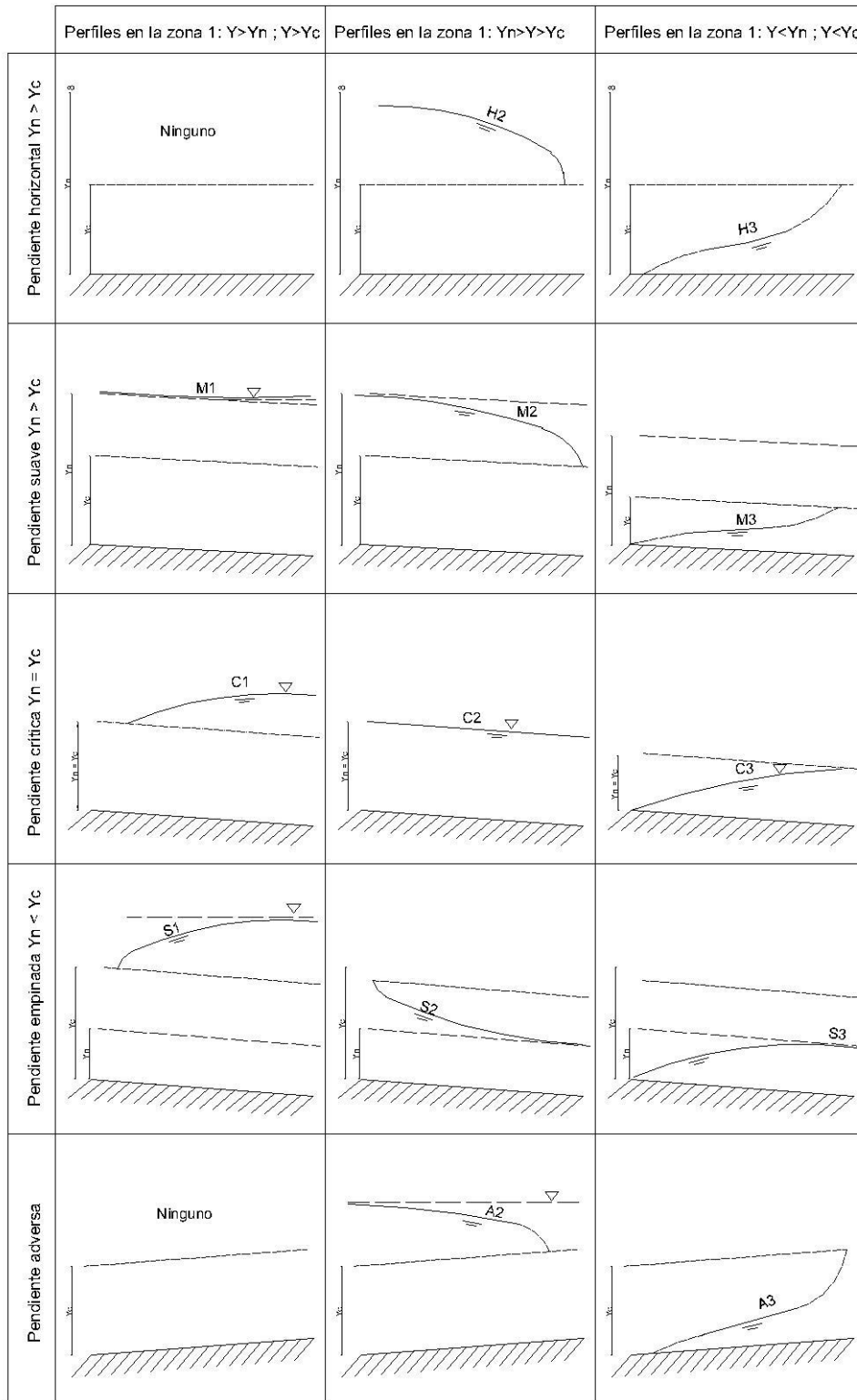


Figura 2- 1 Perfiles de flujo gradualmente variado en canales abiertos (Chow, V. T., 1994)

2.2.7.1 Método de cálculo

Para el caso en el que el flujo es gradualmente variado, se puede determinar la forma del perfil por cualquiera de los siguientes métodos: integración gráfica, integración directa, paso directo y paso estándar (Chow, V. T., 1994). En este trabajo de grado se revisará únicamente el método de paso directo, el cual fue empleado para el cálculo hidráulico.

2.2.7.1.1 Paso directo

Básicamente, el paso directo divide el canal objeto de análisis en tramos pequeños y calcula el perfil desde un extremo del canal hasta el otro. En la figura 2 - 1 se muestra un tramo corto de un canal de estudio, de donde se desprenderán las ecuaciones que se emplean en el paso directo (Chow, V. T., 1994):

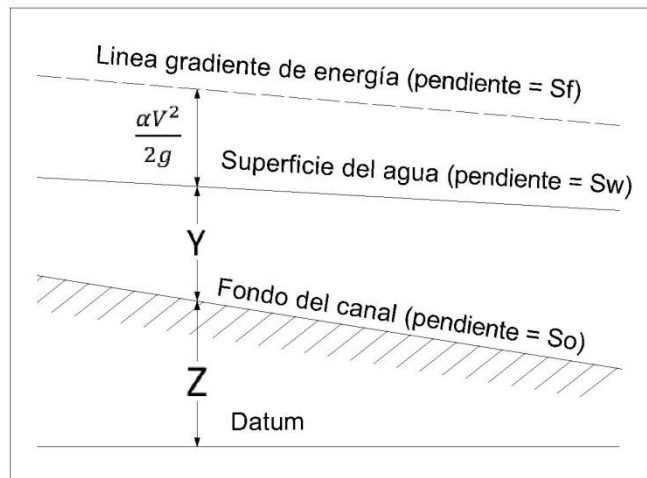


Figura 2- 2 Flujo gradualmente variado en canales abiertos (Hanif Chaudhry, 2008)

Se considera que el tramo de la figura 2 - 1 tiene una longitud Δx , por lo tanto se deducen las siguientes ecuaciones para el método del paso directo, donde y es la profundidad del flujo, V es la velocidad media, α es el coeficiente de energía, S_o es la pendiente de fondo y S_f la pendiente de fricción (Chow, V. T., 1994):

$$S_o \Delta x + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = S_f \Delta x + y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2 - 7}$$

Resolviendo para Δx , de tal forma que E es la energía específica:

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f} = \frac{\Delta E}{S_0 - S_f} \quad \text{Ecuación 2 - 8}$$

Finalmente, con $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$

$$E = y + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2 - 9}$$

2.2.8 FLUJO CRÍTICO

Para determinar si el flujo a través del canal experimenta un tipo de flujo crítico, es importante determinar factores normales de cálculo como lo son la velocidad y el área con el fin de determinar las condiciones de flujo a través de la energía y la fuerza específica.

2.2.8.1 Energía específica

En una sección de canal abierto, se puede definir la energía específica como la energía medida con respecto al fondo de éste en cualquier sección del canal, por masa de agua.

Para un canal de pendiente pequeña y $\alpha = 1$:

$$E = y + \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2 - 10}$$

Con lo que se concluye que la energía específica es igual a la suma de la lámina de agua más la carga de velocidad (Chow, V. T., 1994).

2.2.8.2 Fuerza específica

Teniendo en cuenta un tramo de canal con forma prismática y de longitud reducida, se define el principio de cantidad de movimiento de tal forma que pueden ignorarse los efectos de las fuerzas externas de fricción (F_f) y el peso del agua (Θ), luego se tiene que $\Theta = 0$ y $F_f = 0$ y suponiendo también que $\beta_1 = \beta_2 = 1$, de donde β es el coeficiente de Boussinesq, la ecuación se convierte en la ecuación de cantidad de movimiento, y gracias a su analogía puede expresarse para cualquier sección del canal, mediante la siguiente ecuación general:

$$F = \frac{Q^2}{gA} + zA \quad \text{Ecuación 2 - 11}$$

Donde z es la distancia del centroide del área mojada; Q el caudal; A el área mojada y F la fuerza específica (Chow, V. T., 1994).

2.2.8.3 Flujo crítico

$$F_R = \frac{\bar{V}}{\sqrt{gD_h}} \quad \text{Ecuación 2 - 12}$$

La ecuación 2 - 12 es conocida como la ecuación del número Froude, la cual determina el estado del flujo en canales abiertos de la siguiente manera (Chow, V. T., 1994):

Si $F_R < 1 \Rightarrow$ Flujo subcrítico

Si $F_R = 1 \Rightarrow$ Flujo crítico

Si $F_R > 1 \Rightarrow$ Flujo supercrítico

Cuando el número de Froude es igual a la unidad el tipo de flujo es crítico y cumple con las siguientes condiciones:

- ❖ La energía específica es mínima para un caudal determinado.
- ❖ El caudal es máximo para una determinada energía específica.
- ❖ La fuerza específica es mínima para un caudal determinado.
- ❖ La altura de velocidad es igual a la mitad de la profundidad hidráulica en un canal de baja pendiente.
- ❖ El número de Froude es igual a la unidad (Ver ecuación 2 - 12).
- ❖ La velocidad de flujo en un canal de baja pendiente con distribución uniforme de velocidades es igual a la celeridad de pequeñas ondas gravitacionales en aguas poco profundas causadas por perturbaciones locales.

2.3 HERRAMIENTAS DE HIDROLOGÍA

En este subcapítulo se presentan los conceptos de hidrología empleados para el análisis del comportamiento hidráulico del modelo de laboratorio, lo anterior debido a que la trinchera de retención es considerada un complemento del sistema de drenaje urbano, y para su caracterización es necesario emplear herramientas hidrológicas.

2.3.1 HIDROGRAMA

Un hidrograma de caudal es aquella gráfica que representa la variación del caudal en relación con el tiempo (Monsalve Sáenz, 1995).

2.3.2 MÉTODO RACIONAL

En la hidrología, se conoce la ecuación 2 - 13 como la fórmula racional, la cual es ampliamente empleada para el cálculo del caudal de escorrentía generado por un evento lluvioso de características particulares:

$$Q_E = 0,278 CiA \quad \text{Ecuación 2 - 13}$$

Donde:

Q_E : Caudal de escorrentía directa, en m^3/s ; C : Coeficiente de escorrentía; i : Intensidad de lluvia, en mm/h ; A : Área de drenaje, en km^2 .

La fórmula racional arroja los valores de caudal Q_E pico, a causa de una intensidad de lluvia en un área de drenaje determinada. Dicho caudal, es producido por esa precipitación dada en un rango de tiempo conocido como tiempo de concentración, que es requerido para el recorrido de la escorrentía superficial desde la parte más lejana de la cuenca hasta el punto en cuestión.

Una forma común para la determinación de la intensidad i de lluvia en mm/h , es el uso de curvas de intensidad duración frecuencia (IDF), con las cuales se logran establecer las frecuencias f de los eventos lluviosos observados, a partir de su intervalo de observación d y su intensidad media i .

En el método de las curvas IDF, la frecuencia f se relaciona con el periodo de retorno P , que es un intervalo de tiempo medio, el cual separa dos eventos lluviosos, cuya intensidad media sobrepasa un límite determinado de agua (Monsalve, 1995; Torres Abello, 2004).

El periodo de retorno es considerado como el número de años que en promedio la magnitud de un evento extremo es igualado ó excedido (RAS, 2000). Se considera de 3 años para este trabajo, para efectos de probabilidad de ocurrencia en lluvias de intensidad baja. De acuerdo a lo anterior, existen relaciones clásicas que ligan la intensidad, duración y frecuencia de un evento lluvioso: para este trabajo de grado se adopta la fórmula de Montana la cual es aceptada para duraciones mayores a 5 minutos y los coeficientes de la fórmula se pueden determinar para la zona de estudio. Para este trabajo se escogió como zona de estudio la zona 1 del mapa de zonificación pluviográfica propuesto de Bogotá. Zona dentro de la cual se encuentra la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá (Torres Abello, 2004).

De acuerdo a la zona 1, los coeficientes de Montana para un periodo de retorno de 3 años son los siguientes:

$$C_1 = 2304,4$$

$$X_0 = 24,8$$

$$C_2 = -0,94$$

En donde la intensidad de precipitación en [mm/h] y el tiempo de concentración en [minutos] están relacionados de la siguiente manera:

$$I = C_1 * (X_0 + T_c)^{C_2} \quad \text{Ecuación 2 - 14}$$

2.3.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (T_c)

Se define como el tiempo que demora en recorrer toda el agua lluvia de escorrentía de la cuenca hasta el punto de entrada al colector, teniendo en cuenta que este depende principalmente del tiempo de entrada (T_e) y el tiempo de recorrido (T_r) asociado a la longitud de la trinchera. Existen varias fórmulas para determinar el tiempo de entrada al

colector, pero para efectos de caracterización del modelo de trinchera de retención, se escogió la ecuación de la FAA de los Estados Unidos (RAS, 2000) ya que se utiliza frecuentemente para la escorrentía superficial en áreas urbanas.

$$T_e = \frac{0.707*(1.1-C)*L^{1/2}}{S^{1/3}} \quad \text{Ecuación 2 - 15}$$

Donde el tiempo de entrada está dado en [minutos], C es el coeficiente de escorrentía, L es la longitud de recorrido superficial en [m] y S es la pendiente del terreno en [m/m].

El tiempo de recorrido del agua lluvia de escorrentía se calcula como:

$$T_r = \frac{L_c}{60V} \quad \text{Ecuación 2 - 16}$$

Donde T_r es el tiempo de recorrido en el colector expresado en [minutos], L_c es la longitud del colector en [m] y V es la velocidad real del flujo en el colector en [m/s].

Finalmente, el tiempo de concentración va a ser la sumatoria del tiempo de entrada al colector y el tiempo de recorrido del colector (RAS, 2000).

2.3.4 PARÁMETRO K (LAG TIME)

El parámetro K es una representación matemática de la diferencia temporal entre los baricentros de los hidrogramas de entrada y de salida (Torres Abello, 2004).

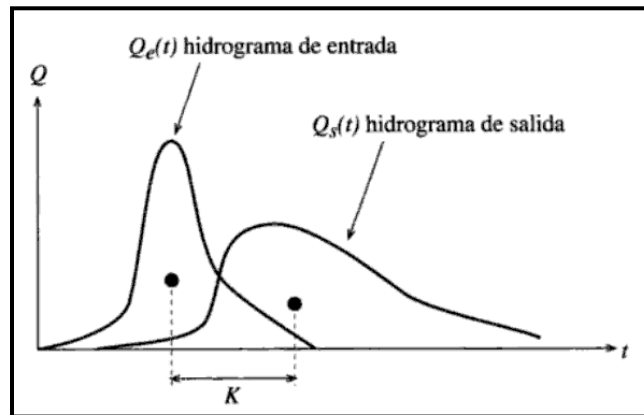


Figura 2- 3 Parámetro K (Torres Abello, 2004)

Este parámetro es importante para este trabajo de grado ya que determina el tiempo de retardo que existe entre el hidrograma de entrada y el hidrograma de salida de un evento lluvioso.

2.4 HERRAMIENTAS AMBIENTALES

Para el análisis de la eficiencia de dilación de contaminantes del modelo de trinchera de retención, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos sobre la contaminación de aguas de escorrentía, lo anterior debido a que su estudio es importante para determinar la disminución de cargas contaminantes con respecto al material empleado y así diseñar la trinchera de retención como una alternativa de control de la escorrentía superficial y los impactos que esta genera. Las concentraciones contaminantes provenientes de aceites, combustibles, polvo, arena y sal en las vías son generalmente superiores a las que ocurren en las áreas comerciales y residenciales, ya que son cargas que están directamente relacionadas con el tráfico (Zafra Mejía *et al*, 2007).

2.4.1 SÓLIDOS EN EL AGUA

Los sólidos en el agua lluvia de escorrentía están asociados a los rangos de tamaño de las partículas provenientes de los usos del pavimento, vehículos, atmósfera y mantenimiento de las vías (Zafra Mejía *et al*, 2007). Estos generan impactos negativos en el medio ambiente ya que pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango, generando problemas estéticos, olores desagradables y adsorción de metales (CEPIS, 1997).

Los sólidos totales son aquellas partículas que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a cierta temperatura. Dichos sólidos incluyen sólidos suspendidos y disueltos, los primeros son aquellos que quedan retenidos al hacer pasar la muestra por un filtro, mientras que los segundos son los que lo atraviesan. Los principales factores que determinan la separación de los sólidos suspendidos y los disueltos son (APHA *et al*, 1989):

- ❖ El tipo de soporte del filtro.
- ❖ El tamaño de los poros del filtro.
- ❖ El área del filtro

- ❖ El espesor del filtro
- ❖ La naturaleza física y el tamaño de las partículas
- ❖ La cantidad de material depositado en el filtro

Dentro de la determinación de sólidos en el agua, existen algunas fuentes de error, que imposibilitan la total exactitud y/o precisión del ensayo de laboratorio:

- ❖ La temperatura es importante en el cálculo de los sólidos en el agua, debido a que la volatilización de materia orgánica puede generar pérdidas de peso, así como ocurre con los gases generados a partir de la descomposición inducida por el calor, y las ganancias asociadas a la temperatura y tiempo de calentamiento.
- ❖ Pérdidas de CO₂, como resultado de la conversión del bicarbonato en carbonato.
- ❖ Debido a la dificultad del secado a peso constante en un tiempo razonable, generalmente se considera que los resultados para residuos ricos en aceite y grasa pueden ser cuestionables.

2.4.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Puede verse como una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica e inorgánica, lo anterior teniendo en cuenta que la muestra puede sufrir procesos de oxidación causados por un oxidante químico fuerte. Cuando se trata de una misma muestra o de una fuente específica, la demanda química de oxígeno puede relacionarse empíricamente con la demanda bioquímica de oxígeno, el carbono orgánico, o la materia orgánica (APHA *et al*, 1989). Este parámetro es importante que si se descargan la materia orgánica sin que sea tratada su estabilización biológica al cuerpo receptor estos pueden agotar los recursos naturales de oxígeno y el desarrollo de condiciones sépticas (Cepis, 1997; Ramos Olmos *et al*, 2002).

2.4.3 POTENCIAL DE HIDRÓGENO

Es un término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez o basicidad de la disolución. Se considera de gran importancia la determinación del potencial de hidrógeno pH para el área biológica y química, ya que mediante ésta se puede llegar a conocer la concentración de una solución, por medio de una medición, determinando si la sustancia que se compara con la medida patrón ha sufrido alteración alguna y en medida del aumento o descenso del pH se puede establecer los motivos de tal anomalía (IPN, 2010). Las variaciones de pH afectan considerablemente la vida acuática de las corrientes receptoras (CEPIS, 1997).

2.4.4 METALES EN EL AGUA

El agua de escorrentía se puede ver afectada por una gran variedad de contaminantes, dentro de los que se destacan los metales pesados como el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el plomo (Pb), el zinc (Zn) y el níquel (Ni), los cuales son potencialmente peligrosos y su origen generalmente se da desde el agua lluvia (Boller, 1997; Torres Abello, 2004), principalmente por la presencia de partículas de polvo de procesos de combustión, industrias de hierro o acero, industrias de metales no ferrosos, plantas de incineración, industrias cementeras o vidrieras y tráfico vehicular (Göbel *et al.*, 2007).

Dentro de la problemática relacionada con la contaminación del recurso hídrico con los metales mencionados anteriormente se encuentran a continuación las diferentes formas por medio de las cuales estos metales hacen presencia en el agua lluvia de escorrentía:

- ❖ Cadmio: En algunos casos de intoxicación con alimentos, se ha establecido una estrecha relación con la presencia de este elemento, además se cree que muy pequeñas cantidades de Cadmio, podrían ser la causa de alteraciones adversas en las arterias renales. Generalmente la forma de contaminación del recurso hídrico se da por vertidos industriales o deterioro de tuberías galvanizadas. Dicho metal se presenta en el agua debido a residuos de procesos industriales, desgaste de neumáticos y residuos de combustión (Torres Abello, 2004; APHA *et al.*, 1989).

- ❖ Cobre: Algunos accesorios de las tuberías de conducción contienen cobre, la corrosión de esos elementos puede introducir cantidades medibles de cobre en el agua, bajo forma particular estable. (APHA, 1989; Torres Abello, 2004).
- ❖ Plomo: Se caracteriza por ser bastante tóxico y acumularse en el organismo, en el agua su presencia se debe a orígenes industriales y mineros, y en vías debido al escape de los vehículos, pinturas y aceites lubricantes (APHA, 1989; Zafra Mejía *et al*, 2007).
- ❖ Zinc: Aunque es un elemento esencial para el buen funcionamiento del cerebro del ser humano, en exceso es tóxico y la ingestión de éste o componentes que lo contengan puede dar como resultado una variedad de efectos negativos en el organismo. En el agua de escorrentía, la contaminación por zinc puede ser generada, entre otros, por desgaste de neumáticos, aceites de automóviles, incineración de basuras domésticas, corrosión de los metales (tejados y canaletas) (APHA *et al*, 1989; Torres Abello, 2004; ATSDR, 2005).

Los contaminantes anteriormente mencionados tienen gran importancia en la evaluación del desempeño ambiental del modelo de trinchera de retención, ya que son contaminantes que generan impactos en la calidad del agua.

2.5 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

Al realizarse muestreos en campo de agua de escorrentía, se hace necesario plantear un análisis estadístico, con el que se pueda determinar de forma objetiva el nivel de confianza de los datos obtenidos. A continuación se presentan los conceptos fundamentales que se emplearon para dicho análisis.

2.5.1 INCERTIDUMBRE EXPERIMENTAL

Al realizarse el análisis de una serie de mediciones, se puede evaluar la incertidumbre asociada al muestreo, teniendo en cuenta el tipo de medición del que se trata.

A la lectura de una medición directa sobre una magnitud la cual no es posible repetir, o si al hacer una serie de lecturas se obtienen los mismos resultados para la magnitud, se le asocia generalmente una incertidumbre absoluta, correspondiente a la mitad de la división más pequeña de la escala del instrumento.

Con la incertidumbre absoluta (σ_x), se pueden representar los límites de confianza dentro de los cuales se está seguro generalmente tomado como 95% ó 99% de que el valor verdadero de la medición se encuentra en dicho intervalo (Gutiérrez, 2006).

Frecuentemente, al realizar una serie de mediciones y si como resultado se estima que existe una diferencia significativa entre uno o más de los resultados con respecto a los restantes, en teoría, no debe rechazarse ningún resultado, pues al hacerlo se pueden infundir dudas sobre la validez de todos los resultados o sobre la presencia de una auténtica variante en la distribución.

Existen metodologías para evaluar los posibles errores asociados a la incertidumbre experimental, uno de ellos indica que si se ordena de modo creciente un conjunto de datos X_1, \dots, X_s y se calculan el promedio y la desviación estándar es posible examinar los valores extremos, superior e inferior indicativos de posible error, llevando a cabo los siguientes cálculos:

Se calcula en primer lugar de la variable estadística T , para un valor superior:

$$T = \frac{(X_s - \bar{X})}{s} \quad \text{Ecuación 2 - 17}$$

Para un valor inferior la ecuación anterior tomaría la forma:

$$T = \frac{(\bar{X} - X_i)}{s} \quad \text{Ecuación 2 - 18}$$

Una vez calculado el valor de T , se procede a compararlo con el valor crítico para niveles de significancia de 5% y un número de mediciones por triplicado. Si el T calculado es mayor que 1,15 para el número de medidas n , entonces, X_s ó X_i es un valor extremo a ese nivel de significancia.

En este trabajo de grado, la incertidumbre experimental estuvo asociada a la calibración de los instrumentos, la toma de datos, las variaciones ambientales, la repetición de lecturas idénticas y altamente diferidas y la incertidumbre del blanco de laboratorio.

2.5.2 *T-TEST*

Con la prueba T se realizan comparaciones entre dos grupos de población de datos, siempre que se cumplan los supuestos de normalidad de distribución de dicha población y que la muestra haya sido obtenida aleatoriamente (Manzano Arrondo, 1995).

Los pasos para realizar la prueba T son los siguientes (Ángel Gutiérrez, 2007):

1. Identificar la variable aleatoria con distribución t, según la variable definida como el cociente entre una variable normal estándar y la raíz cuadrada de una variable j_i^2 .
2. Identificar el número de grados de libertad n .
3. Definir la variable aleatoria T .
4. Escribir las probabilidades requeridas en términos de la distribución acumulativa.

2.6 TRINCHERAS DE RETENCIÓN

Como alternativa de solución a los problemas relacionados con la saturación del sistema de alcantarillado generado por los grandes volúmenes de escorrentía, se plantea el estudio de las trincheras de retención con las cuales se busca maximizar la capacidad de almacenamiento y recarga del sistema de alcantarillado tradicional (Altarejos García, 2007) y minimizar los impactos propios de la infraestructura y la actividad antrópica en la calidad del agua (Galarza & Garzón, 2005). Este tipo de técnicas son consideradas debido a su relación costo/eficiencia ya que estratégicamente situadas pueden limitar la velocidad de escorrentía en la cuenca, reducir significativamente el costo de la gestión, transporte y el tratamiento de las aguas lluvias (Frías & Binney, 2009) ya que logran quitar gran parte de sólidos suspendidos, y la presencia de contaminantes como cargas orgánicas, metales, nutrientes y bacterias (EPA, 1999).

En 1997, Boston Metropolitan Area Planning Council (BMAPC) publicó un documento institucional en el que se concluyó que las trincheras de retención logran la reducción de tasas de caudal pico, el cual está definido como la capacidad máxima que hay que contemplar en el diseño de una estructura para transportar escorrentía (Muñoz & Ritter, 2005) y reducir el volumen total de la escorrentía (BMAPC, 1997). El funcionamiento hidráulico de las trincheras de retención/infiltración depende de tres componentes que son: El agua lluvia de escorrentía, el almacenamiento temporal de éstas y el límite de velocidad del medio receptor (Proton, 2008).

Este sistema alternativo de drenaje urbano consiste en una zanja cubierta de geotextil y llena de grava gruesa la cual está debajo de una capa de 300mm de arena o arcilla. Las aguas lluvias se transmiten a la zanja a través de una tubería de entrada después de pasar por una trampa de sedimentos. La tubería de distribución perforada permite a las aguas lluvias filtrarse a través de la grava. La trampa de sedimentos impide la obstrucción de la trinchera con sedimentos, hojas y otros restos mientras que el geotextil limpia el agua lluvia que se filtra desde la trinchera a la tierra circundante (WSUD, 2002). Son utilizadas en lugares de espacio limitado (EPA, 1999), es decir, zonas menores a 2 hectáreas (BMAPC, 1997). La profundidad de estas trincheras encuentra entre 1 m y 2 m, además de ser utilizadas para pendientes menores de 2% (SUDS, 2007).

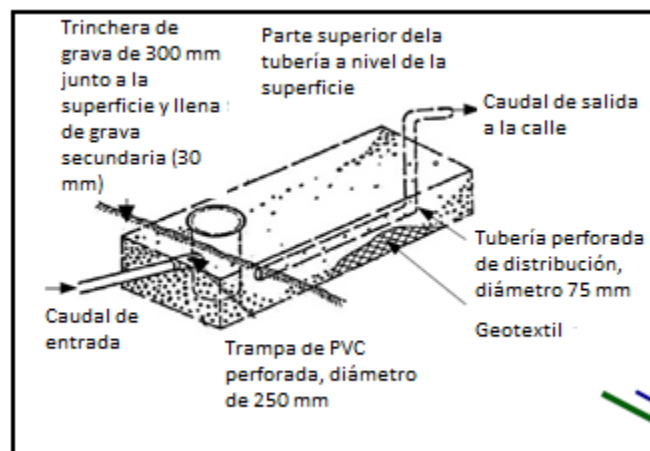


Figura 2 - 1 Diseño para una trinchera de retención (WSUD, 2002).

En cuanto al desempeño ambiental de la trinchera, Ben Urbonas en 1993 determinó, de acuerdo con un estudio realizado en los Estados Unidos de América sobre las BMPs (Best Management Practices – Mejores prácticas de manejo), rangos de remoción de contaminantes para este tipo de prácticas, y específicamente para estructuras de retención obtuvo los siguientes datos de remoción de contaminantes: SST remoción de 50% a 70%, fósforo (P) de 10%-20%, nitrógeno (N) de 10%-20%, zinc (Zn) de 30% a 60%, plomo (Pb) de 75% a 90% y bacterias de 50%-90%.

Un estudio en el que se examinaron dos tipos de estanques de retención de aguas lluvias, donde se concluyó que en ambos sistemas había remoción de fósforo y que el aumento de las concentraciones de Fe y una cantidad relativamente mayor de las formas más cristalinas de Fe en los suelos de las trincheras sugirió aumento en la retención de sedimentos y nutrientes (Hogan & Walbridge, 2007).

Existen otras investigaciones como la de Raimbault & Metois (1992), quienes observaron una reducción entre el 90% y 99% de los caudales máximos al emplearse una estructura similar de retención en una carretera. De igual forma, Balades *et al* en 1998 demostró una reducción del 40% del volumen teórico producido por la lluvia, al emplear como experimento un modelo de trinchera de retención.

Por otro lado, debido a la capacidad limitada de la cuenca del río Turia en España surgió la posibilidad de adoptar una estrategia alternativa al sistema tradicional de control, por lo que se realizó un depósito de detención en la zona central de un parque, como complemento a una serie de dispositivos similares (zanja filtrante, aliviadero, colector al río Turia, pozos filtrantes y mejora de las condiciones de desagüe), lo que trajo como consecuencia la reducción del caudal desbordado y del tiempo de duración del desbordamiento: El caudal pico desbordado se reduce de $97 \text{ m}^3/\text{s}$ a $78 \text{ m}^3/\text{s}$ (disminución de un 20%). El tiempo de desbordamiento se reduce significativamente, pasando de 3 horas y media a poco más de 1 hora (disminución de un 70%), además se encontró que la capacidad de desagüe se incrementa debido a adecuadas acciones de limpieza del terreno pues mejoran las condiciones de aproximación y entrada del flujo, pasando de $18 \text{ m}^3/\text{s}$ a $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Desde el punto de vista de la impermeabilización de avenidas, este tipo de obras demuestran ser

eficaces, ya que para un evento lluvioso representativo el nivel máximo del agua quedó unos 40 cm por debajo de la cota de carriles de la vía anexa (Altarejos García, 2007).

Por último, el estudio más locuaz con respecto a la temática ha sido el realizado por Proton en 2008 quien concluye que las trincheras de retención han limitado caudales y volúmenes de escorrentía. En dicho estudio, se emplearon trincheras trapezoidales, con agregados 20/80, cuyas pendientes iban desde de 0.01 m/m hasta 0.04 m/m. Se escogió ese límite inferior debido a las condiciones de realización de las trincheras ya que es difícil garantizar una pendiente constante inferior debido al tipo de material. El valor máximo (0.04 m/m) es impuesto por configuración de otras trincheras utilizadas. Se identificaron 3 tipos de alimentación al sistema comúnmente utilizado en las trincheras de retención: a) tubería aguas arriba, b) alimentación por Bracher o desde la red de carreteras, c) por escorrentía directa.

Las variables con las que se calibró el modelo fueron la velocidad y la altura del agua, mientras que se supuso que la pendiente, el número y disposición de desagües no afectan el comportamiento hidráulico de la trinchera, el cual consistió básicamente en controlar 2 ecuaciones: continuidad y almacenamiento luego de hacer el balance de volúmenes de almacenamiento, que depende de los parámetros geométricos de la trinchera: El nivel del agua (h), ancho de la trinchera (b), pendiente (T), porosidad del material (e), longitud de del segmento (dx) y pendiente del segmento (i).

Proton empleó la fórmula de Manning para dicha modelación, buscando un coeficiente de rugosidad n de Manning comprendido entre 1.5 y 3.5, y encontró como valor de calibración un n de 2.7, un K de 0.0055 y considerando un régimen permanente en la trinchera de retención. El material utilizado se caracteriza por su relación de vacíos y su resistencia mecánica, y los criterios de selección para construir las trincheras son las gravas lavadas de tamaño 20/80 debido al costo, la facilidad de implementación y la buena resistencia mecánica que tienen (Proton, 2008).

De acuerdo a la ecuación de Busolin *et al* (1995), el modelo de trinchera de retención estaría determinado por la suma de los caudales Q_g (caudal a través de las gravas) y Q_d (caudal debido a la tubería), generando la totalidad del caudal que pasa por el dispositivo

Q_t . Para el caso de estudio de la presente investigación, al no considerarse un modelo con dren, se puede descartar de la fórmula de Q_t el uso de Q_d , con lo que se tendría:

$$Q_g = V_g A_g \quad \text{Ecuación 2 - 19}$$

Donde V_g es la velocidad del agua en la trinchera, A_g es la sección transversal de la trinchera y Q_g es el caudal a través de la zona de grava.

Según la experimentación de Busolin *et al* (1995), la ecuación 2 - 18 se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_g = f \sqrt{\frac{2g\Delta H}{L}} \left[S_t - \frac{\pi\phi^2}{4} \right] \quad \text{Ecuación 2 - 20}$$

Donde Q_g es el caudal a través de la zona de grava, f es el factor de rugosidad (fricción) de la grava, Busolin *et al* (1995) lo considera constante $\cong 0,027$, g es la aceleración de la gravedad, ΔH es delta de cabeza de energía, L es la longitud del tramo en el que se evalúa ΔH , S_t es el área total de la sección transversal de la trinchera (es función de la altura de la lámina de agua) y Φ es el diámetro de la grava.

Asimismo, la ecuación 2 - 20, puede ser traducida de la siguiente manera, con el fin de averiguar las características más relevantes en la modelación:

$$Q_g = f \sqrt{\frac{2g\Delta H}{L}} \left[S_t - N_p \frac{\pi D_p^2}{4} \right] \quad \text{Ecuación 2 - 21}$$

Donde D_p es el diámetro promedio de la grava y N_p es el número de piedras (puede ser visto como una función de la altura de la capa de grava)

Proton (2008) pudo concluir que el comportamiento hidráulico se ve afectado directamente por el tipo de grava (diámetro y cantidad de ésta) y también por las características geométricas de la trinchera (sección transversal y longitud), mas no se ve alterado por la

pendiente que tenga el dispositivo. Estudió las zanjas de retención con el fin de determinar mecanismos de potencia hidráulica y el tipo de descarga del flujo.

Los resultados de las simulaciones hidráulicas demostraron que el modelo de retención representó de manera satisfactoria las variables hidráulicas que actuaron en las trincheras de retención. Estos resultados validan la conveniencia de utilizar la fórmula de Manning como ecuación de almacenamiento obteniendo un parámetro de calibración del coeficiente de rugosidad n igual a 2.7 para el material estudiado.

A diferencia de este trabajo de grado, Proton (2008) determinó volúmenes de escorrentía por eventos en condiciones totalmente reales. Las siguientes figuras muestran la capacidad del modelo de retención que Proton (2008) utilizó y los perfiles generados en diferentes tiempos para eventos reales.

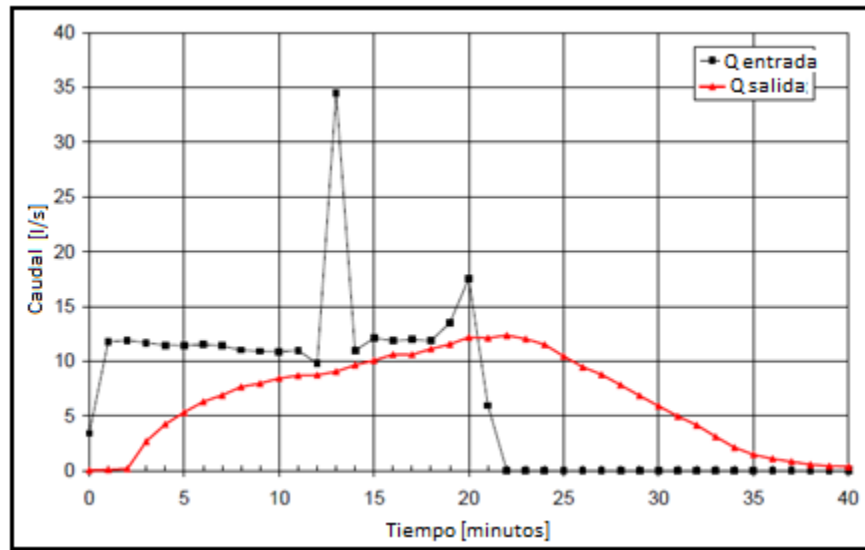


Figura 2 - 2 Hidrogramas de entrada y de salida de una trinchera de retención (Proton, 2008).

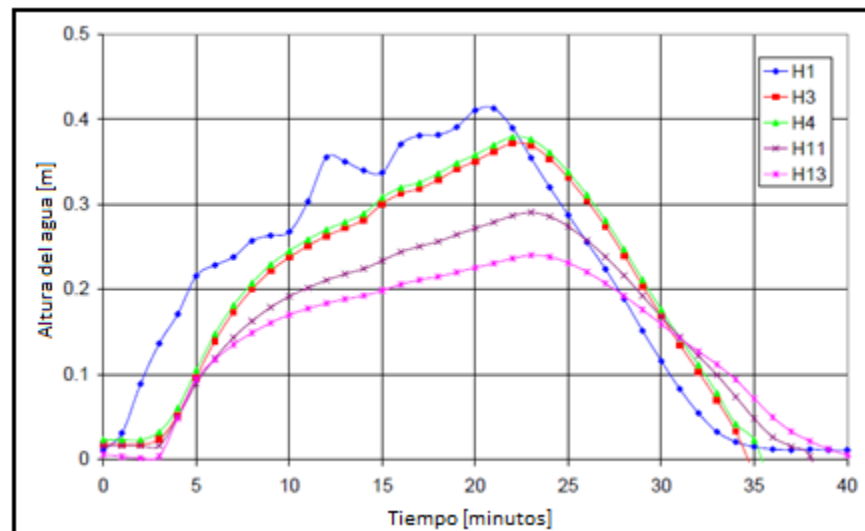


Figura 2 - 3 Hidrogramas de entrada y de salida de una trinchera de retención (Proton, 2008). En donde *H1*, *H3*, *H4*, *H11* y *H13* son secciones a lo largo de la trinchera de retención.

Como se observa, el hidrograma de entrada tuvo caudales máximos del orden de 35 l/s, mientras que el hidrograma de salida tuvo un comportamiento corrido en el tiempo con caudales de 10 l/s a 12 l/s, lo cual según Proton (2008) refleja que la trinchera absorbió la diferencia entre los hidrogramas de entrada y de salida.

Con las curvas de alturas del agua en el tiempo, Proton (2008) demostró que el gradiente a lo largo de la trinchera fue decreciente, ya que en el punto H1 que fue el de entrada el gradiente fue mayor que el punto H13 correspondiente al final de la trinchera. La mínima diferencia entre una sección y otra que Proton (2008) utilizó fue de 2 metros y por eso en esas secciones los gradientes fueron similares.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describen los lugares, materiales y procedimientos que se utilizaron para el muestreo y análisis del agua lluvia recolectada, con el fin de determinar el comportamiento hidráulico y ambiental del modelo de trinchera de retención.

3.1 SITIO EXPERIMENTAL EN CAMPO

La recolección de muestras de agua se realizó en tres (3) puntos de la carrera séptima de Bogotá, entre las calles treinta y nueve (39) y cuarenta y cinco (45).

Se escogió el sector por su cercanía al Laboratorio de Pruebas y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, donde se realizaron las pruebas hidráulicas y de calidad al agua recolectada. Otro de los motivos de la escogencia del sitio fue que la carrera séptima presenta un alto flujo vehicular y por ende es posible que el agua de escorrentía sobre la vía presente altas cargas contaminantes, como se estudió en el capítulo dos (2) Marco Teórico.



Figura 3 - 1 Fotografía tomada el 4 de mayo de 2010 en la zona de muestreo; se aprecian las dos calzadas de la carrera séptima. La fotografía fue tomada desde la esquina norte – oriental de la calle treinta y nueve.

Se instalaron dispositivos de recolección con los cuales se almacenó el agua en las calles treinta y nueve (39), cuarenta (40) y cuarenta y tres (43), al occidente de la carrera séptima, y de esa forma conseguir la cantidad suficiente de muestra para el modelo en cada evento lluvioso. La siguiente figura muestra los puntos en donde se instalaron los dispositivos de recolección.



Figura 3 - 2 Localización de los puntos de muestreo (Google maps, 2010)

Cada uno de los puntos de muestreo mencionados, se encontraba asociado a un sumidero por el que normalmente escurre el agua de escorrentía de la vía en estudio. En cada punto se hacía la recolección de aproximadamente 25 litros, los cuales se mezclaban en un tanque plástico, con capacidad de 63 litros (ver

recipiente utilizado, figura 3 - 3), lo que garantizaba que la muestra fuera representativa del tramo estudiado. Finalmente, la totalidad de la muestra se transportaba al sitio experimental en laboratorio.



Figura 3 - 3 Tanque plástico de 63 litros, para recolección de muestras. Fotografía tomada el 4 de Mayo de 2010 en la zona de muestreo. La fotografía fue tomada desde la esquina norte - oriental de la calle treinta y nueve.

3.2. MODELO DE TRINCHERA

Para el cálculo de la longitud de la trinchera que se utilizó en este trabajo, se emplearon los valores obtenidos por Proton (2008) y plasmados en la figura 3 - 4 tomada de su tesis doctoral, los cuales representan un buen punto de partida para la presente investigación.

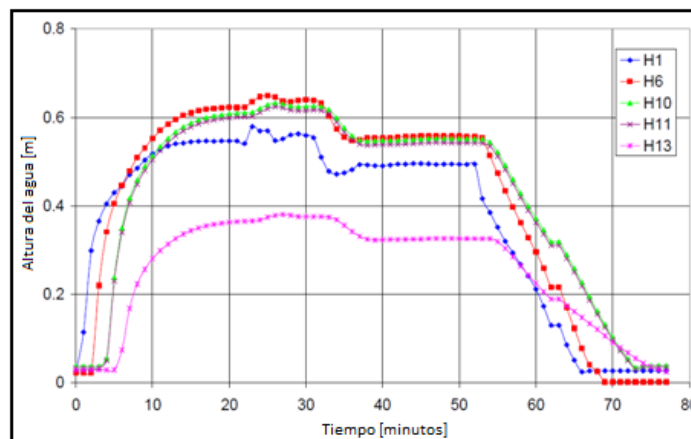


Figura 3 - 4 Figura 3.34 Proton (2008). En donde *H1*, *H6*, *H10*, *H11* y *H13* son secciones a lo largo de la trinchera de retención.

En la figura 3 - 4 se observan las evoluciones temporales de las alturas de la lámina de agua medidas en varias secciones de la trinchera de retención de Proton (2008), durante un evento lluvioso.

Con el fin de generar pérdidas de aproximadamente 1 cm para que puedan ser medidas y los resultados sean significativos, se realiza un cálculo a partir de las pérdidas de cabeza de energía entre las denominadas secciones H_{I3} y H_I (Proton, 2008). Dichas secciones se encuentran separadas 27 m.

Las alturas de flujo no varían entre los 40 y 50 minutos, por lo tanto se consideró como una situación estable de flujo. En el instante $t = 50$ minutos, se observó una altura de lámina de agua igual a 0,5 m en H_{I3} y 0,32 m en H_I . Por lo tanto, la diferencia de alturas de la lámina de agua entre los puntos de medición más alejados es igual a 18 cm y por consiguiente la pendiente de la lámina de agua es igual a $0.18/27 = 0.0067$ m/m.

Por lo tanto se podría estimar que para conseguir un $\Delta H = 0.01$ m, se requiere de una longitud de trinchera igual a:

$$\Rightarrow L = \frac{0,01m}{0,0067} = 1,5m$$

Luego se adoptó una longitud (L) de 1,9 m (superior a 1,5 m para observar un ΔH mayor a 0.01 m y porque coincidía con un tamaño comercial para facilidad de construcción del modelo) para el modelo de trinchera y una sección rectangular con el mismo ancho de base menor de sección de la trinchera de retención de Proton (2008), dimensiones: ancho (A): 80 cm y alto (h): 80 cm proporcional al alto de la trinchera de Proton (2008).

El material en el que se fabricó fue acrílico transparente, para observar mejor el experimento y lámina de acero recubierta con plástico para evitar el desprendimiento de partículas metálicas o de otra índole que pudieran afectar los resultados de calidad del agua.

El material en el que se fabricó fue acrílico transparente, para observar mejor el experimento y lámina de acero recubierta con plástico para evitar el desprendimiento de partículas metálicas o de otra índole que pudieran afectar los resultados de calidad del agua, igualmente, dentro de la trinchera se instalaron seis guayas de acero galvanizado (acero con

un recubrimiento de zinc) para el mejoramiento de las características de resistencia del modelo.

El acero corresponde principalmente a aleaciones ferreas, las cuales son aleaciones de Hierro y Carbono al (2 %) y en proporción baja < 5 % de Niquel (Ni), Cobalto (Co), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Wolfranio (W), Vanadio (V), Solicio (Si), Niobio (Nb), Cobre (Cu), Plomo (Pb), Fosforo (P) y Azufre (S), entre otros (Rodriguez Montes *et al*, 2006).

Para determinar la estabilidad estructural del modelo se realizó un análisis de tipo estructural, el cual contó con la supervisión y colaboración del ingeniero Federico Núñez. El perfil típico de trabajo para dicho análisis se muestra en la figura 3 - 5:

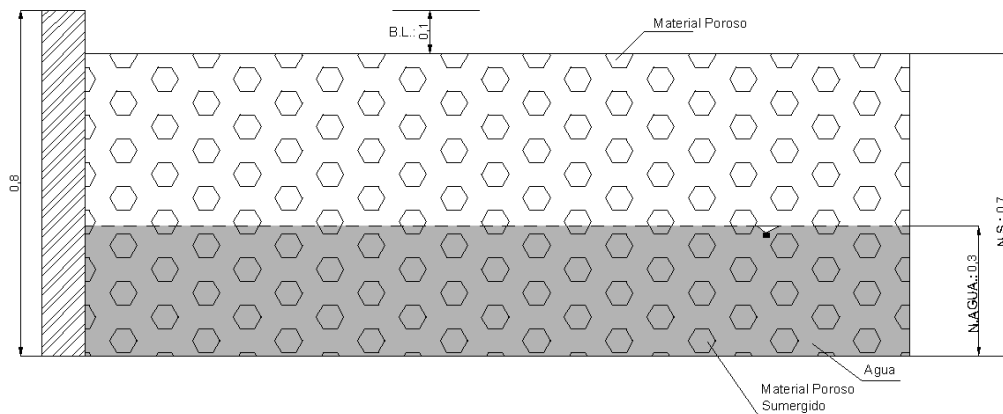


Figura 3 - 5 Perfil típico de trabajo, modelo estructural.

Para el perfil se tomaron los siguientes datos:

$$\text{Roca} = 1,7 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{H}_2\text{O} = 1,0 \text{ ton/m}^3$$

En la figura 3 - 6 se muestra el diagrama del elemento vertical más crítico que tiene el modelo, que incluye las presiones ejercidas por el material poroso suelto y el material poroso cuando se encuentra sumergido.

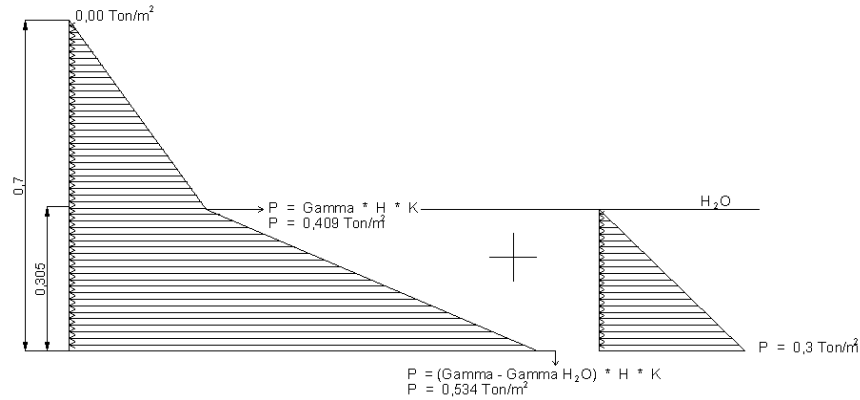


Figura 3 - 6 Diagramas de presiones en el elemento estructural crítico.

Los diagramas de presiones de la figura 3 - 6 dan como resultado el diagrama total de presiones en el elemento vertical central del modelo, mostrado en la figura 3 - 7, considerado el elemento más crítico.

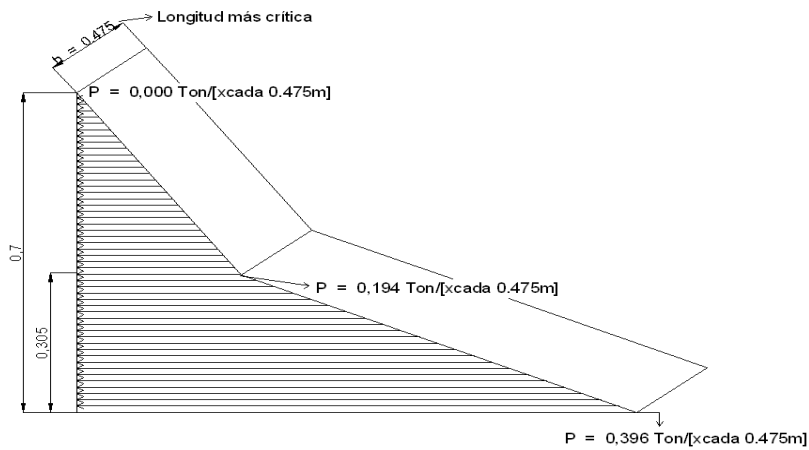


Figura 3 - 7 Diagrama de presiones total en el elemento estructural crítico.

Para una longitud total de 1,9 m se realizó la ubicación de los apoyos como se muestra en la figura 3 - 8, considerando una densidad del suelo igual a 1,7 ton/m³, una densidad del agua de 1 ton/m³ y un esfuerzo admisible del acero f_y igual a 2530 kg/cm²:

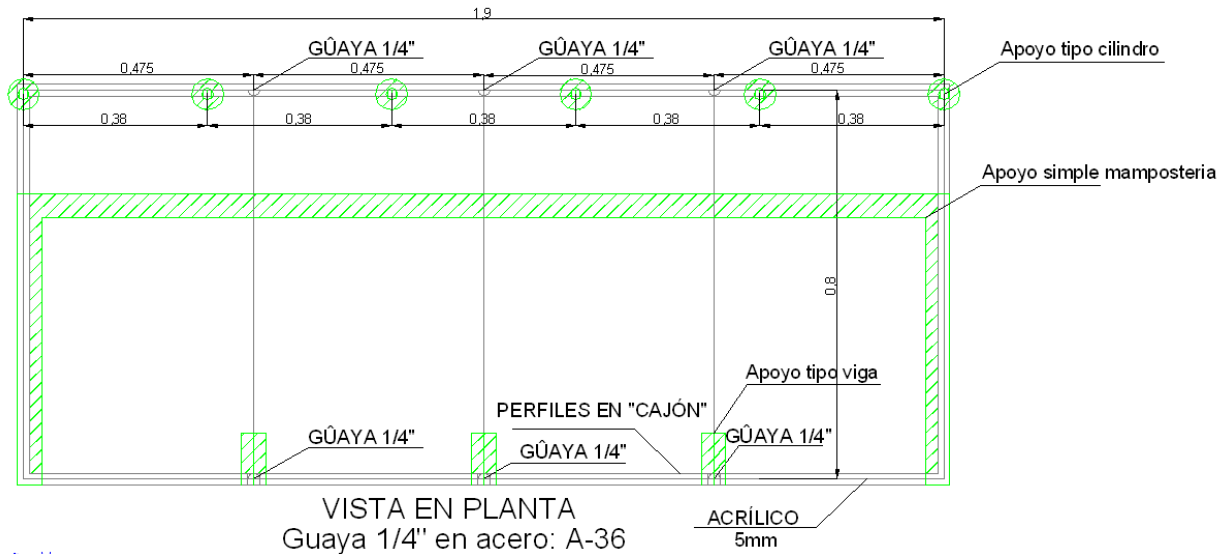


Figura 3 - 8 Vista en planta de la localización de los apoyos del modelo.

Una vez realizado el análisis estructural en mención, se encontró que los esfuerzos máximos se encuentran en la parte inferior de la cara frontal del modelo.

Sin embargo estos esfuerzos son menores al esfuerzo admisible del acero,

$$\sigma_{adm} = 2530 \text{ kgf/cm}^2$$

Igualmente, al incluir en la estructura un grupo de cables postensados, se logró que los esfuerzos máximos de trabajo disminuyeran en los elementos críticos, además de suprimir la acción de presión por parte del material a lo largo del modelo.

Para prevenir los esfuerzos mayores que se presentan en los puntos donde se ubican los cables, se instalaron platinas de 10 cm x 10 cm, de manera que no rasgara la zona de amarre de los cables.

En el anexo A se muestra en mayor detalle el análisis estructural del modelo.

Una vez determinada la capacidad estructural del modelo y sus apoyos, el modelo se instaló en el Laboratorio de Pruebas y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana tal como se muestra en la figura 3 - 9:



Figura 3 - 9 Modelo de trinchera de retención.

La trinchera contó con cuatro reglas distribuidas a lo largo de la cara transparente, con las cuales se midió la altura del perfil del agua en cada instante de tiempo.



Figura 3 - 10 Reglas para medición de alturas de aguas.

Igualmente, se realizaron aforos de la muestra de la siguiente forma:

El caudal de entrada se definió como un impulso hidráulico, es decir un volumen de agua en un tiempo muy reducido.

A la salida, se midió la altura del agua en un recipiente del mismo material que el de la trinchera cuyas dimensiones son: ancho 0,80 m, alto 0,40 m y largo 0,30 m, para un tiempo determinado. Dicho dispositivo contaba con una regla en la parte interior, de tal forma que se midieron las alturas de agua cada diez segundos y de esa forma se calcularon los volúmenes de agua almacenada correspondiente a dicho periodo de tiempo. Una vez obtenidos esos datos, se elaboraron los hidrogramas de salida del modelo para cada evento lluvioso. En la figura 3 - 11 se muestra el dispositivo mencionado.



Figura 3 - 11 Dispositivo aforador, a la salida del modelo.

Empleando tamaños comerciales y de diferentes rangos que caracterizaran mejor el comportamiento hidráulico y ambiental del modelo, se utilizó material poroso con las siguientes dimensiones: material 1: 10 mm a 80 mm (3/8" a 3"), material 2: 20 mm a 80 mm (3/4" a 3") y material 3: 25 mm a 50 mm (1" a 2"). Lo anterior, teniendo en cuenta también lo utilizado por Proton (2008) en su experimento con un prototipo de trinchera de retención.

El material poroso se instaló hasta una altura de 80 cm, para un total de 1,21 m³ de material poroso en la trinchera. Al tratarse de materiales de diferentes tamaños, sus comportamientos en cuanto a eficiencias hidráulicas y de retención de contaminantes también difieren. Por lo tanto, se evaluaron los resultados para cada tipo de material con el fin de establecer dichas diferencias.



Figura 3 - 12 De izquierda a derecha: grava No. 1 (10 mm a 80 mm), No.2 (20 mm a 80 mm) y No. 3 (25 mm a 50mm)

3.4 PROTOCOLOS DE CAMPO Y LABORATORIO

3.4.1 *PROTOCOLOS DE CAMPO*

Para la toma y conservación de muestras en campo se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones (APHA, 2005):

- ❖ Los envases fueron lavados dos veces con el agua de la muestra, antes de recoger y llevarla al laboratorio.

- ❖ Como la muestra iba a ser transportada, se determinó dejar un espacio en el envase de tal forma que permitiera la expansión térmica.
- ❖ Con el fin de que la muestra analizada fuera representativa, se realizaron mezclas del agua recolectada en cada punto de muestreo. Dicho procedimiento se aplicó para cada evento lluvioso.
- ❖ Cada muestra fue identificada y etiquetada con un número particular, con el fin de evitar confusiones en cuanto a la procedencia de ésta.
- ❖ Las muestras se llevaron al laboratorio lo antes posible, asimismo se les realizaron las pruebas dentro de un periodo de tiempo corto de máximo veinte minutos, o en su defecto se aplicaron todas las medidas necesarias de almacenamiento y preservación, como el uso de ácido nítrico (1.5 %) a una concentración de 2 ml/l de muestra antes de la refrigeración para garantizar su preservación para los ensayos de determinación de metales.
- ❖ Se empleó un recipiente tanque plástico de polietileno de alta densidad y alto peso molecular (PEAD-APM) para la recolección, transporte y almacenamiento de la muestra, lo anterior para garantizar que los metales que pudiera contener el agua no se adsorbieran a las paredes del recipiente.

Los elementos utilizados para la toma de muestras fueron:

- ❖ Envases de plástico, para el almacenamiento y transporte de la muestra.
- ❖ Elementos de seguridad personal como: guantes de látex y carnaza, botas de caucho, tapabocas desechables.

3.4.2 *PROTOCOLOS DE LABORATORIO*

Una vez se presentaba el evento lluvioso, el agua de esorrentía empezaba a almacenarse en los dispositivos destinados para tal fin, de tal forma que tan pronto finalizaba el aguacero, se recolectaba el agua de cada dispositivo y se mezclaba, de acuerdo a las recomendaciones mencionadas, en el envase en el que iba a ser transportada el cual se lavaba con esa misma agua dos veces antes de la recolección.

Una vez tomada la muestra en campo, era inmediatamente transportada al laboratorio, donde se analizaba su calidad a la entrada y a la salida del modelo trinchera de retención.

La manipulación de las muestras dentro del Laboratorio de Pruebas y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana se realizó de la siguiente forma:

1. De la muestra principal se tomaron aproximadamente cinco litros para realizar el análisis de calidad a la entrada del modelo de trinchera de retención, de tal forma que se almacenó en un recipiente lavado dos veces con la misma agua y debidamente identificado como agua de entrada. Posteriormente, se remitía al laboratorio de calidad de aguas, para su respectivo análisis.
2. El agua restante, aproximadamente 60 litros, era utilizada para el ensayo hidráulico en el modelo de trinchera de retención.
3. El agua que sale del modelo es almacenada en un recipiente lavado dos veces con la misma agua y debidamente identificado como agua de salida para luego ser remitido al laboratorio de calidad de aguas, para su respectivo análisis.

Los elementos utilizados en laboratorio fueron:

- ❖ Envases de plástico, para el almacenamiento y transporte de la muestra.
- ❖ Elementos de seguridad personal como: guantes de latex, tapabocas desechables y bata
- ❖ Cronómetro, para la toma de datos de aforo y alturas de lámina de agua.

- ❖ Recipiente graduado, del mismo material del modelo de trinchera de retención, para los aforos de entrada y salida.
- ❖ Lápiz y papel para la toma de datos.
- ❖ Marcador para la identificación de las muestras.

3.4.2.1 Ensayo hidráulico

Para determinar la eficiencia hidráulica del modelo, se realizaron una serie de ensayos en los que se midieron ciertos parámetros fundamentales sobre su comportamiento hidráulico:

1. Se determinó el volumen de entrada de la muestra vertiéndola en el recipiente graduado rectangular de dimensiones: ancho 0,8 m, alto 0,4 m y largo 0,3 m, para una capacidad de 96 litros.
2. Dicho volumen se volcó sobre la parte inicial del modelo y con el cronómetro se tomó el tiempo que demoraba en desocuparse, esto con el fin de realizar el cálculo del caudal instantáneo de entrada.
3. Simultáneamente al aforo de entrada, se medían las alturas del perfil en cada uno de los nodos cada determinado periodo de tiempo (aproximadamente cada 10 segundos): para graficar la evolución temporal de las líneas de energía.

El abscisado del modelo empleado para la toma de dichas alturas se muestra en la tabla 3 - 1.

Tabla 3 - 1 Abscisado del modelo [m]

Nodo No. 4	Nodo No. 3	Nodo No. 2	Nodo No. 1
1.85	1.26	0.63	0.05

4. Se realizó el aforo de salida empleando el dispositivo graduado, y tomando las alturas del agua en dicho recipiente cada determinado periodo de tiempo

(aproximadamente cada 10 segundos). De esta forma se construyeron los hidrogramas de salida para cada tipo de grava.

3.4.2.2 Pruebas de calidad

En el anexo G del presente trabajo de grado se describen los procedimientos para cada una de las pruebas de calidad realizadas en el Laboratorio de Pruebas y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana a las muestras de agua. Estos ensayos se realizaron por triplicado con el fin de determinar la incertidumbre asociada al ensayo y el valor más representativo de los resultados.

A continuación se presentan los ensayos realizados según las normas de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005).

2540B. Sólidos Totales (ST): Según APHA (2005), la determinación de los sólidos totales en el agua consiste en evaporar una muestra bien mezclada en una placa pesada, la cual ha sido previamente secada a peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso con respecto al de la placa representa los sólidos totales.

2540D. Sólidos Suspendedos Totales (SST): Una vez mezclada la muestra a analizar, ésta es filtrada a través de un filtro estándar de fibra de vidrio, y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103-105 °C. El aumento del peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión (APHA, 2005).

Potencial de Hidrogeno (pH): Para la determinación del potencial de hidrógeno (pH), se empleó un peachimetro marca YSI630 con precisión de 0.0001, el cual arrojaba de forma exacta y automática los resultados de pH para cada muestra tomada.

5220D. Demanda Química de Oxígeno (DQO): Para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se empleó el método calorimétrico según el principio de reflujos cerrado (APHA, 2005).

3111A. Metales Pesados: Cadmio, Cobre, Zinc y Plomo: Para la determinación de la presencia de metales en el agua, se empleó el principio de espectrometría de absorción atómica de llama, método directo de aire-acetileno.

Como cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, se utiliza como fuente luminosa una lámpara compuesta de ese metal; por lo que se considera que este método se encuentra libre de interferencias espectrales o de radiación.

Como principio fundamental del ensayo, se considera que la cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra (APHA, 2005).

3.5 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.5.1 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS HIDRÁULICO

Como herramienta para la determinación de aspectos hidráulicos, se empleó Microsoft Office Excel[®] versión 2007.

La función de MS Excel[®] más importante que se utilizó fue *solver*, con la cual se determinaron los valores óptimos para los valores del coeficiente de rugosidad de Manning n y los gradientes, para cada análisis hidráulico, cambiando las celdas en las que se encontraban esos valores y aproximando las mediciones a los cálculos.

Igualmente, al tratarse de una hoja de cálculo, se formularon cada una de las celdas para realizar el método del paso directo descrito en el numeral 2.2.7.1.1, así como la realización de gráficos de los perfiles, hidrogramas, *etc.*

3.5.2 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el cálculo de la eficiencia de retención de contaminantes del modelo, se determinaron las incertidumbres experimentales asociadas a cada uno de los muestreos, así como la prueba t , para cada factor contaminante medido, a la entrada y a la salida de la trinchera.

Se utilizó el software “R” (R Development Core Team, 2010) para el análisis estadístico mencionado en el numeral 2.5, por su facilidad de realizar este tipo de análisis y hacer representaciones gráficas que simplifican el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio.

A través de los algoritmos descritos en el anexo B, desarrollados por el doctor Andrés Torres, para cada contaminante estudiado se determinaron las incertidumbres experimentales asociadas a cada ensayo. Dichas incertidumbres se utilizaron para determinar la validez de cada resultado y su inclusión en el análisis.

El programa desarrollado en R realiza el cálculo de la eficiencia y la incertidumbre asociada en relación a los datos de entrada y salida de cada ensayo, empleando la prueba t . R utiliza un archivo llamado “datos.txt”, el cual es alimentado con los datos de entrada obtenidos de los ensayos de laboratorio y suministra el resultado del análisis estadístico mediante un archivo denominado “resultado.csv”, en el cual se encuentra el promedio de los datos, la incertidumbre asociada y el número de muestras tomadas para el análisis tanto a la entrada como a la salida del modelo.

Finalmente, R arroja los resultados de eficiencia de retención de contaminantes en un gráfico, relacionando la diferencia entre la entrada y la salida de cada contaminante y su nivel de significancia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS HIDRÁULICOS

Con el fin de caracterizar el comportamiento hidráulico del modelo de trinchera de retención, según el tipo de material poroso empleado, se realizaron pruebas con el agua lluvia de escorrentía recolectada en dos eventos lluviosos diferentes para cada tipo de material como se muestra en la tabla 4 - 1.

Tabla 4 - 1 Fechas de muestreo.

GRAVA	Muestreo Preliminar	Muestreo No. 1	Muestreo No. 2
Material 1: 10/80 mm	04/05/2010	27/05/2010	31/05/2010
Material 2: 20/80 mm	-	10/06/2010	21/06/2010
Material 3: 25/50 mm	-	11/08/2010	19/08/2010

A partir de un volumen de agua para cada evento se determinaron los hidrogramas de entrada y de salida para cada material.

Para la caracterización hidráulica del modelo de trinchera de retención se realizaron mediciones para determinar:

- a) Hidrogramas de entrada.
- b) Hidrogramas de salida.
- c) Evolución temporal de los perfiles de flujo.

Se consideró de mayor importancia realizar los análisis del comportamiento hidráulico para los segundos eventos lluviosos, ya que se acercan más a las condiciones reales de campo, en las que la grava de la trinchera es utilizada varias veces.

El hidrograma de entrada, como se muestra en la figura 4 - 1, representa un impulso hidráulico, es decir, el vertimiento de cierto volumen de agua en un tiempo muy corto, de

tal forma que la figura resultante es un rectángulo, en el que se evidencia una entrada de caudal constante, en un lapso de tiempo muy pequeño.

Asimismo, se construyó el hidrograma de salida, utilizando el recipiente rectangular graduado mencionado en el numeral 3.4.2.1. En dicho recipiente se toman las diferentes alturas de agua con respecto al tiempo, y con esa información se procede a determinar el hidrograma de salida característico del modelo, según el evento lluvioso y grava seleccionados.

a) Grava 1. Material 10/80 mm

Para el material poroso denominado grava No. 1, cuyos diámetros de grano varían entre 10 mm ($3/8''$) y 80 mm ($3''$), se obtuvieron los datos de los ensayos hidráulicos consignados en el Anexo C. Teniendo en cuenta que sólo se profundizará en el análisis de los segundos eventos, en dicho anexo se encuentran los datos recolectados para el hidrograma de salida de la grava No. 1 para el evento lluvioso No. 2 (27 de mayo de 2010), así como su respectivo hidrograma. Además, previo a este evento se realizó un muestreo preliminar denominado evento lluvioso No. 1 (4 de mayo de 2010). Los resultados obtenidos para este evento se tomaron en cuenta para afinar el modelo físico de trinchera en el laboratorio en cuanto a sus propiedades estructurales y su material constitutivo. Por esta razón los resultados no fueron explotados para la caracterización hidráulica ni de retención de contaminantes de la trinchera.

En la figura 4 - 1 se muestra el hidrograma de entrada correspondiente al aguacero No. 3 (31 de mayo de 2010), el cual fue el último evento lluvioso para el primer tipo de grava, lo que hacía que fuera el más característico del comportamiento real de la trinchera al haberse utilizado varias veces la misma grava, por lo tanto se considera conveniente aplicarle el análisis hidráulico correspondiente.

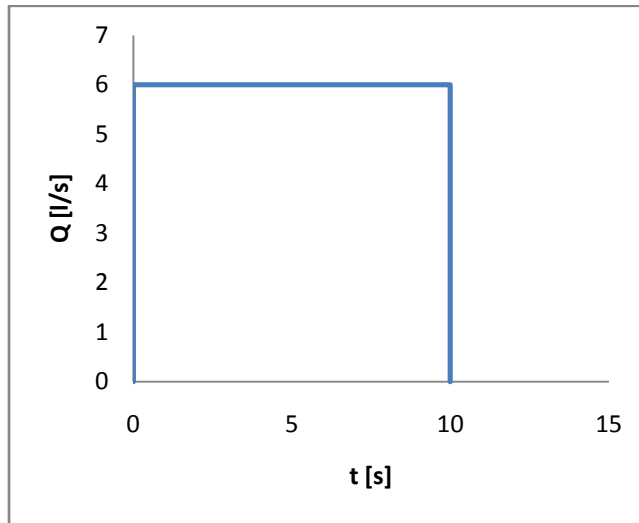


Figura 4 - 1: Hidrograma de entrada para la grava No. 1 - Evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).

En la figura 4 - 2 se encuentra el hidrograma de salida correspondiente al evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010), realizado según los datos obtenidos mediante el procedimiento de aforo anteriormente descrito. En dicha figura se puede observar que el valor pico de caudal se encuentra a los 60 segundos.

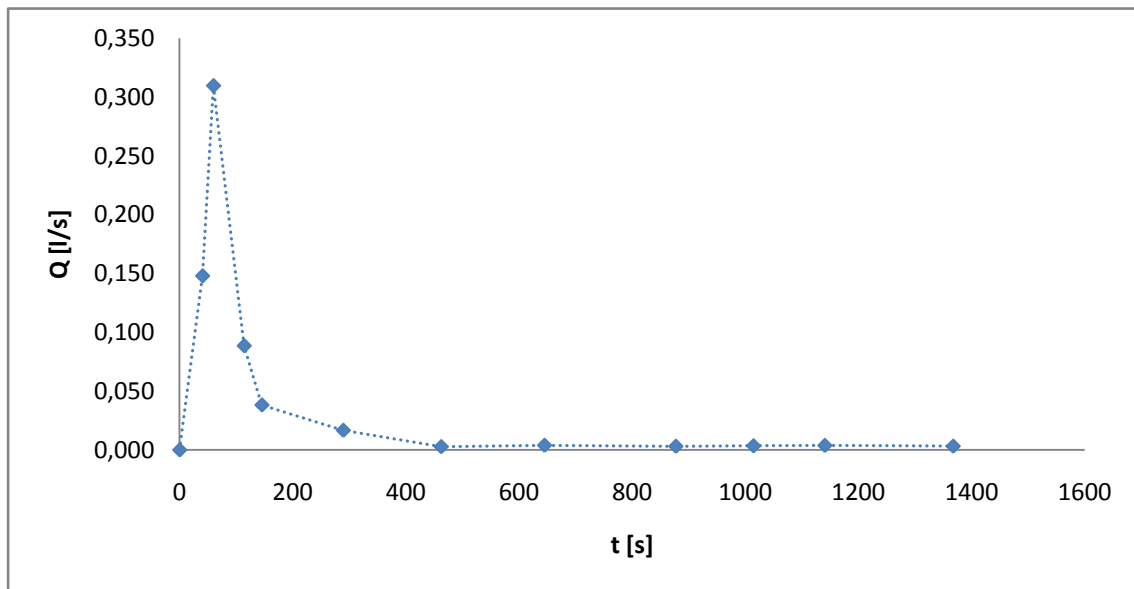


Figura 4 - 2: Hidrograma de salida Grava No. 1 - Evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).

Simultáneamente a la determinación de los hidrogramas, se realizaron mediciones de las alturas del flujo en cuatro (4) puntos a lo largo del modelo, con lo que se logró construir una línea de energía (asumiendo velocidades de flujo muy pequeñas y por ende cabezas de velocidad despreciables) característica cada diez segundos, y se obtuvieron diferentes perfiles para un mismo evento lluvioso. Dichos datos se muestran en el anexo C.

Una vez obtenidos los datos anteriormente mencionados, se procede a graficar los respectivos perfiles, los cuales se muestran en la figura 4 - 3:

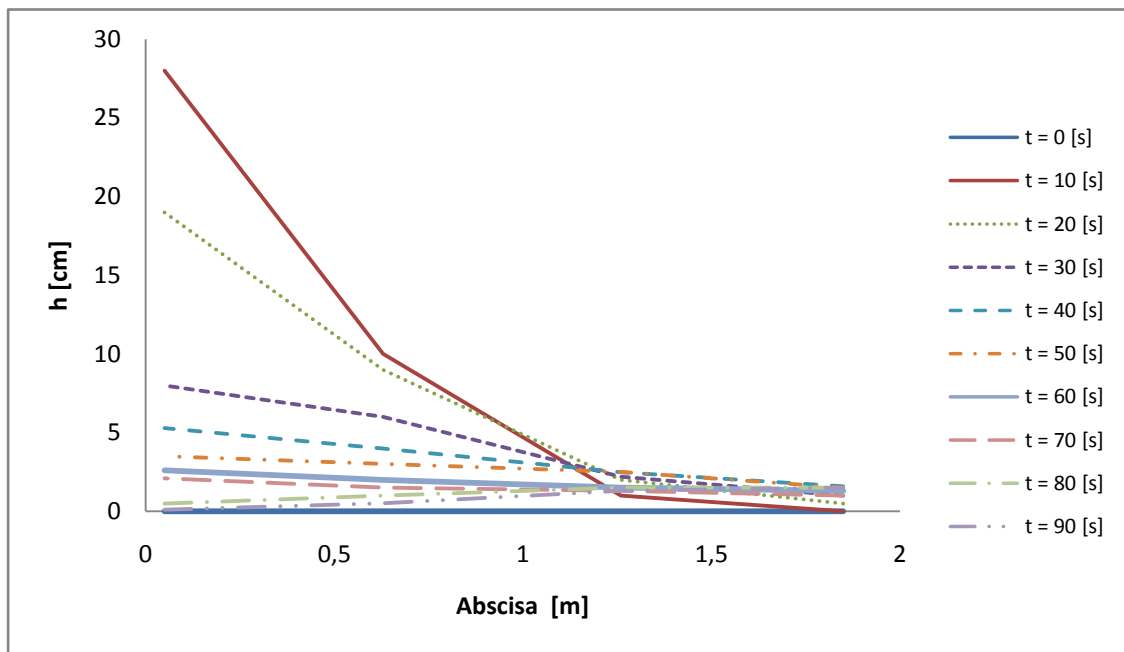


Figura 4 - 3: Perfiles medidos, Grava No. 1 Evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).

La precisión del ejercicio de medición pudo verse disminuida por la falta de instrumentos de alta precisión, por lo tanto, se puede asumir que los errores cometidos se adjudican a errores humanos y técnicos, y por ende los perfiles pueden no representar con una precisión absoluta el comportamiento hidráulico del modelo.

b) Grava 2. Material 20/80 mm

Los datos obtenidos para los ensayos hidráulicos correspondientes a la grava No. 2, con diámetros entre 20 mm ($3/4''$) y 80 mm ($3''$), se encuentran consignados en el anexo D.

Se realizaron ensayos hidráulicos para dos aguaceros, el No. 4 (10 de junio de 2010) y el No. 5 (21 de junio de 2010), pero por considerarse que se acerca más a las condiciones reales de campo, para este tipo de material únicamente se analizó el evento lluvioso No. 5 (21 de junio de 2010). De igual forma, los datos y resultados recolectados para ambos eventos se pueden verificar en el anexo D.

A continuación, en la figura 4 - 4 se muestra el hidrograma de entrada medido para la grava No. 2 y el aguacero No. 5 (21 de junio de 2010).

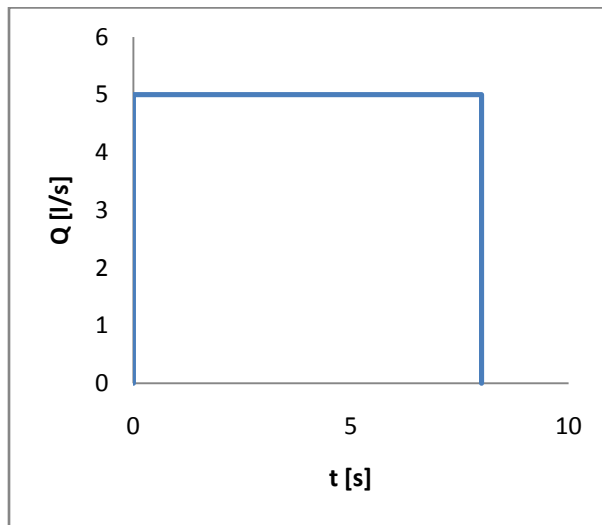


Figura 4 - 4: Hidrograma de entrada para la grava No. 2 - Evento lluvioso No. 5 (21 de junio de 2010).

Asimismo, el hidrograma de salida correspondiente a la grava No. 2 y el aguacero No. 5 (21 de junio de 2010) se ilustra en la figura 4 - 5, en el cual se observa que el valor pico de caudal se encuentra a los 20 segundos y después mantiene una caída de caudal debido a la capacidad de retención del modelo.

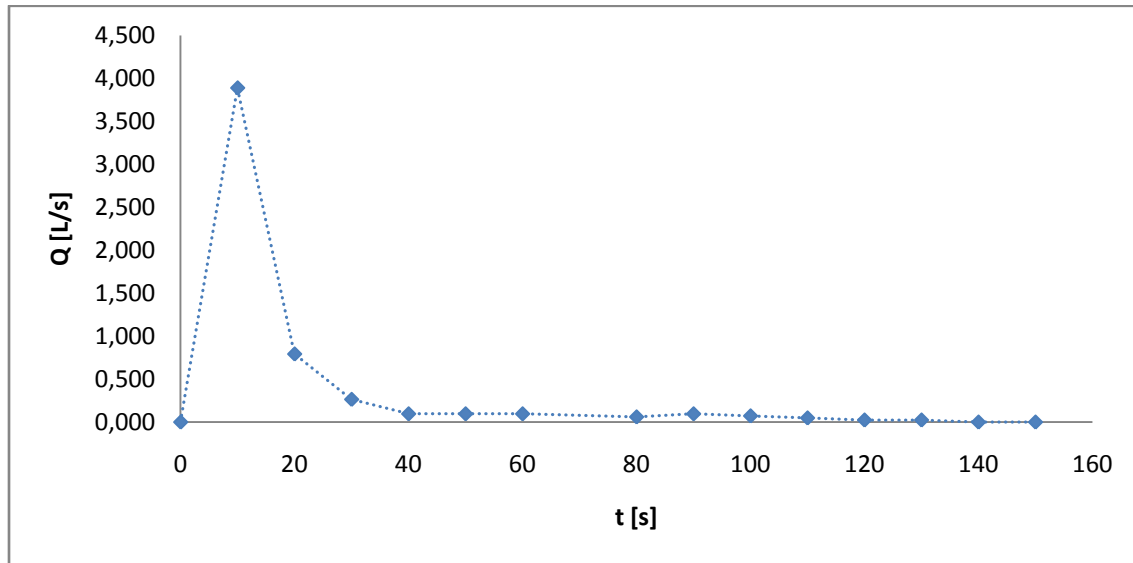


Figura 4 - 5: Hidrograma de salida Grava No. 2 Evento lluvioso No. 5 (21 de junio de 2010).

Realizando una comparación entre las figuras 4 - 2 y 4 - 5, se puede observar que la retención del material poroso No. 1 es mayor en relación a la del material poroso No. 2, ya que los volúmenes en función del tiempo son mayores para el primero que para el segundo, esto influenciado por el tamaño comprendido entre los dos materiales, ya que existe material de menor tamaño en la grava No. 1.

Con los datos de las lecturas de los niveles de agua a lo largo de la trinchera, se procede a graficar los respectivos perfiles. Para el aguacero No. 5 (21 de junio de 2010), se puede observar en la figura 4 - 6, la variación de las alturas de agua con respecto al tiempo y al espacio:

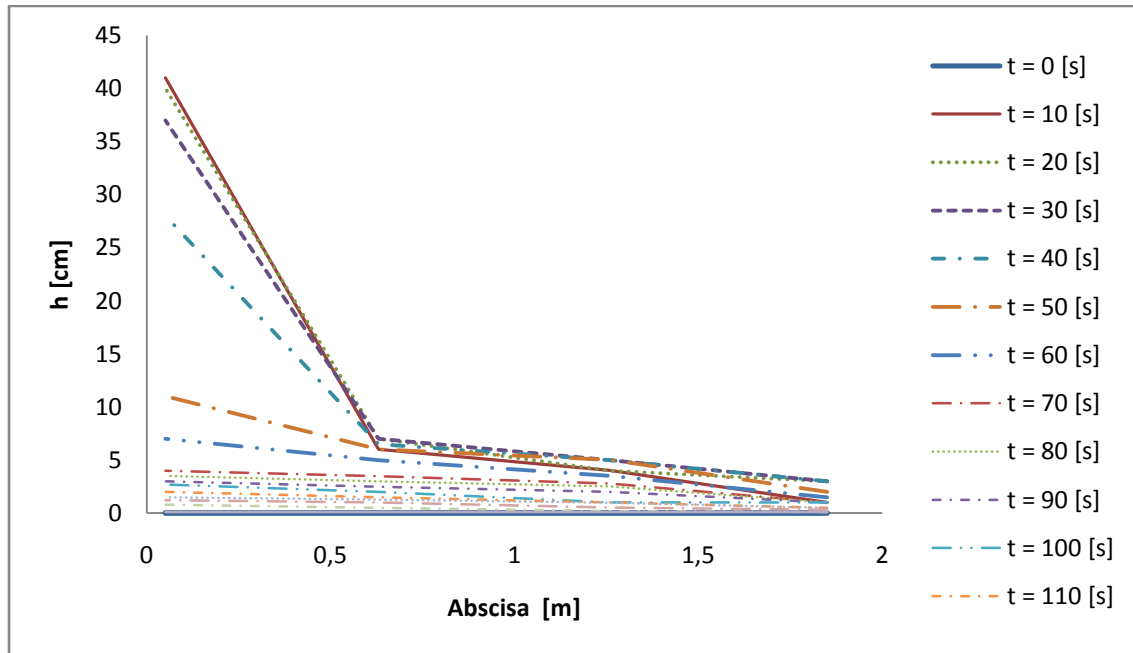


Figura 4 - 6: Perfiles medidos, Grava No. 2 - Evento lluvioso No. 5 (21 de junio de 2010).

Se observa de la gráfica 4 - 3 que los niveles del agua, son inferiores para cada tiempo respecto a los de la figura 4 - 6, igualmente los tiempos de muestreo en la figura 4 - 3 fueron inferiores a los de la figura 4 - 6 lo que pudo deberse a que la posible acomodación de las partículas de menor tamaño en el material No. 2, ocasionaran una mayor dificultad al paso del agua en el sentido vertical, a diferencia del caso del material No. 1 en el que la posible acomodación de finos favoreciera el flujo del agua en ese sentido, por lo tanto, para el caso del material No. 1, esa pudo ser la causa de una menor altura del perfil a los diez segundos (figura 4 - 3), en comparación con la altura alcanzada por el agua para el material No. 2 en ese mismo instante de tiempo (figura 4 - 6). Asimismo se recuerda que los datos obtenidos dependieron de la precisión de la reglas (1 mm) instaladas en el modelo y que, igualmente existen errores humanos y técnicos en el proceso de medición.

c) Grava 3. Material 20/50 mm

En el anexo E se encuentran los resultados obtenidos de las pruebas hidráulicas correspondientes al material poroso No. 3, con diámetros entre 25 mm (1´) y 50 mm (2´), para los eventos lluviosos No 6 (11 de agosto de 2010) y No. 7 (19 de agosto de 2010),

teniendo en cuenta que se profundizará únicamente en el análisis del No. 7 (19 de agosto de 2010), ya que, por tratarse del último evento para la grava no. 3, éste simula mejor las condiciones reales a las que se encontraría expuesta la trinchera de retención.

El hidrograma de entrada correspondiente a dicho aguacero se encuentra en la figura 4 - 7, mientras que el hidrograma de entrada del evento lluvioso No. 6 (11 de agosto de 2010) se puede verificar en el anexo E.

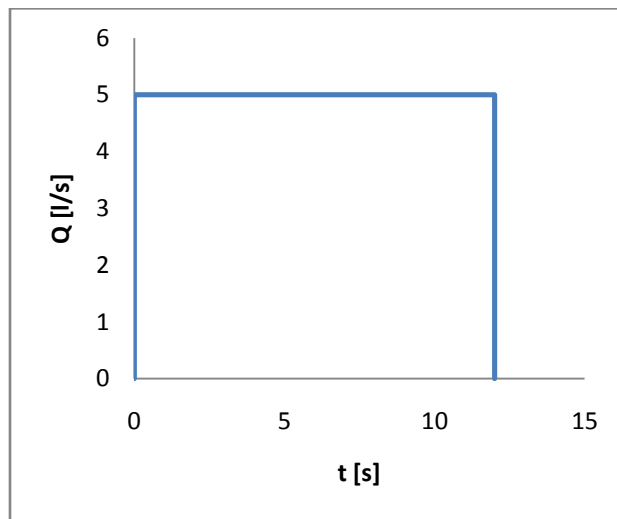


Figura 4 - 7: Hidrograma de entrada para la grava No. 3 - Evento lluvioso No. 7 (19 de agosto de 2010).

En la figura 4 - 8 se puede observar el hidrograma de salida obtenido para el aguacero No. 7 (19 de agosto de 2010), en el cual el valor pico de caudal se encuentra a los 30 segundos y después mantiene una caída de caudal asociada a la capacidad de retención del modelo de trinchera de retención.

Los hidrogramas mostrados en las en las figuras 4 - 2, 4 - 5 y 4 - 8, tienen un comportamiento similar, ya que presentan un valor pico en los primeros segundos y una disminución gradual hasta llegar a cero, aunque la figura 4 - 8 presenta leves incrementos al aproximarse el caudal a cero, los cuales se pueden asociar a la escala en la que se encuentran dibujados los hidrogramas. Por otro lado, resulta evidente en las figuras mencionadas que existe una relación entre el valor del caudal pico y el tiempo en el que

éste se da, de tal forma que a un menor tiempo se produce un valor de caudal pico mayor y viceversa.

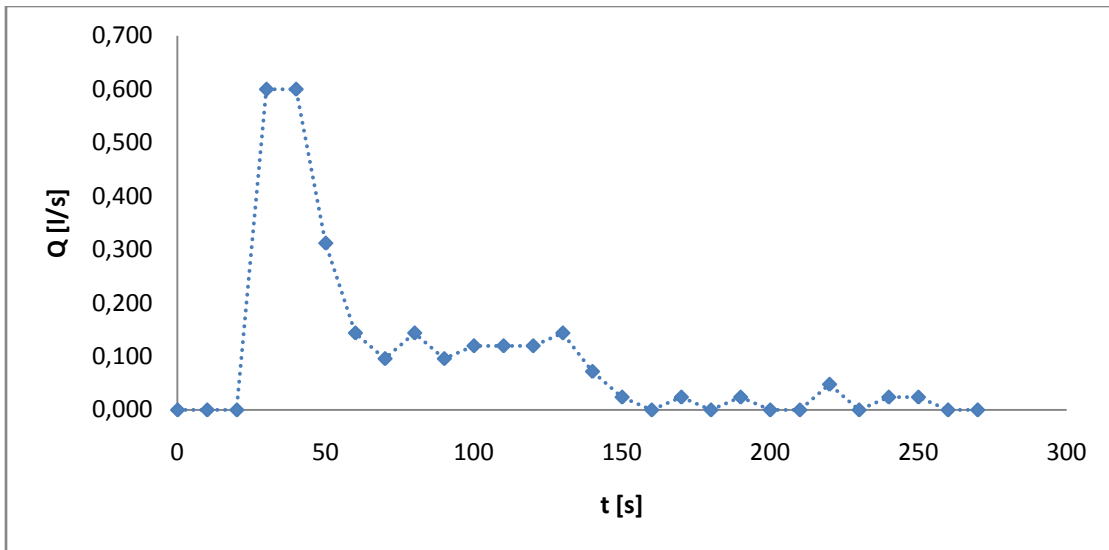


Figura 4 - 8: Hidrograma de salida Grava No. 3 - Evento lluvioso No. 7 (19 de agosto de 2010).

Siguiendo ese orden de ideas, una vez organizada la información de las alturas de agua para el aguacero No. 7 (19 de agosto de 2010), en la figura 4 - 9, se encuentran los perfiles medidos para cada instante:

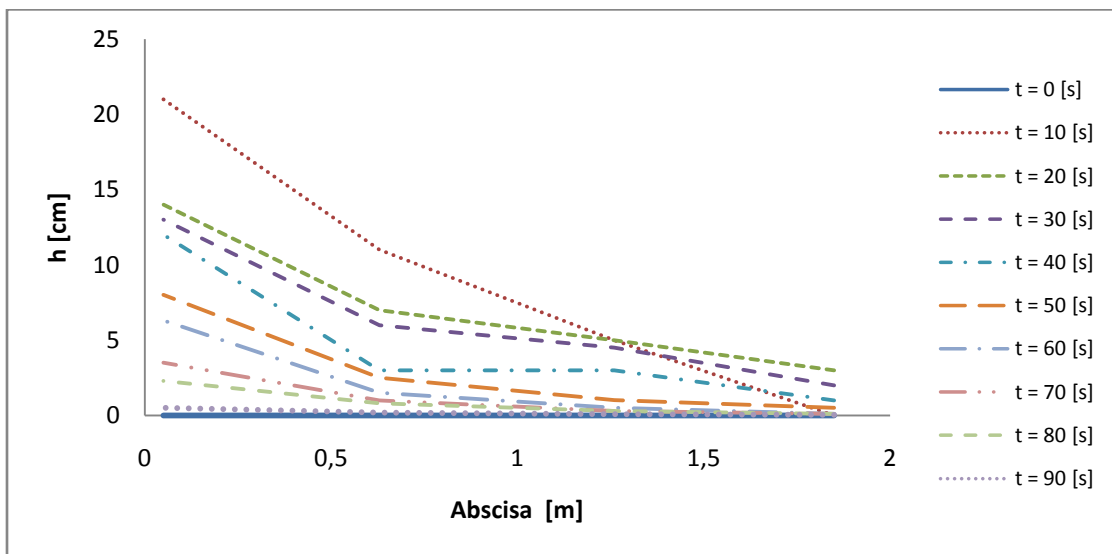


Figura 4 - 9: Perfiles medidos, Grava No. 3 Evento lluvioso No. 7 (19 de agosto de 2010)

Finalmente, se observa que el comportamiento del flujo en el tiempo de las figuras 4 - 3, 4 - 6 y 4 - 9 tuvo una forma similar, aunque la cantidad de mediciones fue diferente para cada material, ya que se dependía de la precisión del observador y de los instrumentos para determinar hasta qué punto en el tiempo se lograba observar el perfil.

4.1.1 Calibración del coeficiente de rugosidad n de Manning

Con el fin de realizar la calibración del n de Manning para el modelo de trinchera de retención para cada tipo de grava se hizo un ajuste con base a la relación existente entre el caudal calculado y el caudal medido. La importancia de este ajuste radica en que se intentó encontrar para cada material poroso un n de Manning característico para eventuales propósitos de diseño.

Al ser el modelo de retención hidráulico semejante a un canal abierto, se podría plantear como hipótesis de diseño una condición de flujo uniforme y estacionario (Chow, V. T., 1994), por lo tanto, se emplea la ecuación 2 - 6. Para llevar a cabo el proceso de calibración se hace variar el n de Manning y los gradientes, hasta que la diferencia entre los caudales medidos y los calculados sea lo más cercano posible a cero. Los gradientes se hacen variar con el fin de encontrar el n de Manning calibrado con el cual las alturas de flujo medidas en el laboratorio sean lo más similares a las alturas calculadas, de tal forma que ocurra lo mismo para el caudal calculado y el caudal medido.

A manera de explicación, las tablas 4 - 2, 4 - 3 y 4 - 4 muestran la relación existente entre el caudal calculado y el caudal medido para el evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010), las cuales corresponden al resultado de la calibración del modelo para dicho aguacero. Como se observa en la tabla 4 - 2, el área y el perímetro mojados se calcularon teniendo en cuenta el área y el perímetro de las gravas, como lo describe la ecuación 2 - 21. Las demás calibraciones de n de Manning para los diferentes eventos lluviosos, gravas No. 1, No. 2 y No. 3, se encuentran en los anexos C, E y D, respectivamente.

Cabe recordar que el modelo fue dividido en tres (3) secciones, numeradas en orden descendente desde el punto donde entra el caudal hasta donde sale. Ver tabla 4 - 1.

En las tablas 4 - 2 a 4 - 4, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, t es el tiempo en segundos en el que se realizaron las diferentes mediciones, A corresponde al área mojada en metros cuadrados, P es el perímetro mojado en metros asociado a A , R_h corresponde al radio hidráulico asociado a A y P , Q_c es el caudal calculado y Q_m el caudal medido para dicha sección del modelo.

Tabla 4 - 2: Caudales medidos y calculados sección 4. - Grava No 1, resultado de calibración para evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010).

N	t [s]	A_4 [m ²]	P_4 [m]	Rh_4 [m]	$Grad_4$	Q_{c4} [m ³ /s]	Q_{m4} [m ³ /s]	$Q_{c4} * 10^3$ [l/s]	$Q_{m4} * 10^3$ [l/s]
1,96318	10	0,2239945	1,35560177	0,165236213	0,0000012	3,7108E-05	0,00004	37,108	37
1,96318	20	0,1519963	1,17701549	0,129137017	0,0000140	7,40033E-05	0,00007	74,0033	74
1,96318	30	0,0639984	0,95874336	0,066752409	0,000431359	0,000111414	0,00011	111,414	111
1,96318	40	0,042399	0,90516748	0,046841011	0,002878462	0,000150565	0,00015	150,565	148
1,96318	50	0,0279993	0,86945022	0,032203468	0,04645272	0,000311143	0,00031	311,143	310
1,96318	60	0,0207995	0,85159159	0,024424254	0,119230119	0,000307963	0,00031	307,963	310
1,96318	70	0,0167996	0,84167013	0,019959824	0,204856963	0,000284993	0,00027	284,993	269

Tabla 4 - 3: Caudales medidos y calculados sección 3 - Grava No 1, evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010).

N	t [s]	A_4 [m ²]	P_4 [m]	Rh_4 [m]	$Grad_4$	Q_{c4} [m ³ /s]	Q_{m4} [m ³ /s]	$Q_{c4} * 10^3$ [l/s]	$Q_{m4} * 10^3$ [l/s]
1,96318	10	0,07999804	0,998429204	0,08012389	2,39E-05	3,7024E-05	0,00004	37,0238077	37
1,96318	20	0,07199823	0,978586283	0,07357372	0,0001325	7,4126E-05	0,00007	74,1259179	74
1,96318	30	0,04799882	0,919057522	0,05222613	0,0010603	0,00011124	0,00011	111,235836	111
1,96318	40	0,03199921	0,879371681	0,03638873	0,0067354	0,00014689	0,00015	146,894418	148
1,96318	50	0,02399941	0,859528761	0,02792159	0,0769719	0,00031215	0,00031	312,151548	310
1,96318	60	0,01599961	0,839685841	0,01905428	0,2877284	0,00031187	0,00031	311,86587	310
1,96318	70	0,01199971	0,829764381	0,01446158	0,5555833	0,00027043	0,00027	270,433948	269

Tabla 4 - 4: Caudales medidos y calculados sección 2 - Grava No 1, evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010).

N	t [s]	A_d [m ²]	P_d [m]	Rh_d [m]	$Grad_d$	Q_{c4} [m ³ /s]	Q_{m4} [m ³ /s]	$Q_{c4} * 10^3$ [l/s]	$Q_{m4} * 10^3$ [l/s]
1,96318	10	0,007999804	0,81984292	0,00975773	0,1200786	6,44788E-05	0,00004	64,478775	37
1,96318	20	0,015999607	0,83968584	0,01905428	0,0171502	7,61397E-05	0,00007	76,1397264	74
1,96318	30	0,017599568	0,84365442	0,02086111	0,0280131	0,000113705	0,00011	113,705032	111
1,96318	40	0,019999509	0,8496073	0,02353971	0,0301764	0,000145354	0,00015	145,353587	148
1,96318	50	0,019999509	0,8496073	0,02353971	0,1382154	0,000311079	0,00031	311,078845	310
1,96318	60	0,011999705	0,82976438	0,01446158	0,7352367	0,0003111	0,00031	311,100132	310
1,96318	70	0,010399745	0,8257958	0,0125936	0,7893161	0,000254754	0,00027	254,753595	269

Como se observa en las tablas 4 - 2, 4 - 3 y 4 - 4, los gradientes calculados para encontrar la calibración del coeficiente de rugosidad a lo largo de un experimento, son gradientes de energía bajos con relación a las alturas presentadas en los perfiles medidos; el n de Manning calibrado para la grava No. 1 es 1,96, lo cual de acuerdo a Chow (1994) es un valor relativamente alto, debido probablemente a la cantidad de fricción que encuentra el flujo para poder seguir su curso.

En la figura 4 - 10 se representa gráficamente la relación existente entre el caudal medido y el calculado, para la grava No. 1 y el evento lluvioso No. 3 (31 de Mayo de 2010). La línea de tendencia indica una pendiente de 1.004 lo que implica una correlación bastante buena entre ambas series de datos.

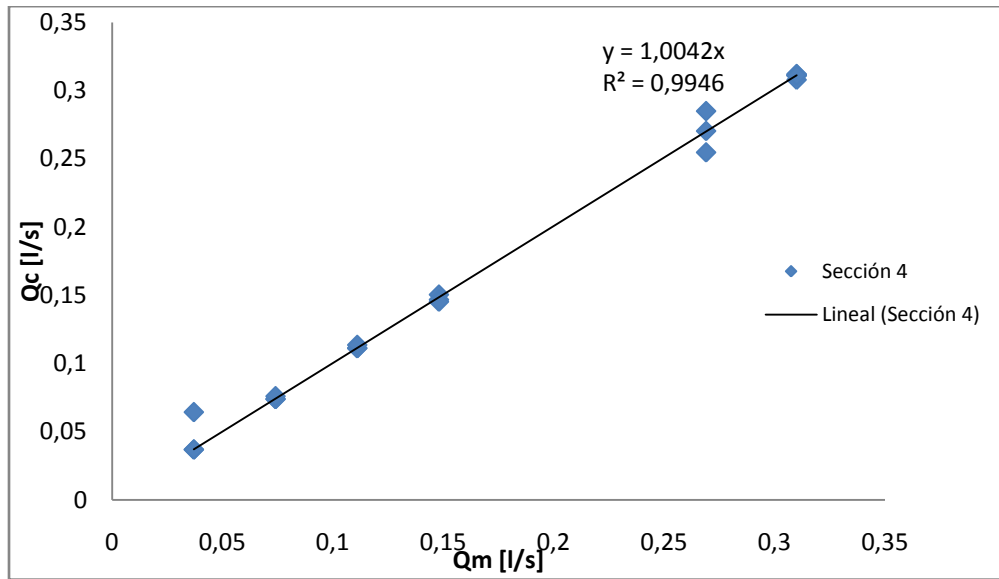


Figura 4 - 10: Caudal calculado (Qc) Vs. Caudal medido (Qm) - Grava No 1, evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).

En la figura 4 - 11, se muestra la gráfica de los hidrogramas de salida medido y calculado. En esta gráfica se observa la similitud entre ambos hidrogramas, medido y calculado.

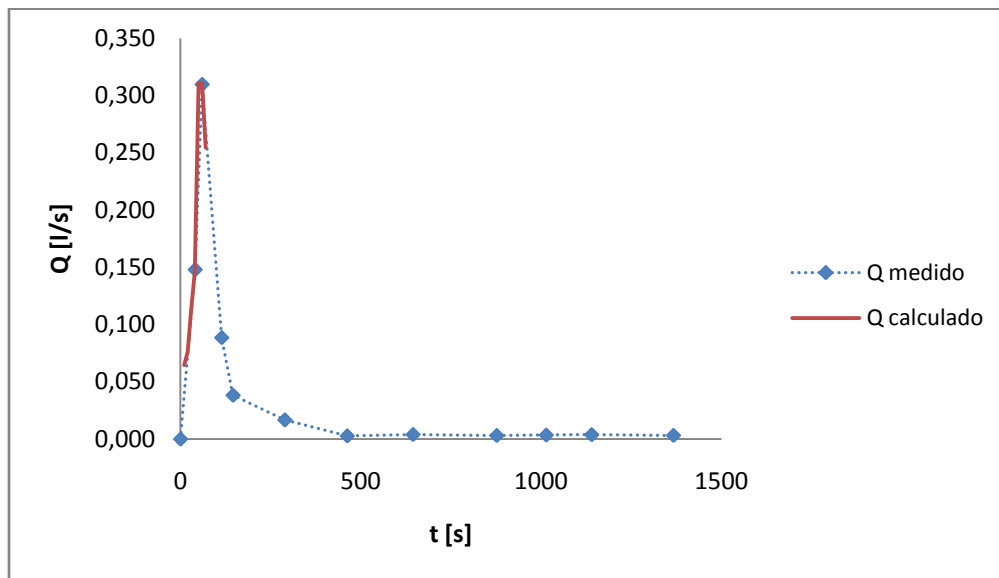


Figura 4 - 11: Hidrogramas calculado y medido, Grava No 1, evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010)

Repitiendo para la grava No. 2 el procedimiento anteriormente descrito para la calibración del n de Manning, se obtiene un valor de n para ese material de 1,33.

Los cálculos correspondientes, se encuentran en el anexo C.

Como se observa en la figura 4 - 12, la calibración del n de Manning para el material No. 2 tiene un comportamiento menos exacto ya que la pendiente de la línea de tendencia generada es de 0.95.

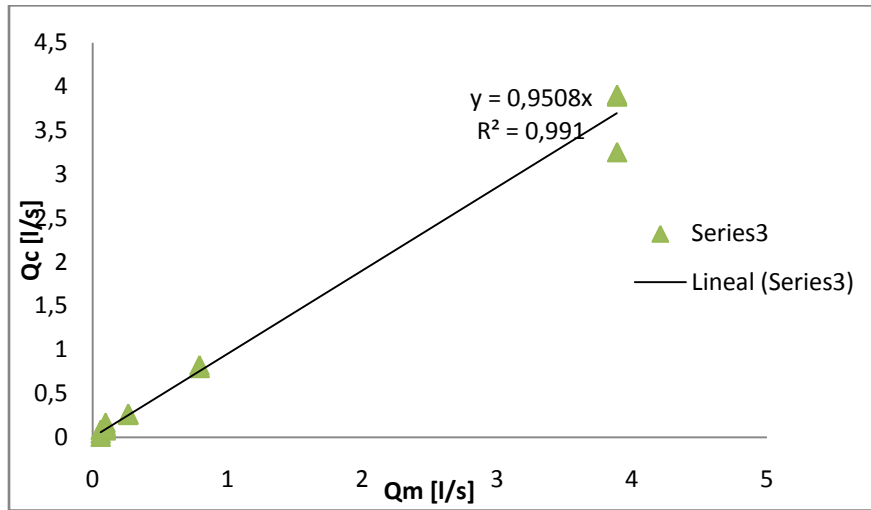


Figura 4 - 12: Caudal calculado (Q_c) Vs. Caudal medido (Q_m) - Grava No 2, evento lluvioso No 5 (21 de junio de 2010).

Esto a su vez, se refleja en el hidrograma de salida calculado y el medido, presentado en la figura 4 - 13:

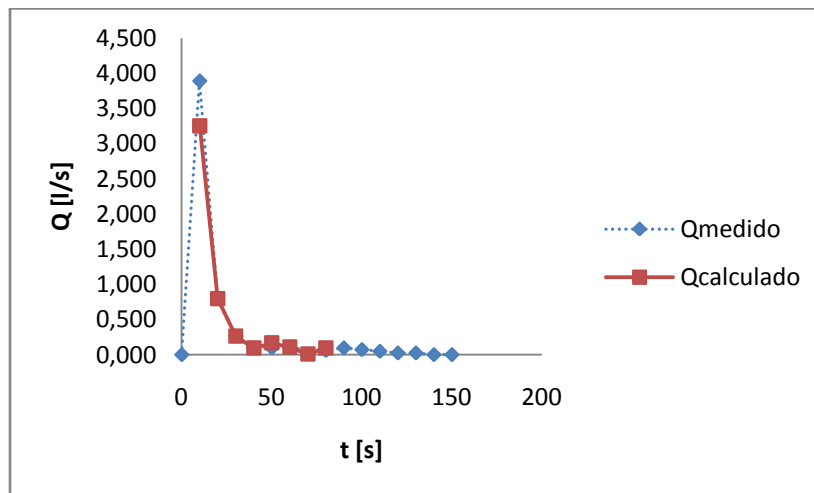


Figura 4 - 13: Hidrogramas calculado y medido - Grava No 2, evento lluvioso No 5 (21 de junio de 2010).

Como se observa en la figura anterior, la diferencia de caudal pico observado a los 20 segundos es de $0,63 \text{ m}^3/\text{s}$ con respecto al calculado.

Aplicando el mismo procedimiento de calibración, para el material No. 3 y evento lluvioso No.7 (19 de agosto de 2010), se obtiene un n de Manning de 0,86 (ver anexo E), el cual es menor con respecto a los dos materiales anteriores empleados para el modelo.

En la figura 4 - 14, se muestra la dispersión de los datos de caudal calculado y medio, para la grava No. 3 y aguacero No. 7 (19 de agosto de 2010), y se observa que dicha dispersión es mayor a aquella obtenida para el material No. 2.

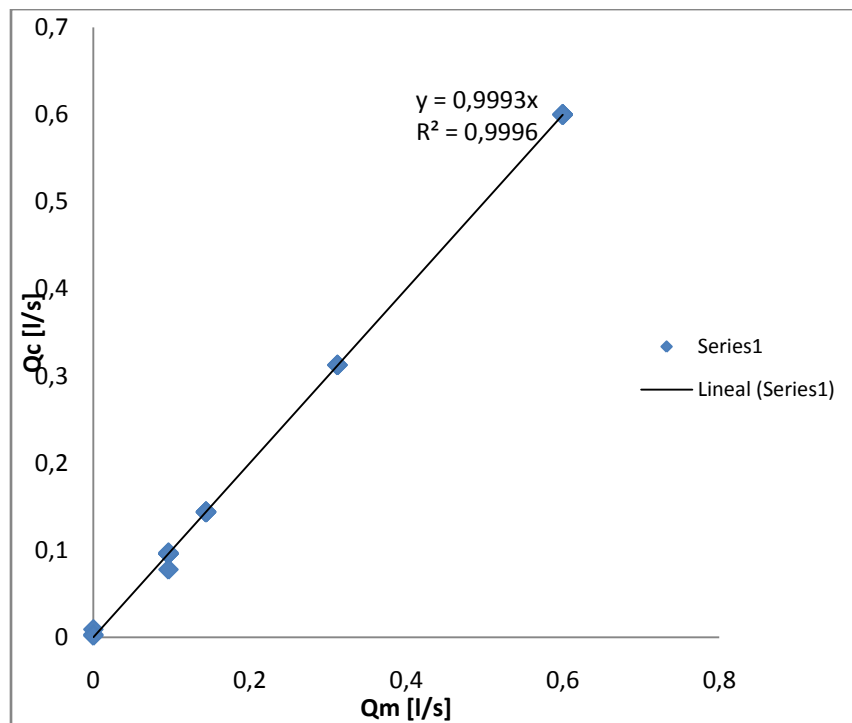


Figura 4 - 14: Caudal calculado (Qc) Vs. Caudal medido (Qm) - Grava No 3, evento lluvioso No 7 (19 de agosto de 2010)

El hidrograma de salida calculado y medido para la grava No. 3 y evento lluvioso No. 7 (19 de agosto de 2010) se presentan en la figura 4 - 15, donde se observa la variación entre ambas series de datos.

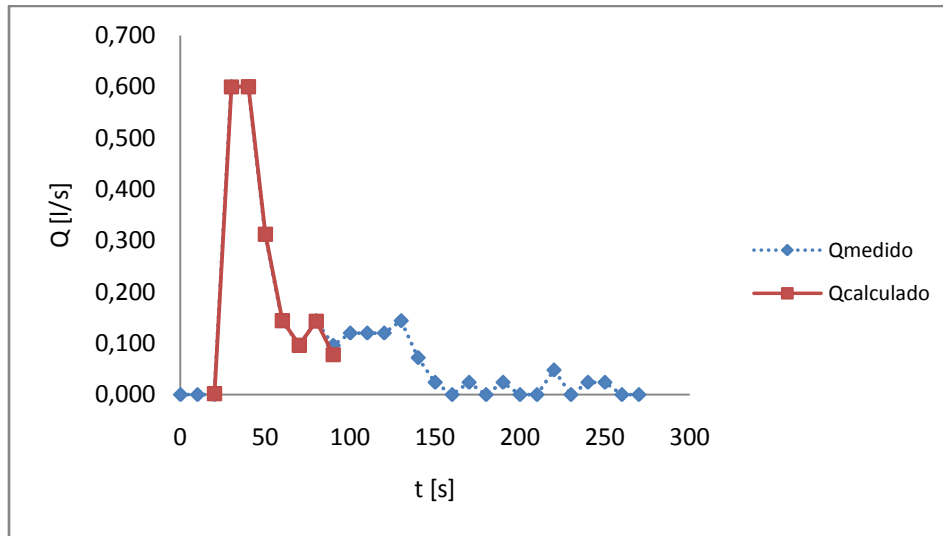


Figura 4 -15: Hidrogramas calculado (Q_c) y medido (Q_m), Grava No 3 - evento lluvioso No 7 (19 de agosto de 2010)

En resumen, en la tabla 4 - 5 se muestra el tiempo de retardo (K) y el n de Manning hallado para cada material en cada aguacero. Se puede observar que en los primeros eventos lluviosos de cada material, el flujo tuvo mayor resistencia para seguir su curso que para los segundos eventos, debido a la cantidad de finos encontrados en el modelo (Chow, V. T., 1994), por lo que los segundos eventos reflejan un mayor acercamiento a las condiciones reales para las cuales sería utilizada esta técnica alternativa, y por ende los resultados obtenidos de dichos eventos son más representativos.

En la siguiente tabla se encuentran los valores hallados del coeficiente de fricción de Manning, asociados a cada tipo de grava. Haciendo una comparación con el valor de n igual a 2,7 empleado por Proton (2008) en su tesis doctoral, los datos encontrados para n se encuentran dentro de un rango admisible y representativo. También las diferencias con respecto a Proton (2008), a pesar de no ser muy altas, pueden deberse a diferencias en los procesos constructivos de la trinchera (más o menos compactación, más o menos acomodación de los materiales, *etc.*)

Tabla 4 - 5 Diferencia Temporal K y n de Manning asociado a cada material y cada evento.

	Material No. 1		Material No. 2		Material No. 3	
Tamaño Material	10 a 80 mm (3/8" a 3")		20 a 80 mm (3/4" a 3")		25 a 50 mm (1" a 2")	
Evento Lluvioso	2 (27/05/2010)	3 (31/05/2010)	4 (10/06/2010)	5 (21/06/2010)	6 (11/08/2010)	7 (19/08/2010)
n de Manning	2.62	1.96	1.75	1.33	3.90	0.86
Lag - time (K) [s]	155.90	77.58	35.69	16.25	82.79	64.30

La diferencia temporal (K) para cada evento lluvioso se determinó con el fin de obtener el tiempo de retardo que existe entre el volumen de entrada y el volumen de salida. Se observa de la tabla 4 - 5 que los segundos eventos tienen un tiempo de retardo menor que los primeros aguaceros. Esto pudo estar asociado a que el material se encontrara saturado de agua de los primeros eventos lluviosos.

Igualmente, los resultados obtenidos del n de Manning para cada material se atribuyen a las características geométricas del material, es decir, los tamaños dentro de los cuales se encuentra comprendido. Así, el material No. 1 representa una resistencia al flujo mayor que la de los materiales No. 2 y No. 3, debido a que este material comprende tamaños más pequeños, por consiguiente, existe mejor acomodación de las partículas y el flujo tiene mayor resistencia para atravesar por el material poroso.

De igual forma sucede con la grava No. 2, la cual es similar a la No. 1, pero se diferencia en que ya no tiene el material comprendido entre 10 mm y 20 mm, lo cual hace que tenga un menor número de partículas pequeñas que causen que el flujo pueda atravesar con una gran restricción a través del medio poroso, por lo tanto presenta un coeficiente de rugosidad menor al del material No 1, pero mayor al del No. 3.

El material No. 3, comprendido entre tamaños de partículas más grandes, tuvo un coeficiente de rugosidad menor en relación a las gravas No. 1 y No. 2, esto debido a que la presencia de materiales finos es menor y la brecha de tamaños existentes es menor. Por esto se le atribuye que el flujo tenga un comportamiento con menor restricción de flujo para atravesar el modelo.

Luego de encontrar el n de Manning asociado a cada tipo de grava, se procedió a encontrar la relación entre el comportamiento del perfil medido en cada tiempo y en cada punto de la trinchera, con el perfil calculado empleando el método del paso directo.

Se calculó el número de Froude (ecuación 2 - 12) para cada evento lluvioso, encontrando que el régimen de flujo en todos los tiempos para todos los eventos en todos los materiales fue un régimen sub-crítico con Números de Froude comprendidos entre $6,56 \times 10^{-05}$ y 0,34. Los cálculos de dichos Números de Froude se pueden ver en los anexos C, D y E.

A manera de ejemplo, se presentan a continuación los perfiles calculados y los medidos para tiempos específicos. En el anexo C, D y E, se encuentran los cálculos de paso directo para los materiales No. 1, No. 2 y No. 3 respectivamente para cada evento lluvioso de donde se obtienen los resultados que se utilizaron para realizar los gráficos de las figuras 4 - 16 a 4 - 21.

La idea de representar la línea crítica y la línea normal de flujo es determinar el perfil que se genera a partir de datos experimentales en el laboratorio. Además, debido a que se asumió el flujo como gradualmente variado, las figuras siguientes muestran para un instante de tiempo particular el comportamiento que tendría la línea de flujo medida y la calculada en el laboratorio suponiendo flujo estacionario gradualmente variado.

Teniendo en cuenta que la pendiente del terreno es totalmente horizontal, los perfiles generados van a ser relacionados con base a que la altura crítica de flujo será menor a la altura normal de flujo. Esto quiere decir, que debido a la longitud tan pequeña que tiene el modelo y la pendiente que tiene, la profundidad normal es altamente mayor que la profundidad alcanzada por los perfiles de flujo.

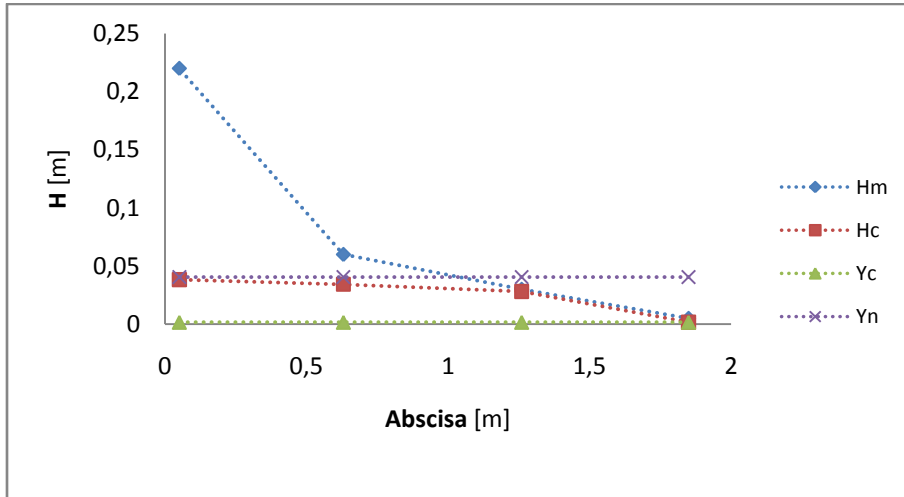


Figura 4 -16. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 20 Segundos - Material No. 1, evento No. 2 (27 de mayo de 2010)
 Hm es la altura medida, Hc es la altura calculada, Yc es la altura crítica y Yn es la altura normal

Según lo visto en figura 4 - 16, la profundidad crítica Y_c a los 20 segundos, la altura normal Y_n calculada se encuentra por debajo de la medida. Y se muestra diferencia en la sección 4 entre la profundidad medida y la profundidad calculada.

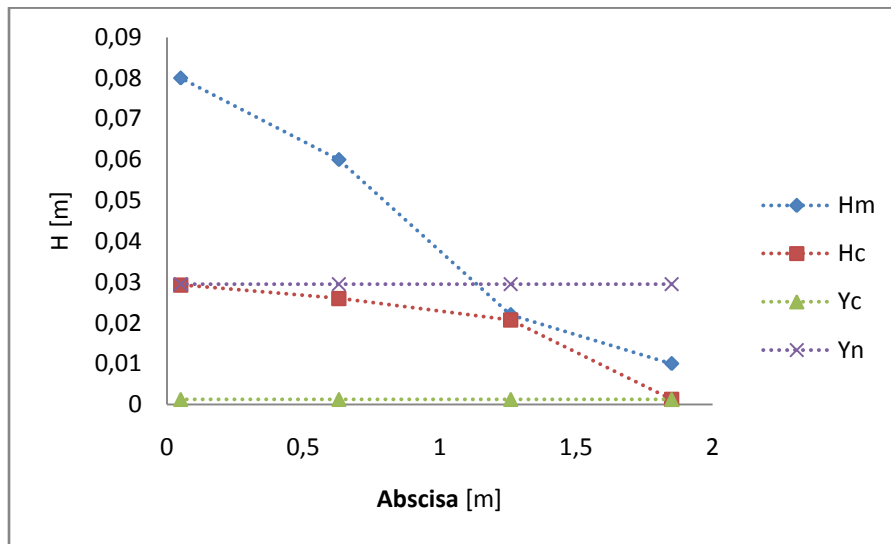


Figura 4 -17. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 30 Segundos - Material No. 1 evento No. 3 (31 de mayo de 2010)
 Hm es la altura medida, Hc es la altura calculada, Yc es la altura crítica y Yn es la altura normal

De acuerdo a las figuras 4 - 16 y 4 - 17 se observa que el perfil calculado corresponde a un perfil M2, ya que la pendiente que se escogió para el cálculo es diferente a cero. Asimismo,

como existe un flujo que varía en espacio y tiempo, la forma que se genera el perfil para los 30 segundos de un evento es totalmente diferente a los 30 segundos para otro evento, por lo tanto se considera importante mostrar el comportamiento del flujo en dos tiempos diferentes.

Para el material No. 1, en las figuras 4 - 16 y 4 - 17 se observa que a los 30 segundos se genera un perfil medido mayor que el calculado, debido a que las alturas medidas en el laboratorio están acumulando todo el caudal de entrada súbito generado en ocho (8) segundos.

Las figuras 4 - 18 y 4 - 19 muestran el perfil generado para el material No. 2 en instantes diferentes, donde se observa que el comportamiento del flujo en el transcurrir del tiempo genera una forma similar en el perfil medido y el calculado.

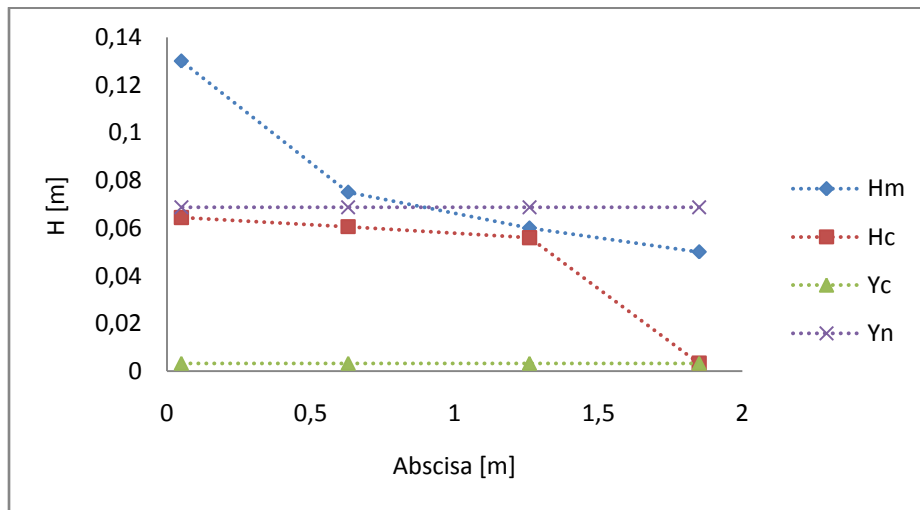


Figura 4 -18. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 30 Segundos - Material No. 2, evento No. 4 (10 de junio de 2010)
 H_m es la altura medida, H_c es la altura calculada, Y_c es la altura crítica y Y_n es la altura normal

Como se puede observar en la figura 4 - 19, a los 80 segundos el perfil había disminuido considerablemente y por ende se había evacuado una parte importante del volumen del agua y el perfil medido se asemeja mucho más al calculado.

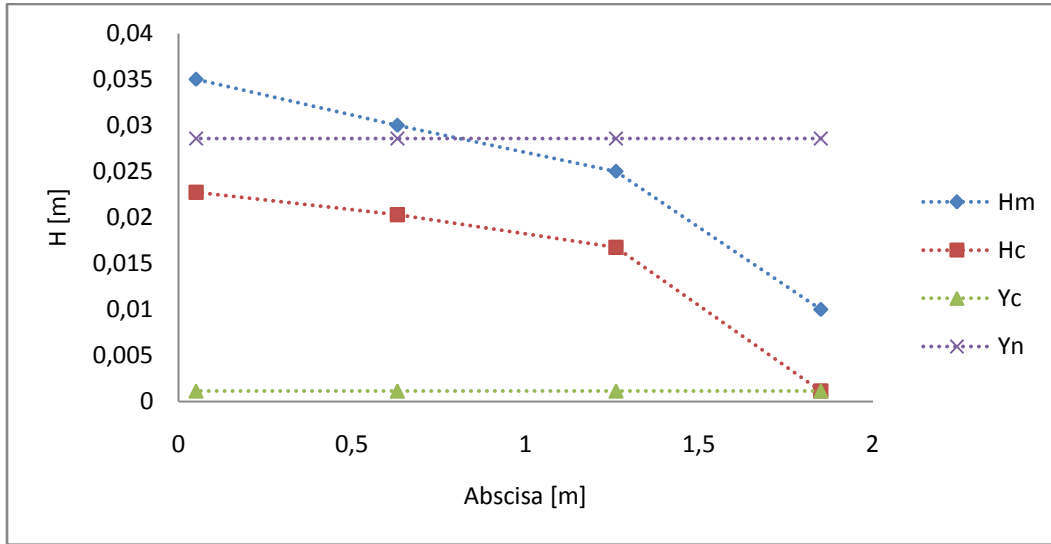


Figura 4 -19. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 80 Segundos - Material No. 2, evento No. 5 (21 de junio de 2010)
 H_m es la altura medida, H_c es la altura calculada, Y_c es la altura crítica y Y_n es la altura normal

De igual forma, como se observa en la figura 4 – 20, para el material No. 3 a los 80 segundos, se nota un comportamiento similar entre el perfil calculado y el medido.

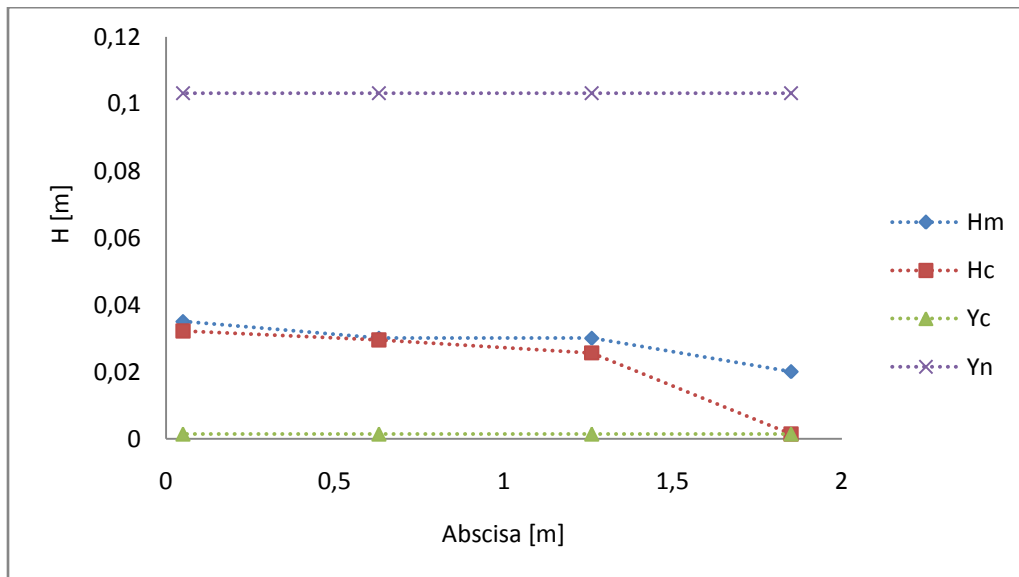


Figura 4 -20. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 80 segundos - Material No. 3, evento No. 6 (11 de agosto de 2010)
 H_m es la altura medida, H_c es la altura calculada, Y_c es la altura crítica y Y_n es la altura normal

En la figura 4 - 21 se observa que el comportamiento del flujo medido es similar a un perfil M2. A pesar de que existe una diferencia relevante en la altura del nodo cuatro, es

importante resaltar que el perfil calculado también corresponde a un perfil M2 y que por lo tanto se asemeja al perfil medido.

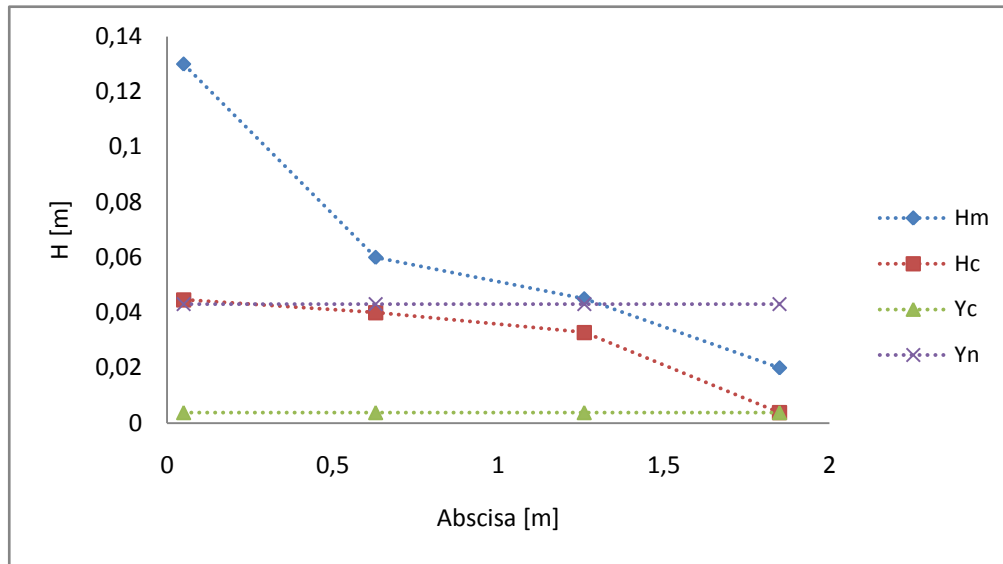


Figura 4 -21. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 30 Segundos - Material No. 3, evento No. 7 (19 de agosto de 2010)

H_m es la altura medida, H_c es la altura calculada, Y_c es la altura crítica y Y_n es la altura normal

Como el flujo real es no uniforme y no estacionario, los perfiles calculados representan una foto en un instante específico, en el cual el flujo es visto y calculado de esa manera de simplificación, como se vio en las figuras anteriores. Asimismo, estos perfiles fueron mostrados con el fin de observar el comportamiento de la línea de flujo en diferentes instantes, aunque es sabido que los perfiles no logran desarrollarse para longitudes tan pequeñas como aquella del modelo de trinchera de retención. Para longitudes mayores, este comportamiento puede lograr ser constante en tiempo y espacio cuando finalmente logre su longitud de desarrollo.

Siendo el caso estudiado anteriormente un flujo no estacionario gradualmente variado, el cálculo relacionado asumiendo flujo estacionario fue realizado con el fin de tener órdenes de magnitud del perfil a la entrada y a la salida del modelo de retención.

4.2. RESULTADOS AMBIENTALES

Para la determinación de la eficiencia ambiental del modelo de trinchera de retención, según el tipo de material poroso empleado, se realizaron pruebas con el agua lluvia de escorrentía recolectada en dos eventos lluviosos diferentes para cada tipo de material.

Se realizó la medición a la entrada y a la salida del modelo de: sólidos totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST), potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Química De Oxígeno (DQO), zinc (Zn), plomo (Pb), cadmio (Cd) y cobre (Cu).

Adicionalmente, se realizó un ensayo “blanco” para determinar las posibles cargas contaminantes que pudiera tener inicialmente el modelo y así verse afectada la eficiencia ambiental o de retención de contaminantes de la trinchera. Los resultados de laboratorio, para el agua de la salida de la trinchera, correspondientes al ensayo “blanco” se muestran en la tabla 4 - 6.

Tabla 4 - 6 . Resultados de metales pesados, agua de salida ensayo “blanco”

	SST	ST	DQO	pH	Cadmio (Cd)	Zinc (Zn)	Cobre (Cu)	Plomo (Pb)
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[Unidad]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Entrada	8	82	No detectable	7.15	No detectable	0.0967	0.0301	0.081
	6	82	No detectable	7.18	No detectable	0.1626	0.0157	0.1326
	18	78	No detectable	7.19	No detectable	0.1271	0.0248	0.1995
Salida	64	160	No detectable	6.98	No detectable	0,2608	0,0401	No detectable
	70	170	No detectable	6.99	No detectable	0,2674	0,0391	No detectable
	60	176	No detectable	7.01	No detectable	0,2697	0,0233	No detectable

Según los resultados obtenidos, la trinchera tuvo presencia inicial de zinc (Zn) y Cobre (Cu). Esto se podría atribuir a que el material del cual está hecho el modelo tenía alta presencia de dichos elementos, mientras que no se detectó ni cadmio (Cd) ni plomo (Pb).

Las concentraciones de metales halladas en el blanco, fueron tenidas en cuenta al momento en que se realizaron los respectivos análisis de eficiencia de retención de contaminantes.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de calidad de agua a la entrada y a la salida del modelo se presentan en el anexo F del presente documento, en el

cual se pueden observar los resultados de los análisis por triplicado realizados para cada muestra.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las muestras de agua de escorrentía a la entrada y a la salida de la trinchera, para cada tipo de material poroso.

Las siguientes tablas indican los valores a la entrada y a la salida (restando los valores obtenidos para el blanco) de la trinchera para Sólidos Suspendidos Totales (SST) en mg/l. En dichas tablas se puede observar que la presencia de SST a la salida del modelo es significativamente mayor con relación a aquella obtenida en la entrada para todos los tipos de grava empleados para el estudio, lo anterior probablemente debido a que el material conservaba sus condiciones naturales, es decir, no se le había hecho ningún lavado antes de ser utilizado como material poroso en la trinchera de retención.

Tabla 4 - 7 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) Material 1.

SST			
	SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	u(SST) (%)
ENTRADA	380	18.1671	5%
SALIDA	1173	4.7555	0.4%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-209	15	4.98E-05	sí hay diferencias significativas

La eficiencia mostrada en la tabla anterior se refleja en la siguiente figura, la cual indica que la incertidumbre asociada a la muestra de entrada es mayor en relación a la incertidumbre asociada a la salida del modelo.

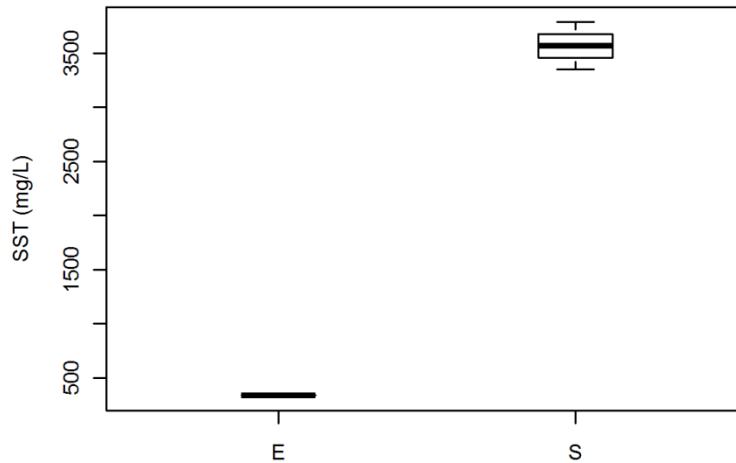


Figura 4 - 22 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Suspendidos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No.1).

La eficiencia mostrada de SST para el material No.1 indica que los valores de entrada son significativamente más bajos que los valores medidos a la salida (valores $p < 0,05$ en prueba t), lo cual se debe a la alta presencia de sólidos en el modelo de laboratorio. Dicha situación podría cambiar a medida que la trinchera se utilice, de tal forma que la relación entre los valores de entrada y salida anteriormente mostrada puede llegar a invertirse con el tiempo, por lo tanto se recomienda enfocar futuros estudios a la determinación de la incidencia de diversos eventos lluviosos en la eficiencia ambiental de las trincheras de retención.

La tabla 4-8 muestra los valores y eficiencias asociadas al material No. 2, el cual tuvo una entrada de SST de un orden similar a la de la entrada del material No.1, lo cual hace característica la cantidad de SST del agua lluvia escorrentía del tramo en el que se recolectaron las muestras.

Tabla 4 - 8 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Suspending Totales (mg/L)

Material 2.

SST			
	SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	u(SST) (%)
ENTRADA	360	36.099	10.03%
SALIDA	1600	3.129	0.20%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-344	45	0.000245	sí hay diferencias significativas

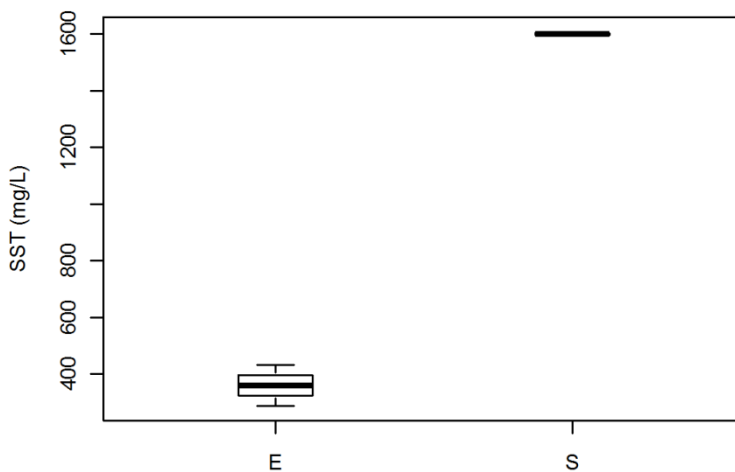


Figura 4 - 23 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Suspending Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).

Como se observa en la figura 4 - 23, los valores de entrada de SST son menores que los de salida. Esto mismo ocurre con los resultados de SST obtenidos para el material 1. Como se mencionó anteriormente esto puede deberse a la cantidad de SST que contenía el modelo de laboratorio.

Los resultados obtenidos de SST para el material No. 1 mostrado en la tabla 4 - 7 y los obtenidos para el material No. 2 mostrados en la tabla 4 - 8 son similares.

Por otro lado, dichos resultados difieren de los mostrados en la tabla 4-9, correspondiente al material No. 3, pues son más altos los resultados de entrada y salida para los primeros

materiales con respecto a los del último tipo de grava, lo anterior probablemente fue causado por las características de la muestra de agua lluvia recolectada para ese ensayo.

Tabla 4 - 9 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Suspending Totales (mg/L) Material 3

SST			
	SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	u(SST) (%)
ENTRADA	526.667	23.797	5%
SALIDA	833.111	81.102	10%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-58	17	0.0163	sí hay diferencias significativas

La siguiente figura muestra los resultados obtenidos para el material No. 3 y su incertidumbre asociada, demostrando que al igual que en los materiales No. 1 y No. 2 los valores de SST a la salida fueron significativamente mayores que los de entrada (valores $p < 0,05$ en prueba t).

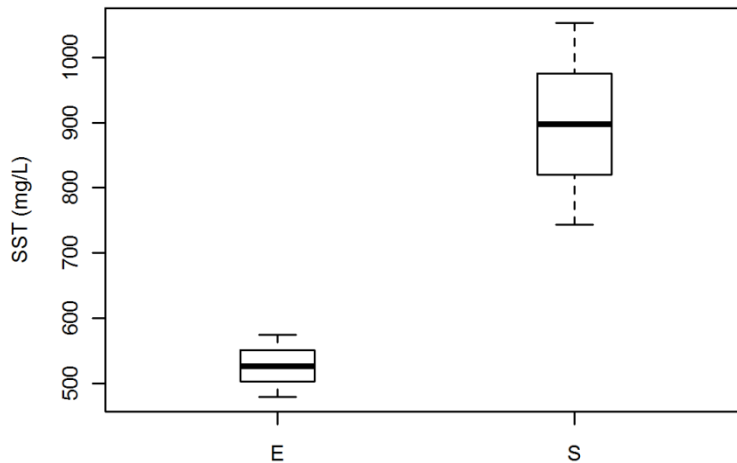


Figura 4 - 24 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Suspending Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No.3).

Los resultados mostrados en las tablas anteriores indican que el tipo de material influyó en éstos, ya que los materiales No. 1 y No. 2 tienen mayor presencia de finos, a diferencia del material No. 3. Esto refleja una menor cantidad de SST a la salida en los ensayos realizados

para el material No. 3 en comparación a los realizados para los materiales No. 1 y No.2 pero sin embargo, no existió remoción de SST para los tres materiales empleados.

Para Sólidos Totales (ST) los resultados obtenidos fueron similares a aquellos obtenidos para SST, en el sentido en que la salida fue mayor a la entrada debido a la cantidad de sólidos asociados a las gravas utilizadas en el modelo.

La siguiente tabla muestra la diferencia significativa (valores $p < 0,05$ en prueba t) de -146 % entre entrada y salida del modelo para el material No. 1.

Tabla 4 - 10 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Totales (mg/L) Material 1.

ST			
	ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	u(ST (%))
ENTRADA	484	34.7202	7.17%
SALIDA	1192	35.1656	2.95%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-146	19	1.57E-05	sí hay diferencias significativas

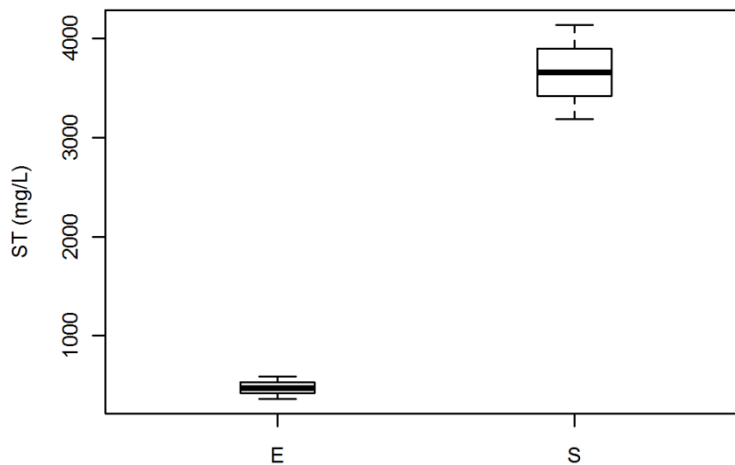


Figura 4 - 25 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No.1).

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para el material No. 2. En esta tabla se observa que la concentración promedio en ST a la entrada del modelo es inferior a aquella obtenida a la salida. Sin embargo, la gran incertidumbre (mayor al 100%) sobre el valor promedio de concentración de ST a la entrada hace que dichas diferencias (entre entrada y salida) no sean significativas (valor $p > 0.05$ en prueba t).

Tabla 4 - 11 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Totales (mg/L) Material 2.

ST			
	ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	u(ST) (%)
ENTRADA	1092.667	1133.895	103.77%
SALIDA	1547.000	1.865	0.12%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-42	147	0.5595	No hay diferencias significativas

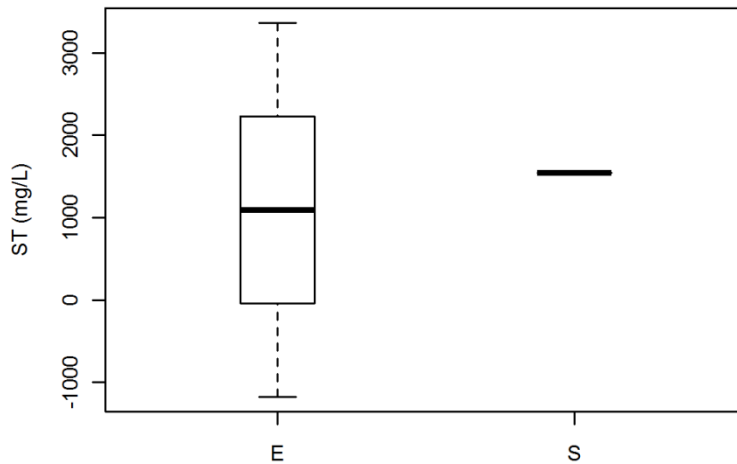


Figura 4 - 26 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).

Los resultados obtenidos a partir de las pruebas hechas al material No. 3 muestran que hubo menor cantidad de sólidos en el modelo de trinchera en relación a los materiales 1 y 2, esto pudo estar asociado a los tamaños comprendidos en el material No. 3.

Tabla 4 - 12 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Totales (mg/L) Material 3

ST			
	ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	u(ST (%))
ENTRADA	634.0000	1.1445	0.18%
SALIDA	812.6667	27.1763	3.34%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-28	4	0.0075	sí hay diferencias significativas

La incertidumbre asociada a la muestra de salida es mayor a la de la entrada. Posiblemente esta situación pudo deberse a la cantidad de sólidos en una muestra, es decir, la muestra no fue homogénea como sí lo fue la de entrada en donde la incertidumbre experimental asociada fue cercana a 1 mg/l.

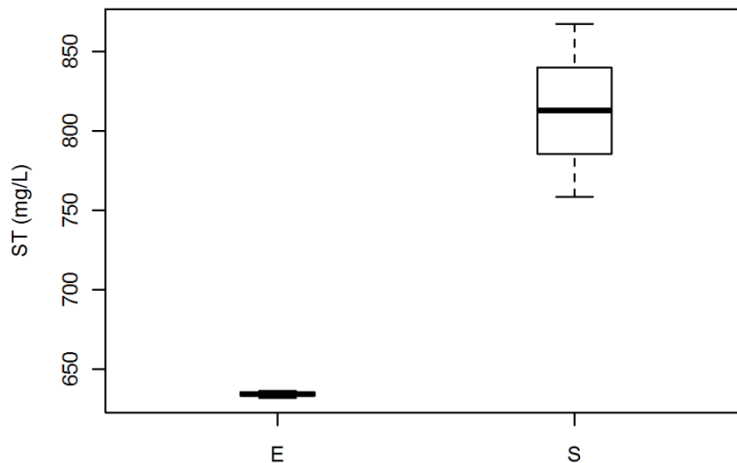


Figura 4 - 27 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).

Para ST los material 1 y 3 arrojaron diferencias significativas negativas del orden de -146 % y -28 % respectivamente, y el material 2 no tuvo diferencias significativas entre la entrada y salida del modelo, por lo tanto el modelo no obtuvo dentro de los análisis realizados una remoción significativa de ST.

Para la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los datos relacionados a la entrada y a la salida del modelo se encuentran en las siguientes tablas para cada material.

La DQO indica la cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas susceptibles de ser oxidadas que se encuentra en el agua lluvia de escorrentía, y que eventualmente puede ser retenida por la trinchera. Las tablas 4-13, 4-14 y 4-15 muestran para cada material los resultados encontrados de DQO en el modelo.

Tabla 4 - 13 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Demanda Química de Oxígeno (mg/L) Material No. 1.

DQO			
	DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	u(DQO) (%)
ENTRADA	130	14.5295	11%
SALIDA	120	0.1328	0.1%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
8	10	0.355	No hay diferencias significativas

La disminución de DQO para el material No. 1 es de 10 mg/L lo que representa una diferencia entre entrada y salida de 8 %, lo cual se puede observar en la siguiente figura en la que la concentración promedio a la entrada es mayor en relación a la obtenida a la salida mostrando que estas diferencias (entre entrada y salida) no son significativas (valor $p > 0.05$ en prueba t), lo cual indica que no se presentaron eficiencias elevadas de remoción de DQO para este material, teniendo en cuenta la incertidumbre encontrada en la muestra de entrada dentro de un 95 % de confianza. Esto pudo estar relacionado con que a las muestras de salida para la DQO se les realizó un proceso de decantación y filtración con el fin de que el espectrofotómetro pudiera leer realmente la concentración de DQO.

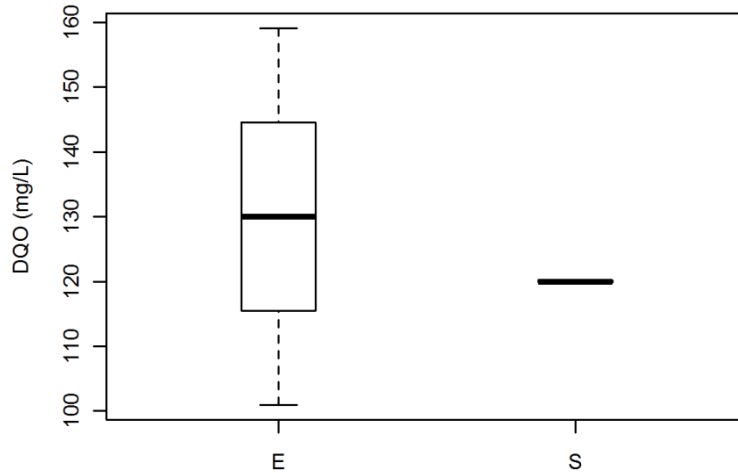


Figura 4 - 28 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Demanda Química de Oxígeno, y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).

En relación con el material No. 2 la tabla 4 - 14 muestra que la concentración promedio de DQO a la entrada es superior que a la salida. Sin embargo, la incertidumbre generada por la diferencia entre entrada y salida hace que no existan diferencias significativas (valor $p > 0.05$ en prueba t), por ende no se evidencia una remoción de DQO para ese material.

Tabla 4 - 14 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Demanda Química De Oxígeno (mg/L) Material No. 2.

DQO			
	DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	u(DQO) (%)
ENTRADA	61.1111	13.4696	22%
SALIDA	65.5556	18.3572	28%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-7	38	0.7537	no hay diferencias significativas

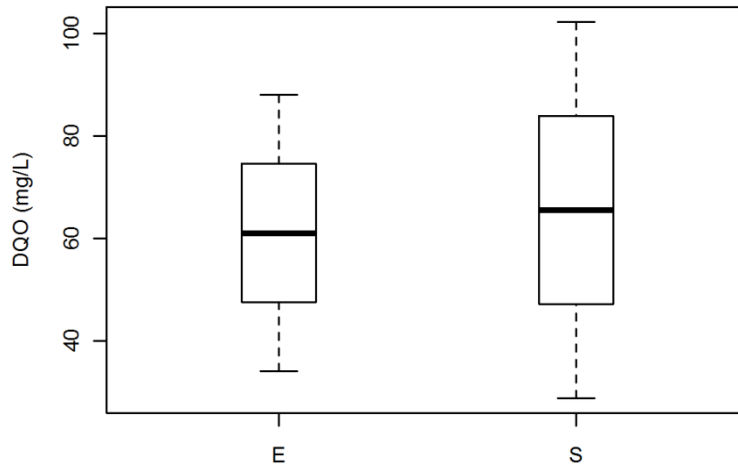


Figura 4 - 29 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Demanda Química de Oxígeno, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).

El material No. 3 muestra una disminución de DQO significativa entre la entrada y la salida (valores $p < 0.05$ en prueba t) con una eficiencia de 52 %. Como lo muestra la siguiente tabla, el material No. 3 mostró mayor disminución de DQO con relación a los materiales No. 1 y No. 2, lo cual se observa en la figura 4-30.

Tabla 4 - 15 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Demanda Química de Oxígeno (mg/L) Material No. 3

DQO			
	DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	u(DQO) (%)
ENTRADA	201.1111	5.0911	3%
SALIDA	96.6667	8.8200	9%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
52	5	0.0003	sí hay diferencias significativas

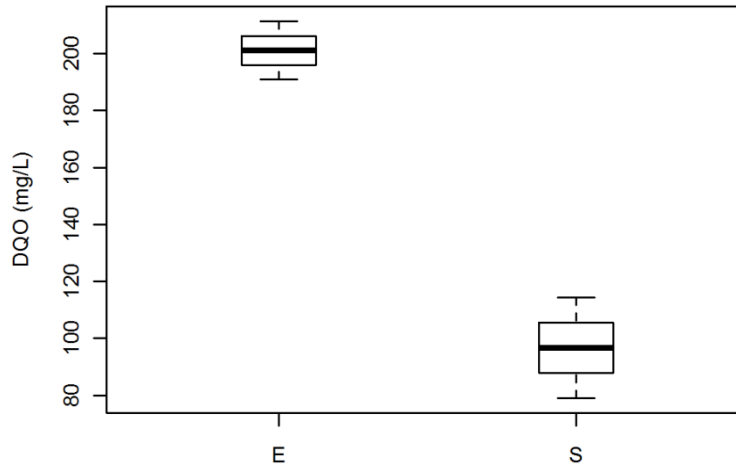


Figura 4 - 30 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Demanda Química de Oxígeno, y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).

Se debe tener en cuenta que debido a que el material se encontró en condiciones naturales y el método para el cálculo de la DQO se realizó a través del espectrofotómetro utilizado en el laboratorio, las muestras debían ser decantadas y filtradas antes de ser sometidas al ensayo, esto con el fin de reducir la cantidad de finos en la muestra de salida para que los rayos del espectrofotómetro no realizaran lecturas dispersas con relación a la medida real de DQO. Por lo tanto, el ensayo de detección de DQO exigió mayor exactitud con el fin de disminuir la incertidumbre experimental asociada.

En las tablas 4 - 13, 4 - 14 y 4 - 15 se puede observar que para los materiales No. 1 y No. 2 el modelo investigado no presentó eficiencias de remoción de DQO (, mientras que el material No. 3 tuvo una eficiencia del 52 % (teniendo en cuenta el ensayo blanco). La siguiente figura evidencia sustancias orgánicas en la muestra de entrada.



Figura 4 - 31 Retención de material orgánico en la entrada de la trinchera.

En cuanto al potencial de hidrógeno es importante tener en cuenta que el material poroso está compuesto de material calcáreo, por lo tanto esto tuvo una influencia en la disminución del pH a la salida en relación al de la entrada.

Los valores de pH para los tres materiales empleados siempre mostraron valores de pH superiores a 7. La siguiente tabla indica la disminución de pH para el material No. 1 en donde se observa que existe diferencia significativa en cuanto a los valores del pH a la entrada con respecto a la salida, por lo tanto este material muestra una eficiencia de 0.7 %.

Tabla 4 - 16 Resultados de entrada y salida de la trinchera para pH (unidad) Material No. 1.

pH			
	pH (Unidades)	u(pH) (Unidades)	u(pH) (%)
ENTRADA	8.8200	0.0142	0.2%
SALIDA	8.1733	0.0352	0.4%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
0.7	0.04	0.0002	sí hay diferencias significativas

La incertidumbre asociada a la muestra de salida pudo estar relacionada con la forma de realizar el ensayo, ya que había que agitar bien la muestra antes de someterla al peachímetro, lo cual pudo haber afectado el resultado.

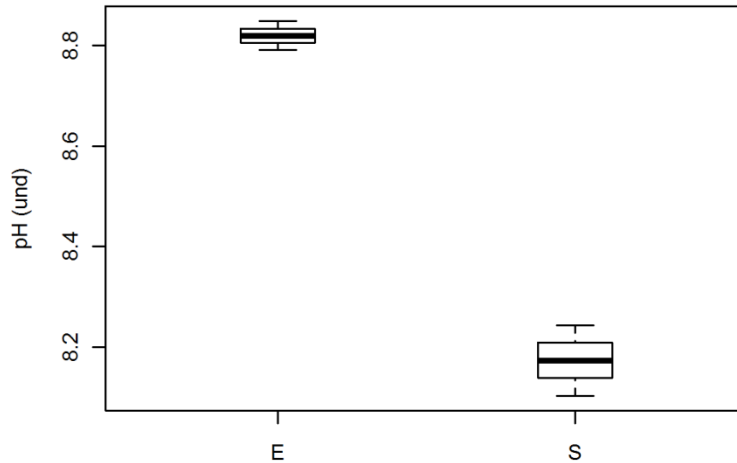


Figura 4 - 32 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de pH, y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).

Al igual que el material No. 1, la siguiente tabla muestra una eficiencia de retención de pH para el material No. 2 (eficiencia de 0.4 %) y su incertidumbre experimental asociada, mostrando valores más altos de salida en comparación con aquellos medidos a la entrada.

Tabla 4 - 17 Resultados de entrada y salida de la trinchera para pH (unidad) Material No. 2.

pH			
	pH (unidades)	u(pH) (unidades)	u(pH) (%)
ENTRADA	8.7050	0.0074	0.1%
SALIDA	8.3133	0.0121	0.2%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
0.4	0.01	2.48E-05	sí hay diferencias significativas

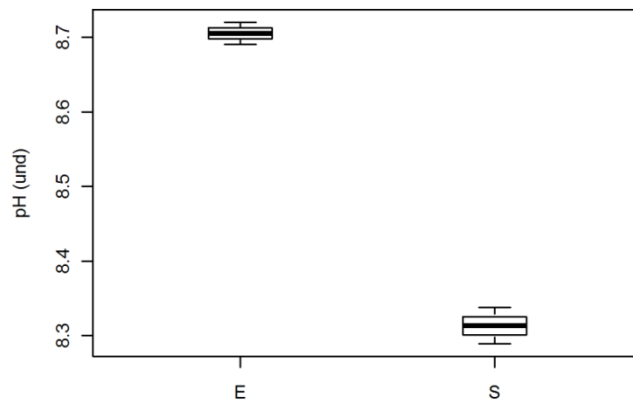


Figura 4 - 33 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de pH, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).

El material No. 3 mostró una diferencia de pH entre entrada y salida en menor proporción que los materiales No. 1 y No. 2 como se muestra en la siguiente tabla con una eficiencia de 0.2 %.

Tabla 4 - 18 Resultados de entrada y salida de la trinchera para pH (unidad) Material 3.

pH			
	pH (unidades)	u(pH) (unidades)	u(pH) (%)
ENTRADA	8.6500	0.0301	0.4%
SALIDA	8.4133	0.0353	0.4%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
0.2	0.05	0.001	sí hay diferencias significativas

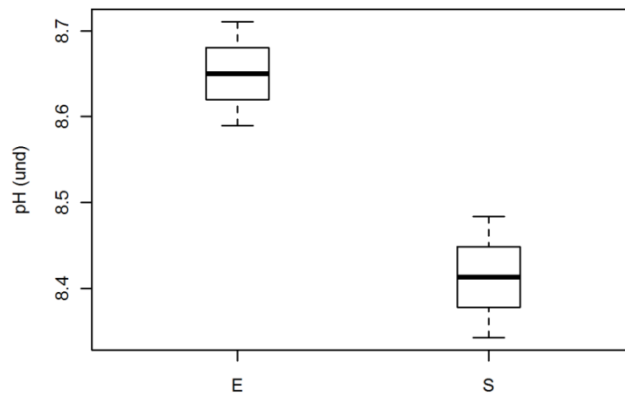


Figura 4 - 34 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de pH, y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).

De las tablas anteriores para pH, se pudo determinar que la disminución de dicho factor para cada material fue significativa (valores $p < 0.05$ en prueba t), principalmente para el material No. 1, el cual mostro una mayor disminución de pH en comparación con los demás materiales empleados. El blanco realizado presentó eficiencia de 0.2 % disminuyendo el pH de estado básico a ácido, igualmente el modelo para los 3 materiales presento eficiencia disminución de pH.

Para la determinación de metales de entrada y salida, es de suma importancia recalcar que el material del cual estuvo hecho la trinchera de retención fue de acero y guayas de acero galvanizado y que a pesar de que fue impermeabilizada, la permanencia en el laboratorio a espera de seis (6) meses en los cuales se realizaron los ensayos, fueron determinantes para los resultados obtenidos en los metales pesados, ya que la trinchera fue mostrando deterioro a lo largo del tiempo como se observa en las siguientes figuras con relación a la figura 3-10 mostrada en el capítulo 3:

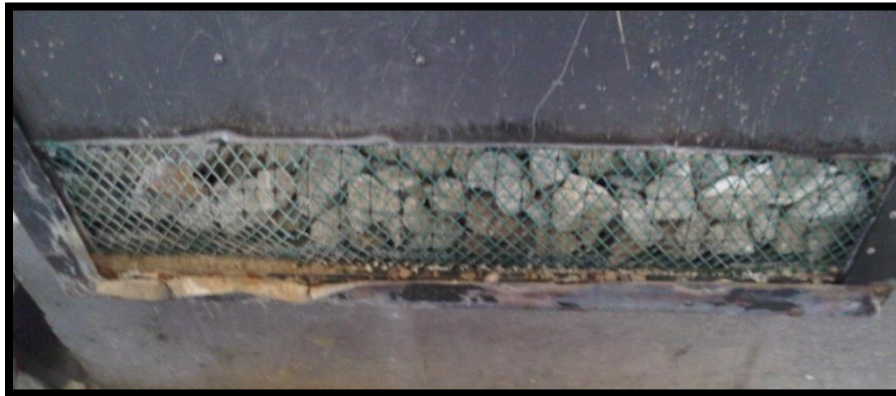


Figura 4 - 35 Deterioro del modelo de trinchera de retención de laboratorio



Figura 4 - 36 Deterioro del modelo de trinchera de retención de laboratorio

Por las causas anteriormente expuestas se realizó el blanco, para determinar las cargas de salida de metales que realmente tiene la trinchera de retención.

El modelo antes de ser ensayado para cada material, fue lavado retirando altas cargas de metales e impermeabilizado con el fin de prevenir contaminación por estos elementos. A pesar de esto, los siguientes resultados arrojan cantidades de metal con altas incertidumbres experimentales asociadas y con concentraciones mayores a la salida.

Tabla 4 - 19 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Zinc (mg/L) Material No.1.

Zn			
	Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	u(Zn) (%)
ENTRADA	0.0432	0.0044	10 %
SALIDA	0.1307	0.0352	26 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-203	87	0.047	sí hay diferencias significativas

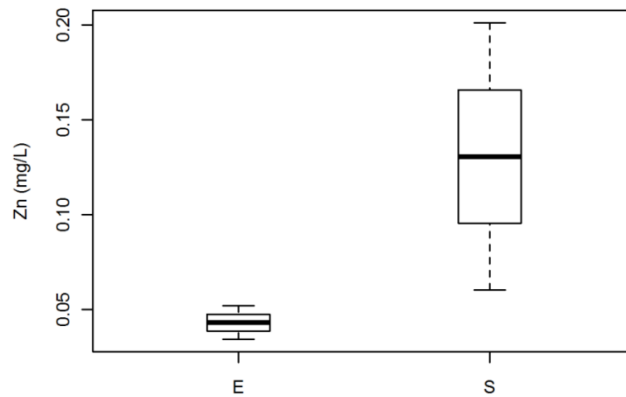


Figura 4 - 37 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Zinc [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).

Para el material No. 2 la muestra de salida de zinc sigue siendo mayor que la entrada con alta incertidumbre asociada en menor proporción que la diferencia del material No. 1.

Tabla 4 - 20 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Zinc (mg/L) Material No. 2.

Zn			
	Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	u(Zn) (%)
ENTRADA	0.0883	0.0069	8 %
SALIDA	0.1016	0.0164	16 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-15	21	0.2960	no hay diferencias significativas

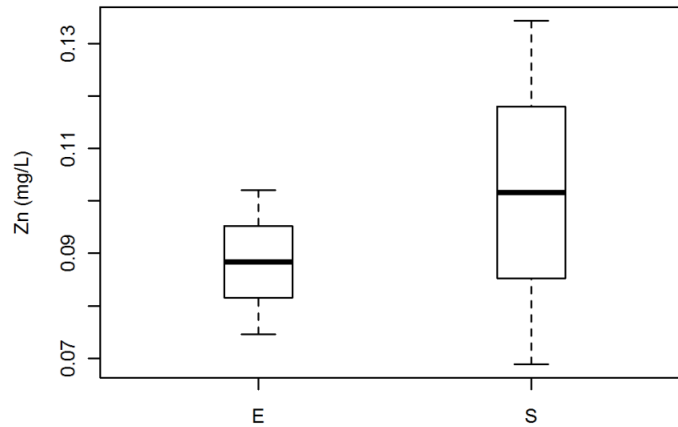


Figura 4 - 38 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Zinc [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).

El material No. 3 muestra un valor alto de zinc a la salida del modelo, esto debido al deterioro del modelo de retención, ya que, para esa grava el ensayo se realizó seis (6) meses después de haber instalado el modelo de laboratorio.

La siguiente tabla muestra la incertidumbre asociada a cada muestra y la eficiencia significativa del modelo con -1094 % de diferencia de salida a entrada, esto mostrando el deterioro progresivo del modelo hecho con este tipo de metales. A pesar de presentar diferencias significativas entre la entrada y salida del modelo, al ser esta negativa hace referencia a que no existe remoción de Zinc para este material.

Tabla 4 - 21 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Zinc (mg/L) Material No. 3.

Zn			
	Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	u(Zn) (%)
ENTRADA	0.0849	0.0047	6 %
SALIDA	1.0137	0.0110	1 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-1094	67	0.000003	sí hay diferencias significativas

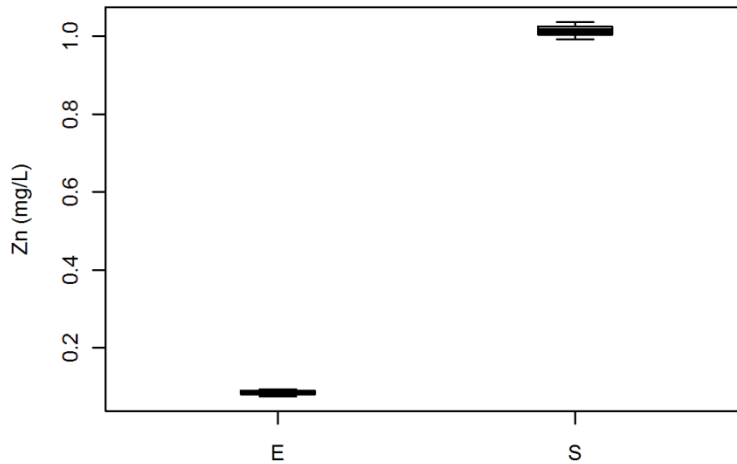


Figura 4 - 39 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Zinc [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).

Para zinc (Zn), las concentraciones a la entrada y a la salida están altamente relacionadas con que a pesar de que el resultado fue calculado con base al blanco, el modelo de laboratorio arrojó mucho zinc, por lo que los resultados obtenidos para ese ensayo en algunos aguaceros fue más alto a la salida que a la entrada como en el caso de los últimos aguaceros, donde el modelo ya llevaba mucho tiempo a la intemperie y se le podría entonces atribuir un deterioro considerable.

Para cobre (Cu), las cargas de entrada fueron relativamente bajas indicando poca presencia de ese elemento en el agua lluvia de escorrentía, a pesar de que las muestras analizadas fueron recogidas en un sector en el cual los vehículos de diferentes tracciones, arrojan piezas como tuercas, tornillos, entre otros, al transitar por la Carrera Séptima, y dichos

elementos constituyen una fuente conocida de contaminación del agua de escorrentía en las vías urbanas (APHA, 1989; Torres Abello, 2004).

La siguiente tabla muestra los resultados de cobre (Cu) para el material No. 1. Se observa la capacidad de disminuir ese elemento, con diferencia entre entrada y salida de 15 %, sin embargo la prueba *t* realizada entre los resultados de entrada y de salida permiten afirmar que no exista remoción de Cobre para este material, esto pudo deberse a la incertidumbre asociada a los ensayos.

Tabla 4 - 22 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cobre (mg/L) Material No. 1.

Cu			
	Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	u(Cu) (%)
ENTRADA	0.0217	0.0064	30 %
SALIDA	0.0184	0.0021	11 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
15	27	0.48	no hay diferencias significativas

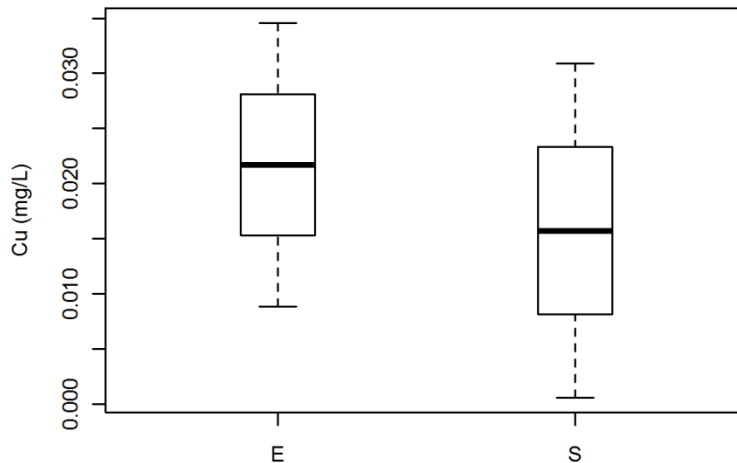


Figura 4 - 40 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cobre [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).

El material No. 2, como se observa en la tabla 4 - 22, mostró aumento de cobre, lo cual pudo estar relacionado a la aleación de las laminas de cobre del modelo, adicionalmente la prueba *t* realizada entre los resultados de entrada y de salida no permite afirmar que existan

diferencias significativas de concentraciones (valores $p > 0,05$) por lo tanto que no exista remoción de Cobre para este material.

Tabla 4 - 23 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cobre (mg/L) Material No. 2.

Cu			
	Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	u(Cu) (%)
ENTRADA	0.0165	0.0060	36 %
SALIDA	0.0191	0.0126	66 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-15	87	0.77	no hay diferencias significativas

Los valores consignados en la tabla 4 - 23 muestran los resultados de la prueba t para la eficiencia de retención de Cu del modelo, lo cual se aprecia en la figura 4 – 41, donde se aprecia que la gran incertidumbre asociada a los ensayos de entrada y salida pudo afectar en la eficiencia de remoción de Cobre.

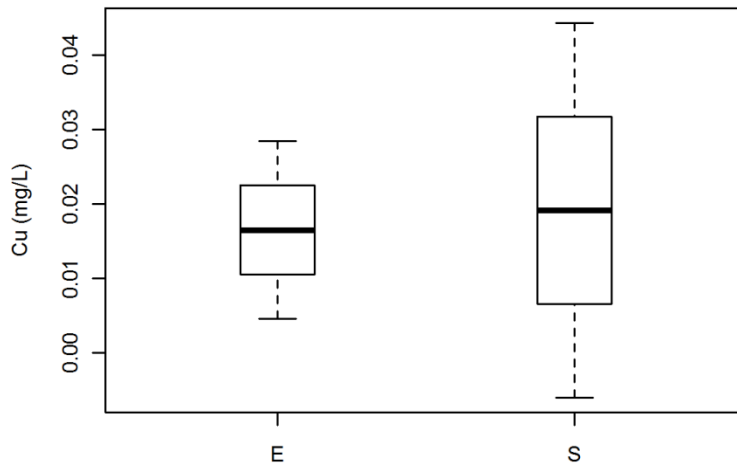


Figura 4 - 41 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cobre [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).

El material No. 3 muestra una disminución importante de cobre, y una gran incertidumbre experimental a la salida del modelo, como se observa en la tabla 4 - 24.

Tabla 4 - 24 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cobre (mg/L) Material 3.

Cu			
	Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	u(Cu) (%)
ENTRADA	0.0380	0.0041	11 %
SALIDA	0.0090	0.0088	98 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
76	23	0.02	sí hay diferencias significativas

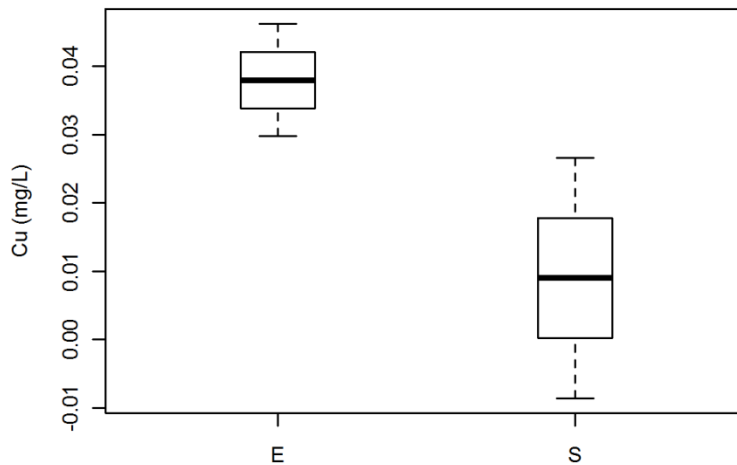


Figura 4 - 42 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cobre [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).

Los valores para cobre obtenidos a la salida de la trinchera son menores a los de entrada para los tres materiales ensayados. A diferencia de los materiales 1 y 2, el material 3 mostro eficiencia de remoción de Cobre igual a 76 %.

La presencia de cadmio (Cd) en el agua lluvia de escorrentía pudo estar asociada principalmente al desprendimiento de dicho elemento de baterías de carros, colillas de cigarrillo, residuos de procesos industriales, desgaste de neumáticos y residuos de combustión (Torres, 2004; APHA et al, 1989).

Las siguientes tablas indican que la presencia de cadmio a la salida del modelo disminuyó en relación a la entrada en mayor cantidad para el material No. 1, sin embargo la prueba *t* realizada entre los resultados de entrada y de salida no permite afirmar que existan diferencias significativas de concentraciones (valores $p > 0,05$), lo cual indica que el modelo no arrojó eficiencia de Cadmio para este material, esto pudo deberse a la incertidumbre experimental asociada a la muestra de entrada, es decir, a pesar de que existió una diferencia entre la muestra de entrada y la muestra de salida de 44 %, la incertidumbre asociada a la muestra de entrada en relación a la incertidumbre de la muestra de salida hizo que esta diferencia no sea significativa.

Tabla 4 - 25 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cadmio (mg/L) Material No. 1.

Cd			
	Cd (mg/L)	u(Cd) (mg/L)	u(Cd) (%)
ENTRADA	0.0156	0.0040	25%
SALIDA	0.0088	0.000073	0.8%
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
44	14	0.094	no hay diferencias significativas

En la siguiente figura no se observan diferencias significativas entre las concentraciones de Cd de entrada y salida debido a la gran incertidumbre asociada a la muestra de entrada.

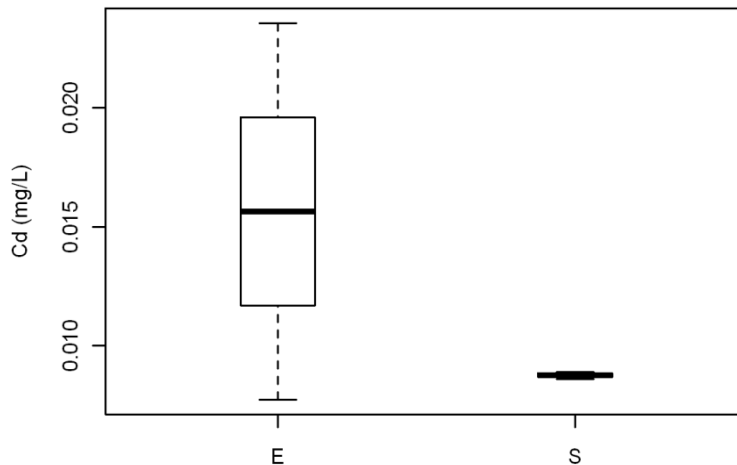


Figura 4 - 43 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cadmio [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).

El material No. 2 muestra un aumento en la cantidad de cadmio a la salida del modelo con respecto a la entrada. Una vez analizados los resultados obtenidos con el blanco (no hay presencia de cadmio en el modelo) y la composición del modelo, no se esclarece el posible origen de dicho metal a la salida de la trinchera.

Tabla 4 - 26 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cadmio (mg/L) Material No. 2.

Cd			
	Cd(mg/L)	u(Cd) (mg/L)	u(Cd) (%)
ENTRADA	0.0467	0.0183	39 %
SALIDA	0.3306	0.0501	15 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-608	297	0.005	sí hay diferencias significativas

La siguiente figura muestra los resultados obtenidos para el material No. 2. En esta figura se observa que la concentración promedio de Cadmio a la entrada es inferior que a la salida y que por lo tanto el modelo no arrojo remoción de Cadmio para este material.

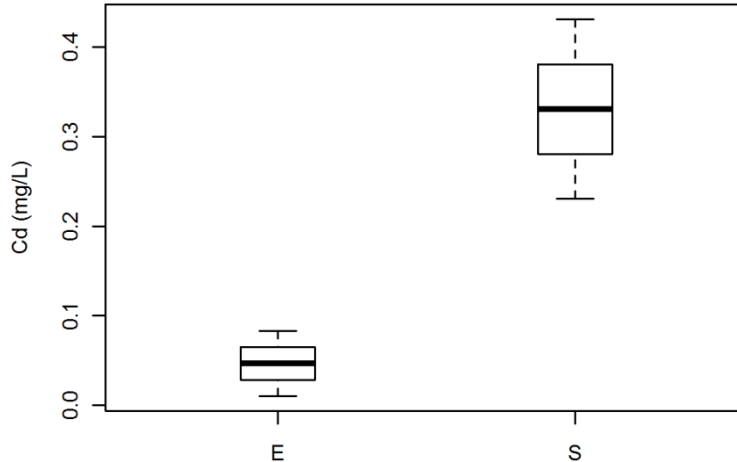


Figura 4 - 44 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cadmio [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).

Para el material No. 3 no hay diferencia significativa de remoción de cadmio entre la entrada y salida del modelo (valor $p > 0.05$ en prueba t), por lo tanto no se encontró remoción de Cadmio para este material.

Tabla 4 - 27 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cadmio (mg/L) Material No. 3.

Cd			
	Cd(mg/L)	u(Cd) (mg/L)	u(Cd) (%)
ENTRADA	0.02910	0.00121	4 %
SALIDA	0.02610	0.00180	7 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
10	7	0.08	no hay diferencias significativas

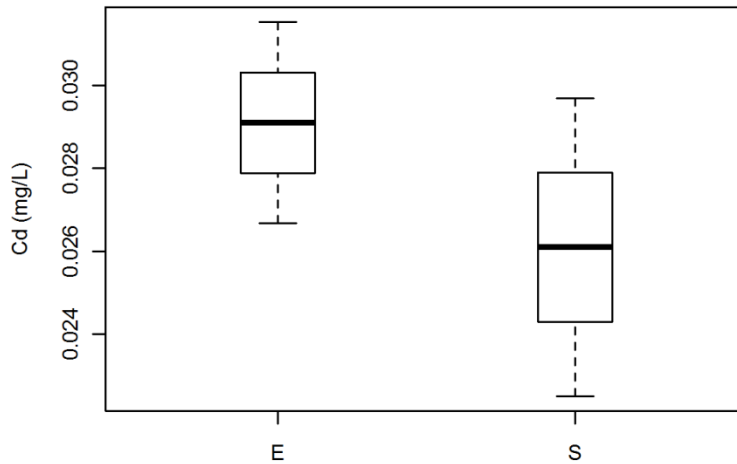


Figura 4 - 45 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cadmio [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).

Para Cadmio los valores de eficiencia para materiales 1 y 3 fueron positivos pero mostrando que no existe una diferencia significativa entre la muestra de entrada y la muestra de salida, asimismo el material 2 arrojó diferencias significativas negativas por lo tanto los materiales no mostraron una remoción de Cadmio en el modelo de trinchera. Esto teniendo en cuenta un rango de confiabilidad de 95 %.

Los valores de plomo (Pb) en las muestras recolectadas no fueron detectables en ninguno de los ensayos realizados para ningún material, a excepción del último evento lluvioso (No.7 de 19 de Agosto de 2010) correspondiente al material No. 3, en donde indicó mayor presencia a la salida que a la entrada y esto mostró que para este material el modelo no reportó remoción de este contaminante. Los anteriores resultados concuerdan con el ensayo blanco realizado, en el cual se encontró que en la trinchera no había presencia de ese

elemento. En cuanto al resultado correspondiente al material No. 3, en el que si se evidenció un aumento de plomo, lo cual pudo estar relacionado con la composición de las láminas de acero del modelo y el tiempo de exposición de este a la interperie y al agua.

Tabla 4 - 28 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Plomo (mg/L) Material No. 3.

Pb			
	Pb(mg/L)	u(Pb) (mg/L)	u(Pb) (%)
ENTRADA	0.1223	0.0602	49 %
SALIDA	0.1355	0.0523	39 %
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (%)	pValue	Significativo?
-11	69	0.79	no hay diferencias significativas

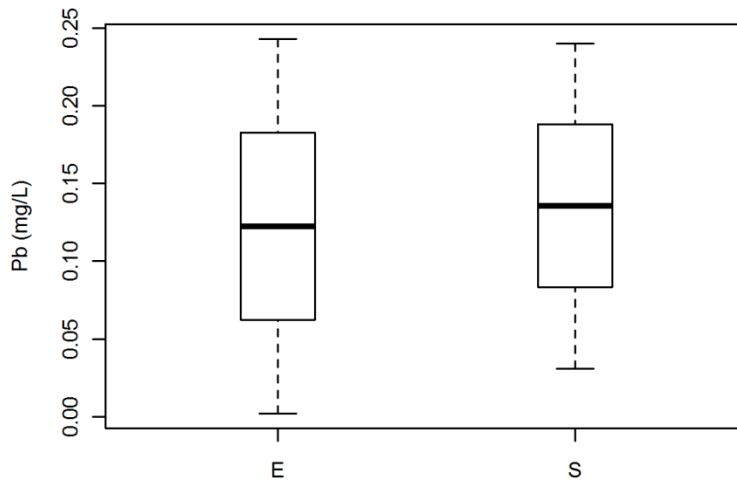


Figura 4 - 46 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Plomo [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).

Como se observó en las tablas anteriores, cuatro factores como lo son el material petreo, el material de la trinchera, el material poroso en estado natural y la incertidumbre asociada a los ensayos fueron determinantes para poder encontrar la eficiencia del modelo de laboratorio.

En el presente numeral, no se detectaron eficiencias elevadas de retención de contaminantes, pero este aspecto necesita ser evaluado con mayor detalle, realizando un

mayor muestreo y contemplando la utilización prolongada de la trinchera bajo condiciones reales de operación.

En la siguiente tabla se muestran las eficiencias obtenidas para cada contaminante y cada material:

Tabla 4 - 29 Eficiencias obtenidas para cada contaminante y cada material

Material	Eficiencia (%)							
	SST	ST	DQO	pH	Zinc	Cobre	Cadmio	Plomo
1	(-209)	(-146)	(8)	0.6	(-203)	(15)	(44)	(No Detectable)
2	(-344)	(-42)	(-7)	0.4	(-15)	(-16)	(-608)	(No Detectable)
3	(-58)	(-28)	52	0.2	(-1094)	76	(10)	(-11)

De la tabla anterior, los valores consignados en paréntesis permiten mostrar que no existieron diferencias significativas entre muestras de entrada y de salida del modelo. De la tabla anterior, se deduce que los tres materiales empleados no arrojaron eficiencias de remoción de SST, ST, Zinc, Cadmio y Plomo. Los resultados obtenidos para los materiales 1 y 2 muestran que no se reportan eficiencias significativas de remoción de DQO y Cobre (95 % de confianza) mientras que el material 3 sí mostró eficiencias significativas de remoción de DQO (52 % de eficiencia) y Cobre (76 % de eficiencia).

Para el pH los resultados muestran que a pesar de obtener bajas eficiencias de disminución de este parámetro, el modelo para los tres materiales arrojó diferencias significativas de disminución de pH. En un orden de mayor a menor disminución de pH se encuentran el material 1 (0.6 %), material 2 (0.4%) y material 3 (0.2 %) respectivamente.

Finalmente, se podría recalcar que el material 3 es un material apropiado para el uso de trincheras de retención, ya que fue el material que mas cantidad de eficiencia de cargas contaminantes tuvo.

5. SÍNTESIS DE MODELO DE RETENCIÓN

Este capítulo presenta la forma en cómo se llevó a cabo la relación modelo-situación real para encontrar datos de diseño.

Inicialmente fue necesario tener en cuenta para cada material el hidrograma de entrada y de salida obtenido de los ensayos de laboratorio, los cuales se pueden observar en el capítulo 4, figuras 4 - 1 y 4 - 2 para el material 1, 4 - 4 y 4 - 5 para el material 2 y 4 - 7 y 4 - 8 para el material 3.

Es importante recalcar que las trincheras de retención dependen de condiciones topográficas, características de las vías y capacidad de evacuación de escorrentía con el fin de mitigar las inundaciones que se presenten. Por tal explicación, se escogió como cuenca de estudio un tramo hipotético de vía con longitud de 160 metros en un sólo sentido, el cual fue necesario para determinar un hidrograma de entrada de diseño sobre el cual se encontró un hidrograma de salida de diseño. Este hidrograma de salida de diseño se halló mediante una metodología propia desarrollada para tal fin y explicada más adelante.

El impulso hidráulico utilizado como hidrograma de entrada experimental en laboratorio (ver figuras 4-1 para material 1, 4-4 para material 2 y 4-7 para material 3) y el hidrograma de salida generado según el material granular empleado (ver figuras 4-2 para el material 1, 4-5 para material 2 y 4-8 para material 3) fueron utilizados como referencia para generar reglas de diseño hidráulico de la trinchera de retención. Por lo tanto estos hidrogramas de entrada y de salida se utilizaron con el fin de tener un volumen de escorrentía y considerarlo como un volumen unitario en la cuenca de estudio y así extrapolar los resultados obtenidos en el laboratorio a situaciones de diseño. Es decir, sobre el hidrograma de entrada y salida del modelo de laboratorio, se construyó el hidrograma de salida de diseño para la situación de estudio que se presenta a continuación en el siguiente esquema, que como se mencionó anteriormente tiene una longitud de 160 metros y cuenta con un sólo sentido de vía.

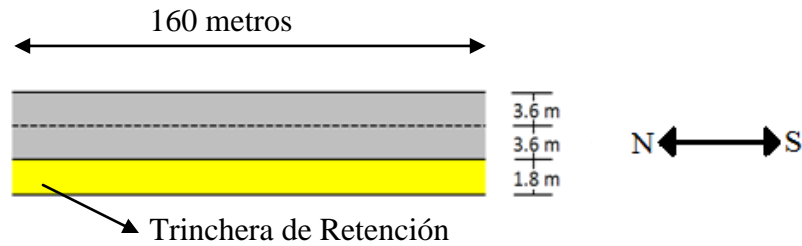


Figura 5 - 1: Esquema de diseño hipotético.

Para determinar el caudal de entrada real a la cuenca de estudio fue necesario tener en cuenta la normatividad existente en Colombia correspondiente a diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas (RAS 2000 Título D).

Con base en este título, se tuvo que tener en cuenta el área de drenaje de la cuenca, la intensidad del evento lluvioso al cual se le aplicó el diseño, el tiempo de concentración que recorre el agua hasta la entrada de la trinchera y el caudal de diseño calculado mediante el método racional presentado en el capítulo 2 a través de la ecuación 2 - 13 con el fin de realizar una guía de diseño para este tipo de técnicas.

El trazado de la trinchera de retención se hace como se mostró en el esquema anterior en función de la topografía asociada al tramo de diseño, que para efectos del ejemplo se adoptó una pendiente longitudinal de 0.0001 m/m.

Para caracterizar el diseño de este tipo de materiales se determinó como área de la cuenca el tramo de estudio desarrollando un área de drenaje de longitud vial igual a 160 metros por el ancho de la vía en sentido Norte – Sur de 3.6 metros. Para determinar el hidrograma de diseño asociado a la cuenca de estudio fue necesario calcular el tiempo de concentración acorde a la ecuación 2- 15 de donde se tiene que el tiempo de entrada $T_e = 2.89$ minutos fue el mismo para cada material, ya que, las características para el cálculo fueron las mismas.

Se calculó el tiempo de recorrido (T_r) en la trinchera de retención a través de la ecuación 2 - 16 en la cual se adoptó una velocidad real de flujo en la trinchera de retención obteniendo para cada material valores diferentes, los cuales son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 5 - 1 Valores de tiempo de recorrido para cada material en 160 metros de estudio.

Material	Tr (minutos)
1	8.550
2	10.260
3	10.290

De acuerdo la sección 2.3.3 el tiempo de concentración para cada material fue el siguiente:

Tabla 5 - 2 Tiempo de concentración para cada material.

Material	Tc (minutos)
1	11.440
2	13.150
3	13.180

Luego de tener el tiempo que demora en escurrir la lluvia desde su punto más lejano hasta la entrada de la trinchera, se determinó a través de la duración de la lluvia la intensidad de precipitación asociada.

La siguiente figura es la curva IDF para la zona de estudio y muestra la intensidad asociada a la duración para diferentes periodos de retorno.

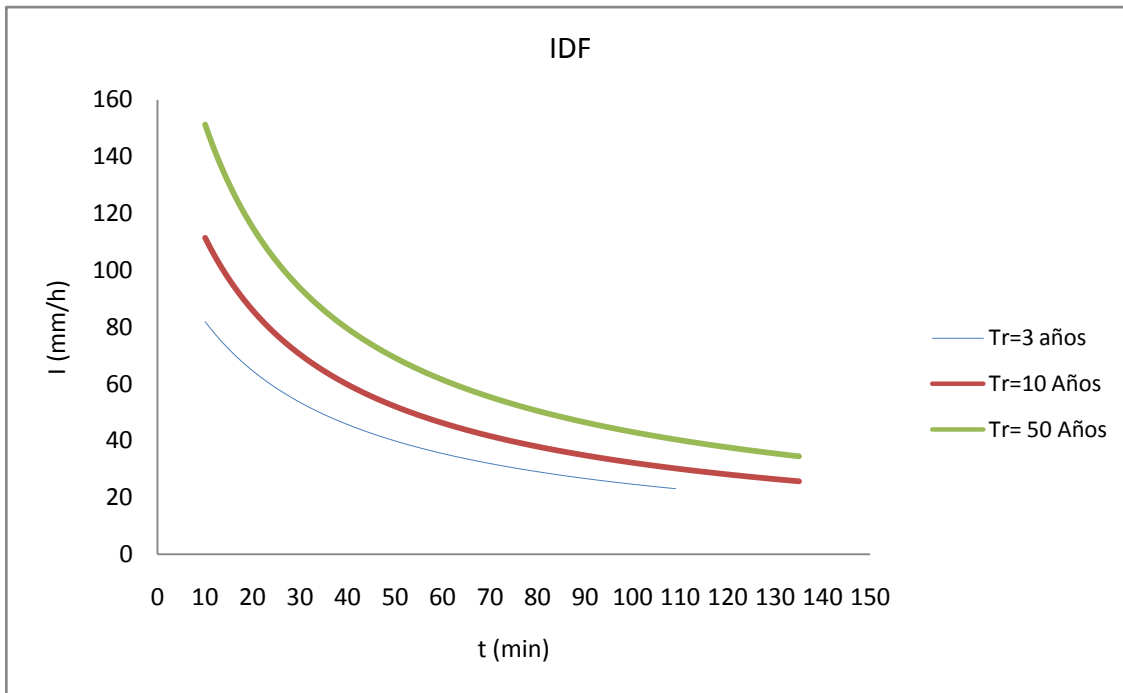


Figura 5 - 2 Curva IDF asociada a zona de la Universidad Pontificia Javeriana de Bogotá.

El periodo de retorno es considerado como el número de años que en promedio la magnitud de un evento extremo es igualado ó excedido (RAS, 2000). Se considera de 3 años para este trabajo, para efectos de probabilidad de ocurrencia en lluvias de intensidad baja. De acuerdo a lo anterior, existen relaciones clásicas que ligan la intensidad, duración y frecuencia de un evento lluvioso: para este trabajo de grado se adopta la fórmula de Montana la cual es aceptada para duraciones mayores a 5 minutos y los coeficientes de la fórmula se pueden determinar para la zona de estudio. Para este trabajo se escogió como zona de estudio la zona 1 del mapa de zonificación pluviográfica propuesto de Bogotá. Zona dentro de la cual se encuentra la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá (Torres Abello, 2004).

De acuerdo a la zona 1, los coeficientes de Montana para un periodo de retorno de 3 años son los siguientes:

$$C_1 = 2304,4$$

$$X_0 = 24,8$$

$$C_2 = -0,94$$

En donde la intensidad de precipitación en [mm/h] se calculó a partir de la ecuación 2 - 14 que corresponde a:

$$I = C_1 * (X_0 + T_c)^{C_2}$$

Donde T_c corresponde al tiempo de concentración en minutos.

De la figura 5 - 2 se obtienen las siguientes intensidades, asociándola con la tabla 5 - 2:

Tabla 5 - 3 Intensidad de precipitación para cada material

Material	I (mm/h)
1	78.872
2	75.527
3	75.471

La figura 5 - 2 es la curva IDF representativa de una zona en cercanía de la Universidad Pontificia Javeriana de Bogotá – Colombia. Para efectos de cálculos en otras zonas se deben construir las curvas IDF distintas a las reportadas en este capítulo.

Aplicando la ecuación 2 - 13 correspondiente a la formula racional, se encontró el caudal de entrada de diseño de la cuenca de estudio para cada material y de esa forma se logró relacionar el hidrograma de laboratorio con el hidrograma de diseño aplicable a situaciones reales. Los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5 - 4 Caudal de entrada a la cuenca.

Material	Q_{entrada} (m^3/s)
1	0.01263
2	0.01209
3	0.01208

Finalmente se tiene a manera de ejemplo la siguiente figura con el fin de mostrar el hidrograma de entrada y salida en el laboratorio, el cual se superpuso a la lluvia de diseño. Los demás hidrogramas de entrada y salida de laboratorio se pueden observar en el anexo C, D y E para materiales 1, 2 y 3 respectivamente.

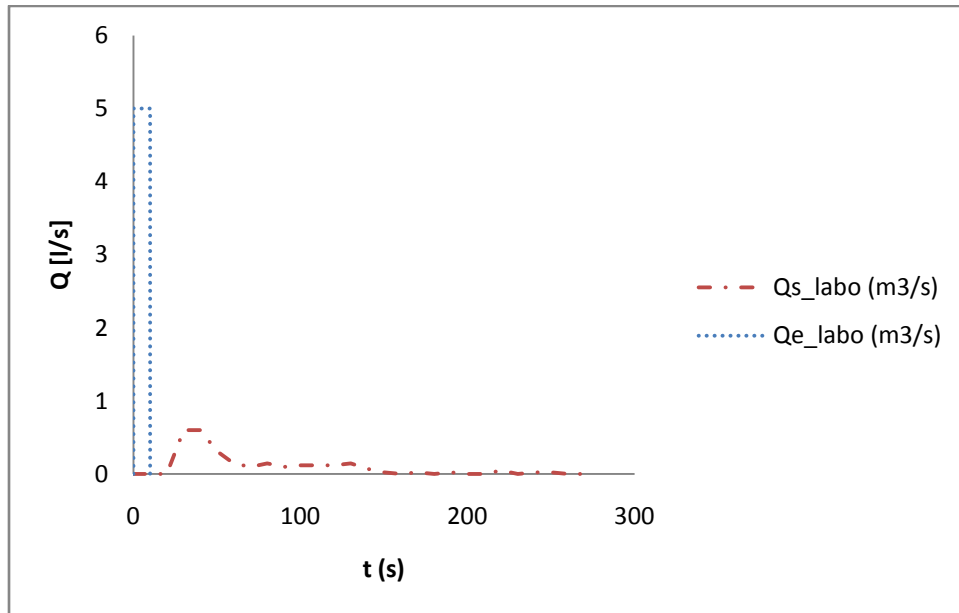


Figura 5 - 3 Hidrograma de Entrada y Salida generado en el laboratorio.

Como se observa en la figura anterior, el espacio temporal entre el hidrograma de entrada y el hidrograma de salida es generalmente bajo ya que la intensidad de precipitación y el recorrido del agua en el modelo fueron mínimos en relación a los que se pueden presentar en condiciones reales.

La idea de tener este tipo de hidrogramas es generar a partir de ellos el hidrograma de salida de la cuenca de estudio a través de una metodología basada en el principio de hidrograma unitario y superposición de éstos. La metodología de cálculo consistió en superponer el hidrograma de entrada de laboratorio al hidrograma de entrada de diseño en función del tiempo, es decir, el volumen de agua asociado al hidrograma de entrada del laboratorio en cuanto tiempo es igualado por el caudal de entrada de diseño. Así, el hidrograma de salida de diseño es calculado a través del hidrograma de salida de laboratorio superpuesto en el tiempo en el cual este volumen de agua fue igualado.

De manera explícita se presenta la tabla 5-5 la cual fue generada a partir de los hidrogramas presentados en la figura 5-3 en donde el volumen generado por el hidrograma de entrada del laboratorio fue 50 L y a través de la metodología anteriormente descrita para el cálculo del caudal de entrada de diseño se determinó el tiempo en el cual este caudal generó el

volumen obtenido del laboratorio que para efectos del ejemplo fue cada 4 segundos. Por lo tanto, el hidrograma de salida de diseño se generó a partir de los 4 segundos hasta que se estabilizó el hidrograma de salida de diseño.

Tabla 5 - 5 Ejemplo de cálculo de hidrograma de salida de diseño.

t (s)	Qe (m ³ /s)	V (l)
0	0.00000000	0.00000000
1	0.01208499	12.08498963
2	0.01208499	24.16997925
3	0.01208499	36.25496888
4	0.01208499	48.33995851
5	0.01208499	60.42494814
6	0.01208499	
7	0.01208499	
8	0.01208499	
9	0.01208499	
10	0.01208499	
11	0.01208499	
12	0.01208499	
13	0.01208499	
14	0.01208499	
15	0.01208499	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	
20	0.00000000	
21	0.00000000	

Como se mencionó anteriormente, cada 5 segundos se va a superponer el hidrograma de salida de laboratorio con el fin de generar la estabilización del hidrograma de salida de diseño como se presenta en la figura 5 - 3:

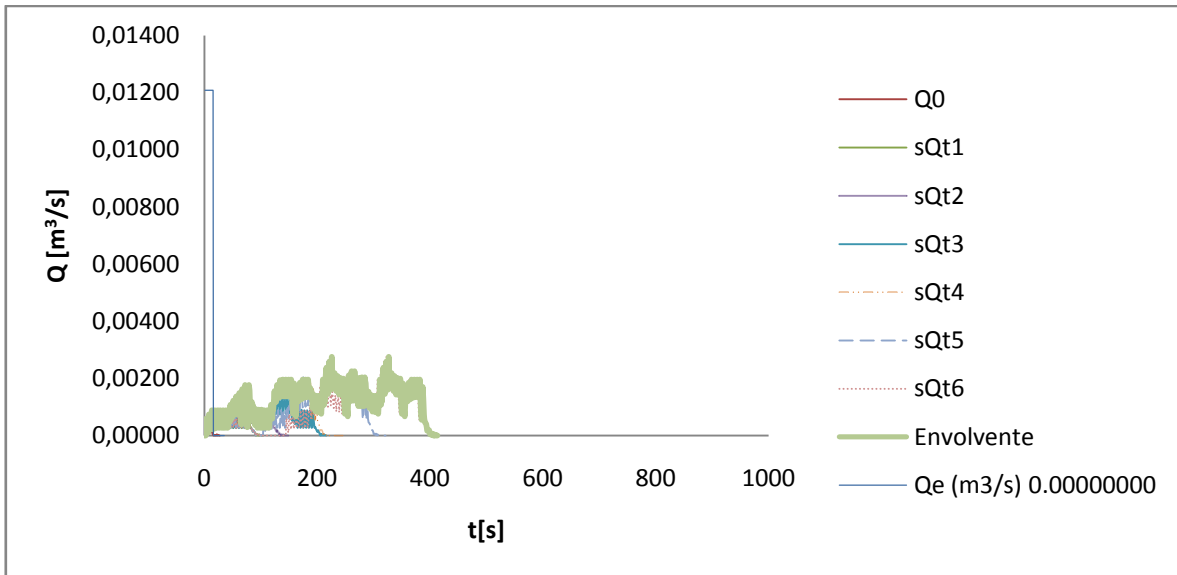


Figura 5 - 4 Hidrograma de entrada y salida de diseño.

Se observa que el caudal máximo generado a partir del de laboratorio es muchísimo menor que el de entrada de diseño, lo que corresponde a que el hidrograma de salida hace un desplazamiento a lo largo del tiempo, disminuyendo los volúmenes de escorrentía. Además se observa que el caudal máximo de salida se estabiliza a lo largo del tiempo indicando el máximo caudal de escorrentía que puede ser generado por esa lluvia. En el anexo C, D y E se encuentran los diferentes hidrogramas de diseño para los materiales 1, 2 y 3 respectivamente.

Después de haber generado el hidrograma de salida de diseño a partir del hidrograma de salida de laboratorio, se vuelve importante determinar el tiempo de retardo entre los baricentros de los hidrograma de entrada y salida de diseño, el cual se representa como el parámetro K (Lag time) ya que este parámetro representa el tiempo de almacenamiento real que puede tener el modelo y se utiliza con el fin de asociar la duración de la lluvia a través de características generales de la cuenca como su longitud.

El lag - time (K) se calculó para longitudes totales de trinchera de 100, 130, 160 y 190 metros mediante todo el procedimiento explicado anteriormente. De esa manera se obtuvieron las siguientes relaciones de tiempo de retardo con respecto a la longitud.

Este lag - time (K) tiene una relación lineal a la longitud ya que, a mayor área mayor va a ser el tiempo de recorrido que tiene que realizar la lluvia por lo que la duración va a ser

mayor como se indican en las figuras 5 - 5, 5 - 6 y 5 - 7. El cálculo de las regresiones fue realizado para longitudes mayores a 190 metros.

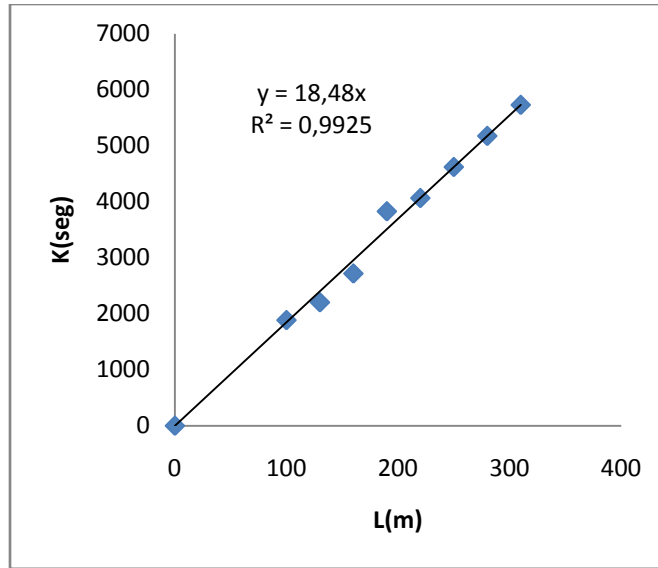


Figura 5 - 5 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 1.

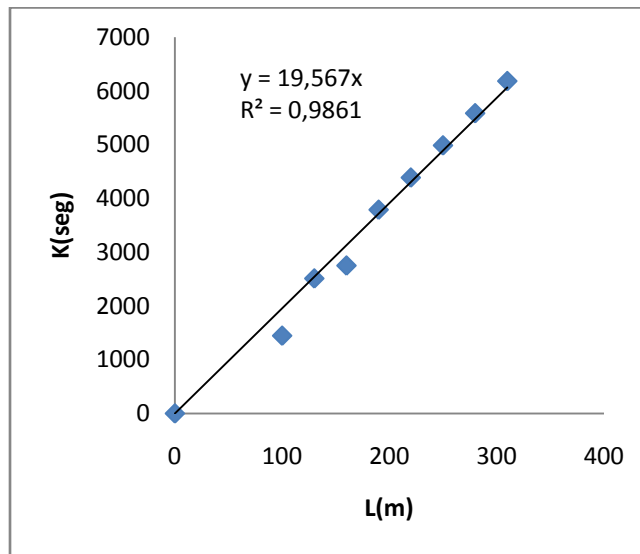


Figura 5 - 6 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 2.

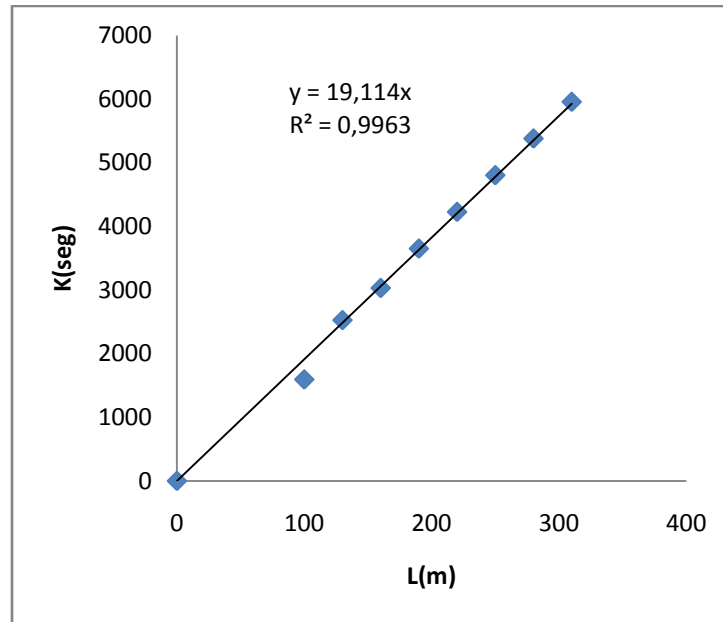


Figura 5 - 7 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 3.

La relación entre el caudal máximo de salida y el caudal máximo de entrada muestra un índice de escorrentía representativo de la cuenca. Como se ha venido mencionando, las características de la cuenca son importantes ya que son características fundamentales para una lluvia asociada a cierta duración, lo cual se reflejó para longitudes de 100, 130, 160 y 190 metros en donde se presentaron diferentes coeficientes de escorrentía debido a que los caudales de salida máximos de diseño fueron diferentes para cada material ya que fueron relacionados con los caudales de salida de laboratorio. Esto permitió hacer una relación para coeficientes de escorrentía asociados a los materiales de la trinchera como se muestran en las siguientes figuras en donde el cálculo de las regresiones fue realizado para longitudes mayores a 190 metros.

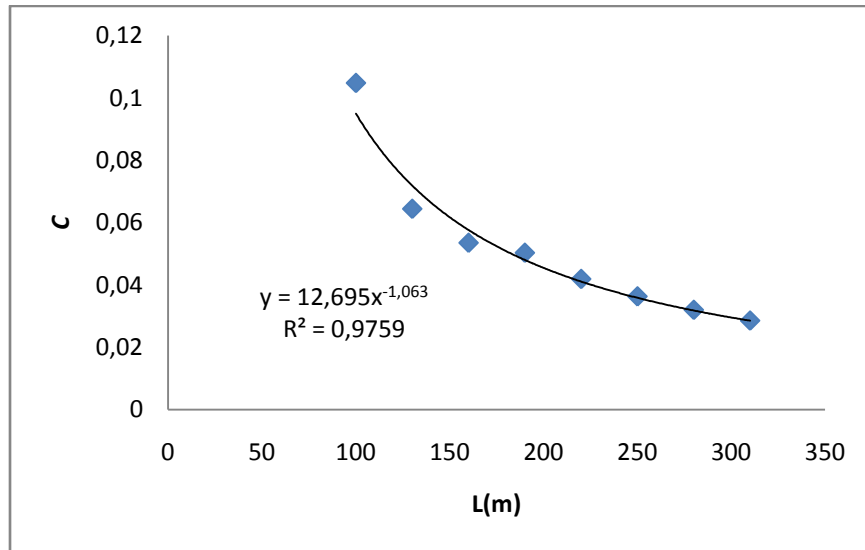


Figura 5 - 8 Valores de escorrentía para diferentes longitudes de vía asociados al material 1.

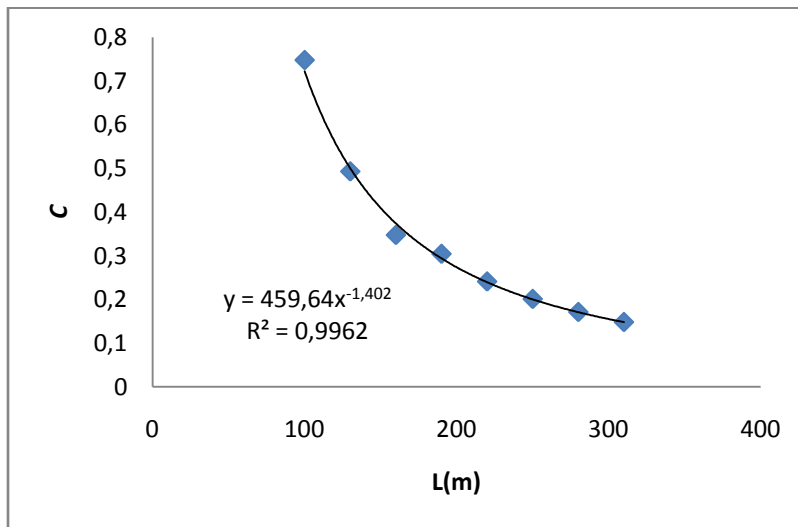


Figura 5 - 9 Valores de escorrentía para diferentes longitudes de vía asociados al material 2.

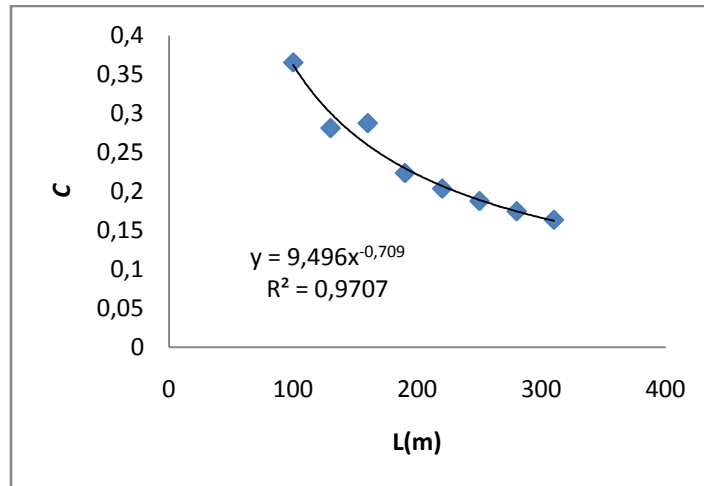


Figura 5 - 10 Valores de escorrentía para diferentes longitudes de vía asociados al material 3.

El coeficiente de escorrentía depende principalmente de las condiciones de la zona las cuales se vieron reflejadas en el hidrograma de salida de diseño.

Los cálculos asociados a los diferentes resultados obtenidos para llegar a estas relaciones se encuentran en el anexo C, D y E para los materiales 1, 2 y 3 respectivamente.

A manera de síntesis la siguiente tabla presenta un cuadro resumen de lag-time y coeficiente de escorrentía para cada material empleado.

Tabla 5 - 6 *n* de Manning, Lag -time (*k*) y coeficiente de escorrentía (*c*) para cada material empleado para la trinchera de retención.

	Tamaño Material [mm]	Tamaño Material [in]	<i>n</i> de Manning	<i>K</i> (<i>X</i> es la longitud de la trinchera en metros)	<i>C</i> (<i>X</i> es la longitud de la trinchera en metros)
Material 1	10 a 80	3/8 a 3	1.96	$K=(18.48)x$	$C=(13.24)x^{-1.07}$
Material 2	20 a 80	3/4 a 3	1.32	$K=(19.56)x$	$C=(478.6)x^{-1.40}$
Material 3	20 a 50	1 a 2	0.86	$K=(19.11)x$	$C=(7.487)x^{-0.67}$

Finalmente, las figuras de lag-time (*K*) y de Coeficiente de Escorrentía (*C*) en función de la longitud de la trinchera y las figuras de valores de escorrentía para cada material las cuales se mostraron en la tabla 5 - 6 se realizaron con el fin de poder entregarlas como guía de

diseño de este tipo de técnicas alternativas, lo cual se podrá observar a manera de ejemplo en el siguiente capítulo.

Como parámetro de Lag – Time (K) las relaciones indican una función del tiempo de entrada y el tiempo de retardo en la trinchera, de tal forma que este tiempo de retardo incluye el recorrido del flujo a través del medio poroso.

El coeficiente de escorrentía (C) es un parámetro que está en función de la longitud de la trinchera, es decir, este coeficiente de escorrentía depende del material poroso empleado de tal forma que este incluya el grado de permeabilidad del material. La relación existente a la capacidad de escurrimiento de agua lluvia de escorrentía va a estar determinada por la longitud ya que, a mayor área de escurrimiento menor va a ser el coeficiente de escorrentía de tal forma que el material empleado está asociado a la dificultad del flujo para escurrir.

6. EJEMPLO DE DISEÑO

Se tiene una vía de 160 metros de largo a la cual se va a implementar longitudinalmente una trinchera de retención como sistema alternativo al drenaje urbano convencional. Diseñar la trinchera de retención a lo largo de la vía mostrada en la figura 6-1 utilizando como material de relleno tamaños comprendidos entre 25 mm y 50 mm (1" y 2"), y teniendo en cuenta los siguientes datos de entrada.

$L = 160$ metros

$S_o = 0.000001$ m/m

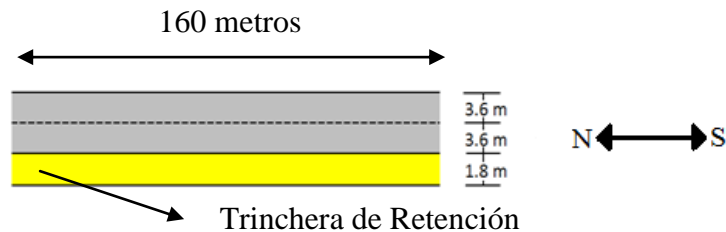


Figura 6 - 1 Esquema de diseño

SOLUCIÓN.

Paso 1: Determinar el área de drenaje de la cuenca.

Para el ejemplo, se desarrolla un área de drenaje de longitud vial igual a 160 metros por el ancho de la vía en un sólo sentido de 3.6 metros

$$A(km^2) = \frac{(160m)(3.6m)}{1000000} = 0.000576 km^2$$

Paso 2. Determinar la duración del recorrido del agua lluvia de escorrentía, de acuerdo a la longitud de la vía. Para el material disponible (25 mm a 50 mm) esto se realiza a partir de la relación funcional presentada en la siguiente figura:

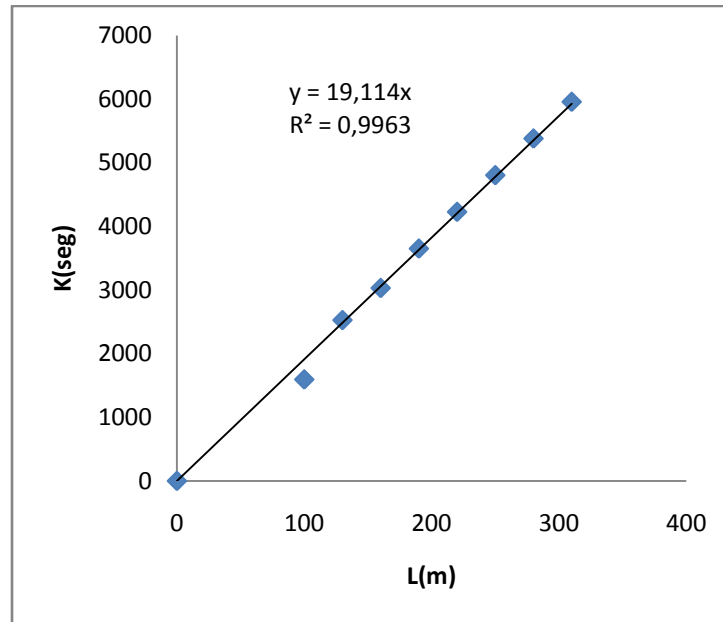


Figura 6 - 2 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 3 (25 mm a 50 mm).

De acuerdo a la figura anterior, se obtiene un K asociado a 160 metros de longitud de trinchera de 3057.6 segundos equivalentes a 50.96 minutos.

Paso 3. Intensidad de precipitación

Para determinar el caudal pico de escorrentía del evento lluvioso es necesario determinar la intensidad a través de la curva intensidad, duración y frecuencia (IDF). La siguiente figura muestra una intensidad asociada a la duración en minutos del tiempo de concentración representado como lag time (K) obtenidos en el paso 2 y el periodo de retorno estimado para la lluvia.

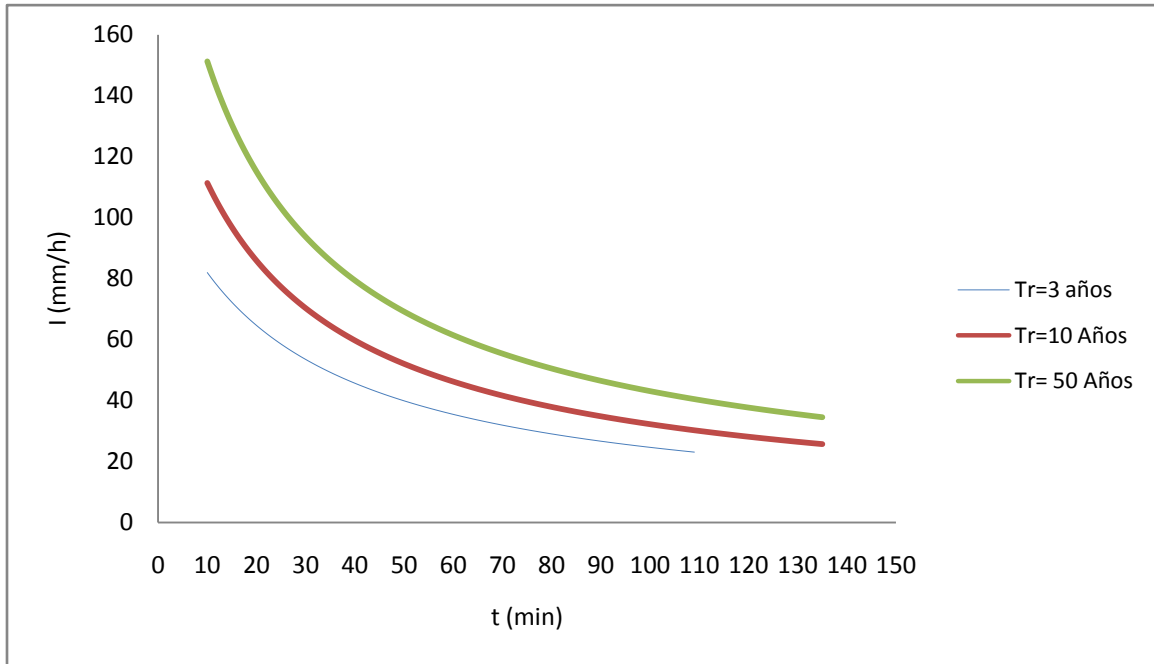


Figura 6 - 3 Curva IDF para zona Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá – Colombia.

Nota: La figura anterior es la curva IDF representativa a la zona de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá - Colombia, para efectos de cálculos en otras zonas las curvas IDF se deben construir.

Para el ejemplo, se escoge un periodo de retorno de 3 años y de acuerdo a la duración de la lluvia, la intensidad asociada está dada por $I = 39.43$ mm/h.

Paso 4. Estimación del coeficiente de escorrentía.

Para cada longitud hay un coeficiente de escorrentía diferente dado por la siguiente figura:

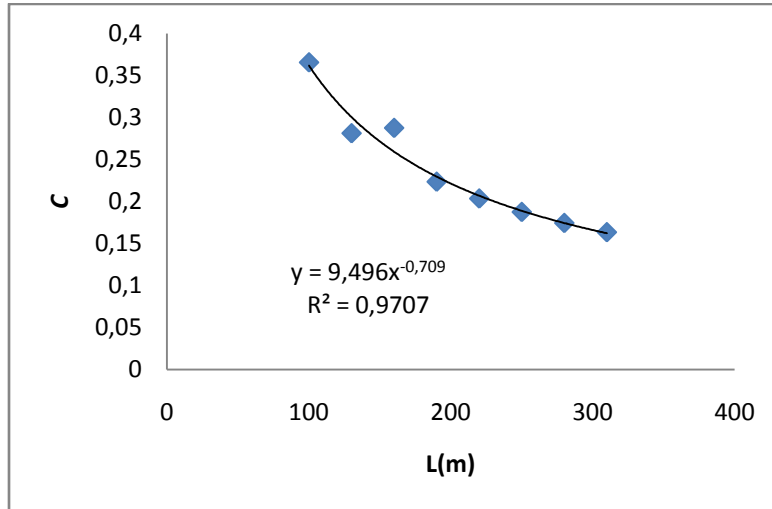


Figura 6 - 4 Coeficiente de escorrentía asociado a material 3 (25 mm a 50 mm).

Para efectos del ejemplo, el valor de C para el material disponible es de $C = 0.249$.

Paso 5. Cálculo del caudal de escorrentía y Diseño del Canal

El caudal pico de escorrentía se calcula con base en la fórmula racional así:

$$Q \left(\frac{m^3}{seg} \right) = 0.278(C)(I)(A) = 0.001577$$

En donde la intensidad está presentada en [mm/h] y el área de la cuenca está en [km²].

Paso 6. Cálculo del factor de sección $AR_h^{2/3}$

Con ese caudal se diseña la trinchera de retención, teniendo en cuenta el n de Manning calibrado para el material aplicado.

Tabla 6 - 1 n de Manning asociado para material comprendido entre 25 mm y 50 mm.

Material	n
3	0.86

La ecuación de Manning mostrada como ecuación 2 - 6 del presente trabajo se puede expresar de la siguiente forma:

$$AR_h^{2/3} = \frac{nQ}{S_o^{1/2}}$$

Donde A es el área en $[m^2]$, R_h es el radio hidráulico de la sección en $[m]$, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, Q el caudal en $[m^3/s]$ y S_o es la pendiente en $[m/m]$.

De la anterior ecuación se obtiene que la relación $AR_h^{2/3} = 1.3564$

Paso 7. Dimensionamiento de la trinchera de retención

Luego los canales de sección rectangular el área y el perímetro están dados por

$$A = BY$$

$$P = B + 2Y$$

Donde A es el área en $[m^2]$, P corresponde al perímetro mojado en $[m]$, B es el ancho de la trinchera en $[m]$ y Y es la altura de la trinchera en $[m]$.

Como se dijo al principio, el ancho de la trinchera es de 1.8 m, por lo que el área y el perímetro mojado quedan así:

$$A = 1.8Y$$

$$P = 1.8 + 2Y$$

Por lo que el radio hidráulico esta dado por:

$$R_h^{2/3} = \left(\frac{1.8Y}{1.8+2Y} \right)^{2/3}$$

Y finalmente,

$$AR_h^{2/3} = 1.8Y \left(\frac{1.8Y}{1.8 + 2Y} \right)^{2/3}$$

Para el material No. 3 la ecuación queda de la siguiente forma:

$$1.3564 = 1.8Y \left(\frac{1.8Y}{1.8 + 2Y} \right)^{2/3}$$

De donde se soluciona la ecuación, encontrando Y para el material disponible (25 mm a 50 mm) se tiene que:

Tabla 6 - 2 Dimensión del modelo de retención para el material empleado.

Material	Y(m)
3	1.179792

Paso 8. Cálculo del borde libre

Para el cálculo del borde libre, se tiene que:

$$B_l = \sqrt{kY}$$

Donde K es un coeficiente que varía desde 0.8 m para caudales de 0.5 m³/s hasta 1.4 m para caudales que se sobrepasan de 85 m³/s (Chaudhry, 2008). Igualmente es posible determinar el borde libre a través de la siguiente tabla:

Tabla 6 - 3 Borde Libre sugerido para caudales determinados (Chaudhry, 2008).

Caudal (m ³ /s)	< 0.75	0.75 a 1.5	1.5 a 85	> 85
Borde Libre (m)	0.45	0.6	0.75	0.9

Basado en la ecuación de borde libre se tiene un borde libre de 0.97 m igualmente, se acepta un borde libre de 0.45 m de acuerdo a la tabla 6 - 3. El diseño definitivo se realizará con un Borde Libre de 0.45 m ya que el caudal de diseño es inferior a valores mínimos de caudal aceptados para borde libre de 0.45 m.

Paso 9. Diseño definitivo

Luego, la altura total de la trinchera será:

$$Y_t = Y + B_t$$

Tabla 6 - 4 Altura total de la trinchera de retención de acuerdo al material empleado.

Material	Y(m)
3	1.63

Aproximando:

Tabla 6 - 5 Altura total de la trinchera de retención aproximada de acuerdo al material disponible (25 mm a 50 mm).

Material	Y(m)
3	1.7

De acuerdo a las dimensiones encontradas en la tabla anterior, la profundidad de la trinchera es de 1.7 metros, lo cual es un dato que se encuentra entre 1 m y 2 m de profundidad y adoptando al diseño pendientes longitudinales menores a 2 %, los cuales son rangos encontrados en la literatura (SUDS, 2007).

Determinando el área de la sección hidráulica, se encuentra la velocidad del flujo para este tipo de modelos, la cual es calculada en función del area en medio poroso de acuerdo a la ecuación 2-21 de este trabajo de grado.

$$V \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{s} \right)}{A(m^2)}$$

Tabla 6 - 6 Velocidad de flujo hallada

Material	V(m/s)
3	0.000537

Es necesario tener en cuenta que la trinchera de retención es un canal abierto el cual está cubierto de material poroso en su volumen, por lo que el flujo a lo largo del canal va a tener una velocidad baja en relación a las velocidades permisibles para canales abiertos las cuales se muestran en la tabla 2-2 correspondiente al capítulo 2.

Este ejemplo se decidió realizar con el material No. 3 (25 mm a 50 mm) porque es un material que es de fácil acceso en la zona de estudio y de acuerdo a los resultados mostrados la tabla 4-29 del capítulo 4 es un material que logra reducir altas cargas de cobre que para este ejemplo puede ser un metal pesado característico de la zona.

7. CONCLUSIONES

Este trabajo de grado se interesó en estudiar el desempeño hidráulico y ambiental de un modelo de trinchera de retención de aguas lluvias utilizadas como complemento a la infraestructura de drenaje urbano. Esto se realizó mediante muestreos de agua lluvia de escorrentía en campo acoplado a ensayos en laboratorio sobre un modelo físico de trinchera de retención, para determinar las concentraciones de contaminantes asociadas y el comportamiento hidráulico del modelo.

Se realizaron pruebas hidráulicas en laboratorio con diferentes materiales granulares constituyentes de la trinchera de retención: material No. 1: 10 mm a 80 mm (3/8" a 3"), material No. 2: 20 mm a 80 mm (3/4" a 3") y material No. 3: 25 mm a 50mm (1" a 2"). Estas pruebas permitieron estimar un coeficiente de rugosidad n de Manning propio para cada material ensayado. Los valores obtenidos para dicho coeficiente (1.96 para material No. 1, 1.32 para material No. 2 y 0.86 para material No. 3) son propuestos como parámetros de diseño de estas técnicas alternativas.

El concepto de continuidad, la calibración del coeficiente de rugosidad y el cálculo de caudal a través de la ecuación de Manning utilizando los coeficientes de rugosidad de Manning antes mencionados arrojaron resultados positivos, ya que el caudal de salida pico simulado estuvo cerca del caudal pico medido: Q_c de 0.3111 l/s y Q_m de 0.31 l/s para material No. 1, Q_c de 0,33 l/s y Q_m de 0,37 l/s para material No. 2 y Q_c de 0.60 l/s y Q_m de 0,60 l/s para material No. 3. Sin embargo es importante recalcar que la relación encontrada entre los datos correspondientes al caudal calculado y caudal medido para los materiales No. 1 y No. 2 fue mayor que la del material No. 3, lo cual estuvo relacionado con el tiempo de medición de los caudales de salida, como se mostró en el capítulo 4 del presente trabajo. Sin embargo, las pruebas realizadas en laboratorio mostraron que las pruebas realizadas con trincheras de retención utilizando cualquiera de los tres (3) materiales arrojaron simulaciones de caudales similares a aquellos medidos en el laboratorio.

Los resultados para el n de Manning obtenido para cada material demuestran la permeabilidad que tiene cada material asemejándose a la permeabilidad de diferentes tipos de suelo, en donde existe una capacidad de retención de agua. Los tres materiales mostraron un coeficiente de rugosidad n alto en relación a los n de Manning encontrados en la literatura para canales abiertos. Sin embargo para la calibración hecha por Proton en el año 2008 para trincheras de retención trapezoidales y material poroso de 20 mm a 80 mm, el n de Manning es de 2.7 (valores entre 1.5 y 3.5) lo cual indica que para este tipo de técnicas alternativas, los valores de n de Manning calibrados en este trabajo de grado (valores entre 0.86 y 1.96) fueron cercanos a los valores encontrados por Proton (2008). La variación del n de Manning para cada material, dependió principalmente en que entre más fino el material más alto es el valor del n de Manning, lo cual puede ser verificado en el capítulo cuatro donde se muestran los análisis de los resultados.

Por otro lado, se pudo observar que los resultados encontrados ambientalmente no fueron los más esperados en comparación con lo reportado en la literatura (remoción de SST de 50% a 70%, remoción de zinc de 30% a 60% y remoción de plomo de 75% a 90%, según Ben Urbonas en 1993), ya para ninguno de los materiales estudiados se encontraron eficiencias significativas de remoción entre la salida y la entrada del modelo para SST, Zinc y Plomo.

Debido a que el material disponible era triturado de cantera, contenía una parte importante de pequeños sólidos que no fueron lavados previamente a los ensayos, con el fin de reproducir condiciones de trabajo reales del modelo, por lo tanto los ensayos correspondientes a los primeros aguaceros de cada material presentaron una mayor concentración a la salida del modelo con respecto a la entrada mostrando que si existe diferencias significativas (incertidumbre expresada en un 95 % de confianza) entre la entrada y salida del modelo mostrando eficiencias negativas. Por lo tanto no se encontró remoción de SST y ST en el modelo de trinchera de retención del laboratorio.

Para la concentración en Demanda Química de Oxígeno (DQO), de manera significativa la eficiencia de detención fue positiva arrojando mayores concentraciones para los valores de entrada con respecto a aquellos obtenidos a la salida para el material 3 (52 % de eficiencia), mientras que para los materiales 1 y 2 no se reportaron eficiencias significativas

(incertidumbre expresada en un 95 % de confianza) entre la muestra de entrada y la muestra de salida de DQO del modelo empleando este tipo de materiales.

En cuanto al pH los resultados muestran que a pesar de obtener bajas eficiencias de disminución de este parámetro, el modelo para los tres materiales arrojó diferencias significativas de disminución de pH. En un orden de mayor a menor disminución de pH se encuentran el material 1 (0.6 %), material 2 (0.4%) y material 3 (0.2 %) respectivamente.

Para metales el material 3 arrojó resultados positivos de eficiencia de remoción de Cobre mostrando un 76 % de eficiencia mientras que para los materiales 1 y 2 no se encontró una eficiencia de remoción (incertidumbre expresada en un 95 % de confianza) de Cobre en el modelo. Para Cadmio, Zinc y Plomo los tres materiales no presentaron diferencias significativas (valores $p > 0.05$ en prueba t) entre la muestra de entrada y la muestra de salida del modelo, por lo que no se presentaron eficiencias de remoción de estos metales en el modelo.

Como punto final, se tiene que los materiales empleados para el modelo de laboratorio permitieron hacer un análisis comparativo de diseño como canales abiertos para este tipo de alternativas, determinando a partir de los resultados hidráulicos y ambientales las dimensiones que se pueden aplicar en cada material y así escoger el material más eficiente que se acomode a las condiciones reales como lo son en orden de importancia la eficiencia del material para disminuir volúmenes de escorrentía y dilución de contaminantes, la facilidad de adquisición del material como la cercanía al sitio de proyecto y el costo del material.

El tiempo de retardo (K) y el coeficiente de escorrentía (C) fueron herramientas fundamentales para el diseño de la trinchera de retención y se demostró que estos factores están asociados al diseño de la longitud (x) de la trinchera.

Las ecuaciones $K=18.48x$ (material No. 1), $K=19.56x$ (material No. 2) y $K=19.11x$ (material 3) muestran que el tiempo de retardo (K) es directamente proporcional a la longitud de la trinchera, por lo tanto a medida que aumente dicha longitud, la diferencia temporal existente entre los baricentros del hidrograma de entrada y del hidrograma de salida van a ser mayores.

El coeficiente de escorrentía (C) estuvo principalmente ligado a los caudales picos generados por cada evento lluvioso, de tal forma que su relación permitió determinar la facilidad de recorrido que tiene el evento para escurrir. Los valores asociados a dicho coeficiente de escorrentía se calculan con las siguientes ecuaciones, las cuales fueron encontradas mediante el análisis del capítulo cinco: $C=13.24x^{-1.07}$ (material No. 1), $C=478.6x^{-1.40}$ (material No. 2) y $C=7.487x^{-0.67}$ (material No. 3). Dichas ecuaciones permiten determinar el coeficiente (C) de escorrentía para diferentes longitudes de diseño, teniendo en cuenta que este estudio fue realizado como alternativa a la red de drenaje urbano, por lo tanto se asemeja a condiciones urbanas de escurrimiento que incluyen el material empleado en el modelo de laboratorio como area de escurrimiento.

El diseño de la trinchera para el caso de estudio dió una profundidad de 1.7 metros, el cual es un valor comprendido entre los encontrados en la literatura (valores comprendidos entre 1 m y 2 m según SUDS en 2007) para este tipo de alternativas lo que indica que la calibración realizada es acorde a datos existentes.

Finalmente, se ha demostrado en el presente trabajo de grado que el modelo de trinchera de retención de laboratorio presenta significativas eficiencias hidráulicas (ver capítulos cuatro y siete), y que por lo tanto puede ser tenida en cuenta como una alternativa válida al sistema de drenaje urbano tradicional. En cuanto al desempeño ambiental, se encontró que el modelo estudiado arrojó resultados positivos principalmente para el material No. 3 ya que fue el material que mas cantidad de eficiencia de remoción de cargas contaminantes tuvo (DQO, pH y Cobre), mientras que los materiales 1 y 2 no presentaron eficiencias de remoción de contaminates (incertidumbre expresada en un 95 % de confianza).

8. RECOMENDACIONES

Para la toma y transporte de las muestras es necesario contar con algunas herramientas básicas que faciliten este tipo de actividades, por eso se recomienda al Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana contar con elementos como carretillas y palas, lo anterior debido a que se tuvieron que transportar volúmenes considerables de grava y agua para el desarrollo de los ensayos hidráulicos y ambientales, y fue muy difícil encontrar dichas herramientas en el campus.

Igualmente, el Laboratorio de Pruebas y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana cuenta con un espacio muy reducido si se tiene en cuenta la cantidad de trabajos de grado y proyectos que se desarrollan en él. Además se dictan clases y se realizan actividades académicas que no pueden ser interrumpidas, por ende el tiempo en el que se podía hacer uso de ese espacio se redujo bastante, lo que generó algunos inconvenientes con el transporte y almacenamiento de las muestras durante el periodo de ensayo (de febrero a octubre de 2010) ya que esto dependía del factor atmosférico, el cual difícilmente podía hacerse coincidir con el horario del laboratorio. Por lo tanto se recomienda al Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana aumentar los espacios de dicho laboratorio y designar un espacio especializado para los trabajos con modelos de laboratorio.

El modelo de retención objeto de este trabajo de grado se estudió para una zona urbana densamente poblada y con un alto flujo vehicular de todo tipo. Por lo tanto, se recomienda utilizar los resultados obtenidos en zonas de características similares y de esa forma aumentar la confiabilidad de los parámetros de diseño propuestos a partir de los datos consignados en el presente trabajo.

El alto grado de urbanización hace que exista un cambio hidrológico en la ciudad, de tal forma que se aumenten los caudales de escorrentía en ese tipo de zonas, por lo tanto se puede asociar el diseño de la trinchera de retención al hidrograma generado a partir de dicha condición de urbanismo.

Con el fin de no alterar negativamente las cargas contaminantes originales del agua de escorrentía, se recomienda construir la trinchera de retención con materiales que no desprendan partículas de ningún tipo y garantizar que de esa forma el proceso de retención sea eficiente.

De los resultados obtenidos de los ensayos hidráulicos y ambientales (capítulo cuatro), se pudo determinar que el modelo de trinchera de retención es un dispositivo que presenta procesos de envejecimiento y deterioro, por lo tanto para enriquecer la investigación de este tipo de alternativas al drenaje urbano es recomendable dirigir futuros estudios a determinar el envejecimiento de las trincheras de retención y su vida útil, y de esa forma evaluar ese tipo de aspectos.

Finalmente, se recomienda realizar un estudio en el que se involucren sistemas combinados de alternativas de drenaje urbano, con el fin optimizar el factor ambiental y articularlo con el hidráulico, de tal forma que se podrían crear diferentes combinaciones de los diversos tipos de dispositivos hidráulicos y ambientales que existen y que están siendo estudiados, para generar nuevas alternativas al drenaje urbano.

9. REFERENCIAS

- Altarejos García L. (2007). Aplicación de sistemas de drenaje urbano sostenible en el desarrollo urbanístico de Paterna, Valencia. V Congreso Nacional de la Ingeniería Civil: desarrollo y sostenibilidad en el marco de la ingeniería. Sevilla (España), 26 a 28 de noviembre de 2007. 20 p.
- Ángel Gutiérrez J. C. (2007). *Estadística general aplicada* (1era. Ed.). Medellín, Colombia: Editorial Universidad EAFIT.
- APHA, AWWA, WEF. (2005). *Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater*. (Ed. 21). Estados Unidos de América.
- ATSDR. (2005). *Toxicological profile for*. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology. Recuperado el 08 de noviembre de 2010 de: <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=54>
- Balades J.D., Berga P., Bourgogne P. (1998). *Impact d'une tranchée drainante par temps de pluie*. Actes du congrès Novatech 1998, Lyon, p. 551-558
- Ben Urbonas, P.E. (1993). *Stormwater bmps and technology* . Recuperado el 20 de octubre de 2009 de la página de Urban Drainage & Flood Control Distrit: http://www.udfcd.org/downloads/down_techpapers.htm
- BMAPC - Boston Metropolitan Area Planning Council. (1997). Infiltration trenches and dry wells. *Massachusetts low impact development toolkit, fact sheet # 5*. Recuperado el 3 de octubre de 2009, de http://www.mapc.org/regional_planning/LID/PDFs/trenchesdrywells.pdf.
- Boller, M. (1997). Tracking heavy metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems. *Water Science and Technology* 35(9), 77-87.
- Busolin P., Polkinghorne A.A., Argue J. R. (1995). *A new residential streetscape for managing stormwater in arid zone cities: hydrological and hydraulic considerations*. Congreso Novatech 1995, Lyon, Francia.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS. (1997). Informe técnico sobre minimización de residuos en una Curtiembre. Recuperado el 16 de enero de 2011 de: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/gtz/infomini/minimiz1.html#minicap04>

Chocat B., Ashley R., Marsalek J., Matos M.R., Rauch W., Schilling W., Urbonas B. (2007). Toward the Sustainable Management of Urban Storm-Water. *Indoor Built Environ* 2007;16;3:273–285.

Chow, V. T. (1994). *Hidraulica de Canales Abiertos*. McGraw Hill.

Consejo Económico y Social Naciones Unidas. (2008). Seguimiento de la población mundial, con especial referencia a la distribución de la población, la urbanización, la migración interna y el desarrollo. Recuperado el 07 de octubre de 2009 de: <http://www.realinstitutoelcano.org/materiales/ONU-ECOSOC-SeguimientoPoblacionMundial.pdf>

DANE. (2005). Censo general 2005. Recuperado el 07 de octubre de 2009 de la página virtual de la página virtual del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE): <http://www.dane.gov.co/censo/>

EPA. (1999). Storm Water Technology Fact Sheet: Infiltration Trench. United States Environmental Protection Agency. Recuperado el 3 de octubre de 2009, de <http://www.epa.gov/OWM/mtb/infltrenc.pdf>

Frías, R., & Binney, P.. (2009). Water resources technologies for sustainable water planning. American Water Works Association. Journal, 101(5), 106-116,12. Retrieved October 8, 2009, from ABI/INFORM Trade & Industry. (Document ID: 1741903031).

Galarza F., Garzón. (2005). "Estudio de viabilidad técnica de los sistemas urbanos de drenaje sostenible para las condiciones tropicales de Colombia". En: Colombia Epíclis ISSN: 1657-5636 ed: Pontificia Universidad Javeriana v.4 fasc.1 p.59 - 70 ,2005

Göbel P., Dierkes C. and Coldewey W.G. 2007. Storm water runoff concentration matrix for urban areas. Journal of Contaminant Hydrology 91, pp. 26-42.

- Gutiérrez Aranzeta C. (2006). *Introducción a la metodología experimental* (2da. Ed.). México D.F., Estados Unidos de México. Editorial Limusa.
- Hanif Chaudhry M. (2008). *Open channel flow* (2da. Ed.). New York, Estados Unidos de América: editorial Springer.
- Hatt B.E., Siriwardene N., Deletic A., Fletcher T.D. (2006). Filter media for stormwater treatment and recycling: the influence of hydraulic properties of flow on pollutant removal. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 263-271.
- Hogan, D., & Walbridge, M.. (2007). *Best Management Practices for Nutrient and Sediment Retention in Urban Stormwater Runoff*. *Journal of Environmental Quality*, 36(2), 386-395. Retrieved October 19, 2009, from ProQuest Agriculture Journals. (Document ID: 1370709771).
- IPN Instituto Politécnico Nacional. (2010). *Medidor de pH*. Recuperado el 02 de noviembre 2010 de:
http://www.cecyl15.ipn.mx/polilibros/instrumenta/contenido/unidades/unidad_iv.htm
- Le Coustumer S., Barraud S. (2007). Long-term hydraulic and pollution retention performance of infiltration systems. *Water Science and Technology* 55(4): 235-243.
- López Cualla, R. A. (2007). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá D.C., Colombia: Editorial escuela Colombiana de Ingeniería.
- Manzano Arrondo V. (1995). *Inferencia estadística aplicaciones con SPSS/PC+*. Madrid, España: Editorial RA-MA.
- Meganck R. A. & Bello E. (2002). El Papel de la OEA en el Manejo de Agua en las Américas. *Agua Latinoamérica*, (Vol. 2, Numero 3). Recuperado el 17 de Agosto de 2009, de <http://www.agualatinoamerica.com/column.cfm?T=W&ID=40>
- Méndez Manuel V. (2001). *Elementos de hidráulica de canales*. Caracas, Venezuela: Editorial Universidad Católica Andrés Bello.

Monsalve Sáenz, G. (1995). *Hidrología en la ingeniería* (2da Ed.). Bogotá D.C., Colombia: Editorial escuela Colombiana de Ingeniería.

Murad Rivera R. (2003). Estudio sobre la distribución espacial de la población en Colombia. Recuperado el 07 de octubre de 2009 de la página virtual de la Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL): <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/14000/lcl2013-P1.pdf>

Muñoz Carpena, R. & Ritter Rodriguez, A. (2005). *Hidrología agroforestal*. España: Mundi-Prensa libros., 226p.

Navarro Pérez, I. (2008). *Determinación de la viabilidad técnica y económica de un sistema de almacenamiento temporal de aguas de drenaje urbano para la ciudad de Bogotá*. Tesis de grado obtenido no publicada. Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia. Recuperado el 18 de Agosto de 2009 de <http://www.universia.net.co/tesis-de-grado/matematicas-y-ciencias-naturales/viabilidad-tecnica-y-economica-de-un-sistema-de-almacenamiento-temporal-para-aguas-de-drenaje-urbano.html>

Niño Paredes, J.E. & Lozano Silva, R.A. (2003). *Estudio hidráulico de calzadas con estructura de reservorio*. Trabajo de Grado (Ingeniería Civil), Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana. Director: Andrés Torres Abello. Bogotá.

NHC, Northwest Hydraulic Consultants. (2005). *Manejo de Aguas Pluviales*. Recuperado el 17 Agostos de 2009, de http://70.99.89.116/nhcwebES/services/services_hydrotech_eng_stormwater.html.

Ortega Suescún D.M. (2004). *Propiedades filtrantes des los pavimentos porosos rígidos*. Trabajo de Grado (Ingeniería Civil), Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana.

Proton A. (2008). *Etude hydraulique des tranchées de rétention / infiltration* [En ligne]. Thèse : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2008 [13/05/2009], 299 p. Disponible sur <http://docinsa.insa-lyon.fr/these/pont.php?&id=proton>

- R** Developement Core Team 2010. *R : A language environment for statistical computing*. R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL disponible desde Internet en <http://www.R-project.org> (con acceso el 10/06/2010).
- R**aimbault G., Metois M. (1992). *Le site de structure réservoir de Rezé*. Actes Novatech 1992, Lyon, p. 213-222
- R**amos Olmos R., Sepúlveda Marqués R., Villalobos Moreto F. (2003). *El agua en el medio ambiente: Muestreo y Análisis. Primera Edición*. Mexico: Mexicali, Baja California : UABC: Plaza y Valdés.
- R**eglamento Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000 – (2000). *Título D: Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domesticas y pluviales*.
- R**odríguez Montes J., Castro Martínez L., Del Real Romero J.C. (2006). *Procesos Industriales para materiales metálicos*. Segunda Edición. Madrid, España: Editorial Vision Net.
- T**he SUDS Manual. (2007). *Chapter 9: Trenches*. Londres: Editorial Ciria Books.
- T**orres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008). Modelling of hydrodynamics and solid transport in a large stormwater detention and settling basin. *Proceedings of 11th International Conference on Urban Drainage (11 ICUD)*, Edinburgh, UK, 31 Aug.-5 Sept. 2008. 10 p.
- T**orres Abello, A. E. (2004). *Apuntes de clase sobre hidrología urbana*. Bogotá D.C., Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- T**orres Abello. (2001). *Técnicas alternativas de drenaje*. Revista ACODAL, volumen 194, pp. 7-12. ISSN 0120-0798.
- U**NESCO. (s.f). El agua, una responsabilidad compartida. Recuperado el 17 de Agosto de 2009, de: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/pdf/wwdr2_ch_15_es.pdf

Water sensitive urban design in the Sidney Region. (2002). *Practice note 5 infiltration devices* página 4. Recuperado el 07 de octubre de 2009, de: <http://www.wsud.org/downloads/Planning%20Guide%20&%20PN's/05-Infiltration.pdf>

Zafra Mejía C. A., Temprano González J., Tejero Monzón J. I. (2007). *Contaminación por escorrentía superficial urbana: metales pesados acumulados sobre la superficie de una vía*. Ingeniería e Investigación, abril, año/vol. 27, número 001. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

10. ANEXOS

A manera de anexos se presenta la memoria de calculos de este trabajo de grado. Los siguientes son los anexos de este trabajo:

ANEXO A. MEMORIA DE CALCULOS ESTRUCTURALES DEL MODELO DE LABORATORIO

ANEXO B. ALGORITMOS DE CALCULO

ANEXO C. RESULTADOS HIDRAULICOS DEL MATERIAL 1

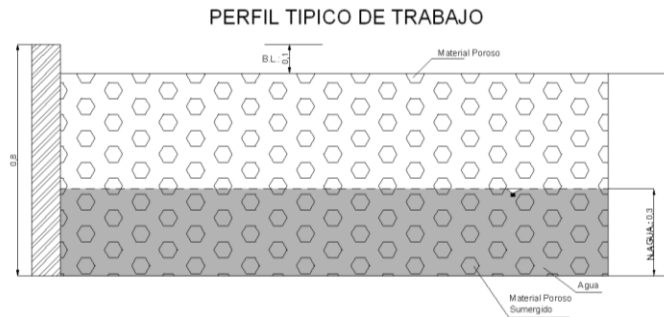
ANEXO D. RESULTADOS HIDRAULICOS DEL MATERIAL 2

ANEXO E. RESULTADOS HIDRAULICOS DEL MATERIAL 3

ANEXO F. RESULTADOS AMBIENTALES

ANEXO G. PROCEDIMIENTOS APHA PARA ENSAYOS DE CALIDAD.

ANEXO A. MEMORIA DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES DEL MODELO DE LABORATORIO



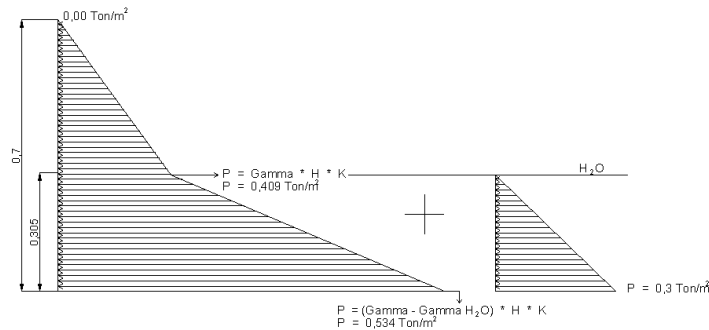
$$\text{Roca} = 1,7 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{H}_2\text{O} = 1,0 \text{ Ton/m}^3$$

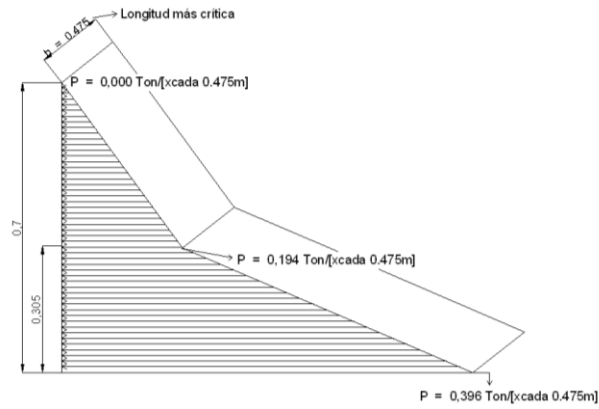
Cálculo de diagrama de presiones

Este diagrama incluye las presiones ejercidas por el material poroso suelto, el material poroso cuando se encuentra sumergido del elemento vertical más crítico que tiene el modelo.

DIAGRAMA DE PRESIONES

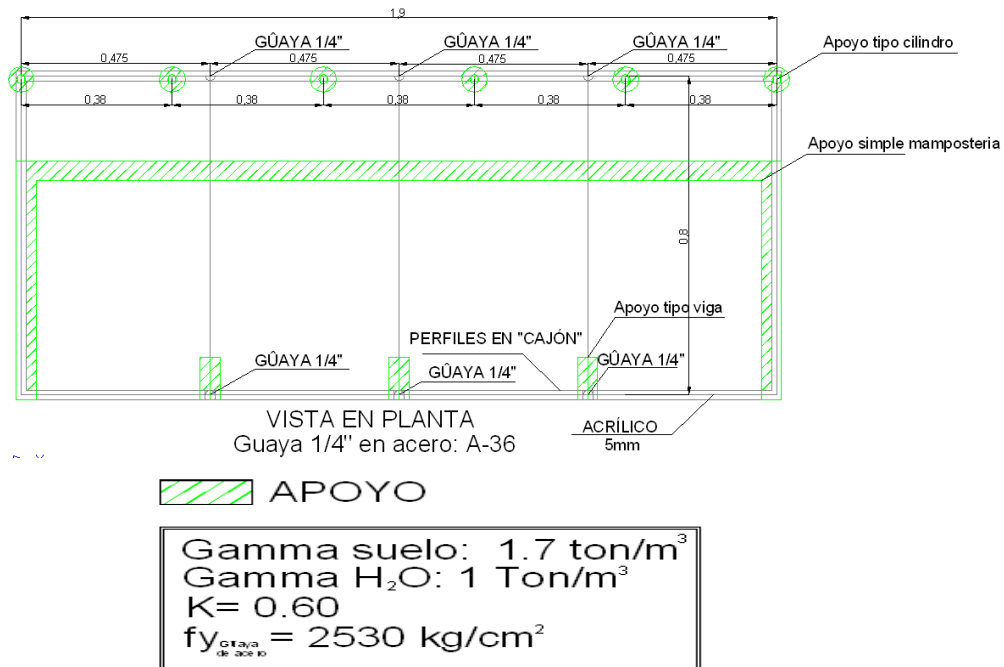


Los diagramas de presiones anteriores, dan como resultado el siguiente diagrama total de presiones en el elemento vertical central del modelo, considerado el elemento más crítico.



Longitud total = 1,9 m

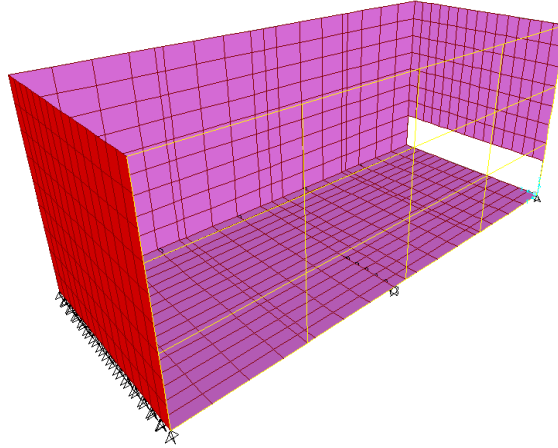
Ubicación de apoyos



CALCULOS ESTRUCTURALES

Realizando el montaje del modelo en SAP2000 V10, se evaluaron las cargas laterales ejercidas por la presión del material y el agua en los elementos de la trinchera.

Modelo inicial de laboratorio: Este modelo contempla la forma inicial del laboratorio a diferencia de que el modelo inicial tiene perfiles en forma de “L” y este modelo contempla los perfiles tipo “cajon”.

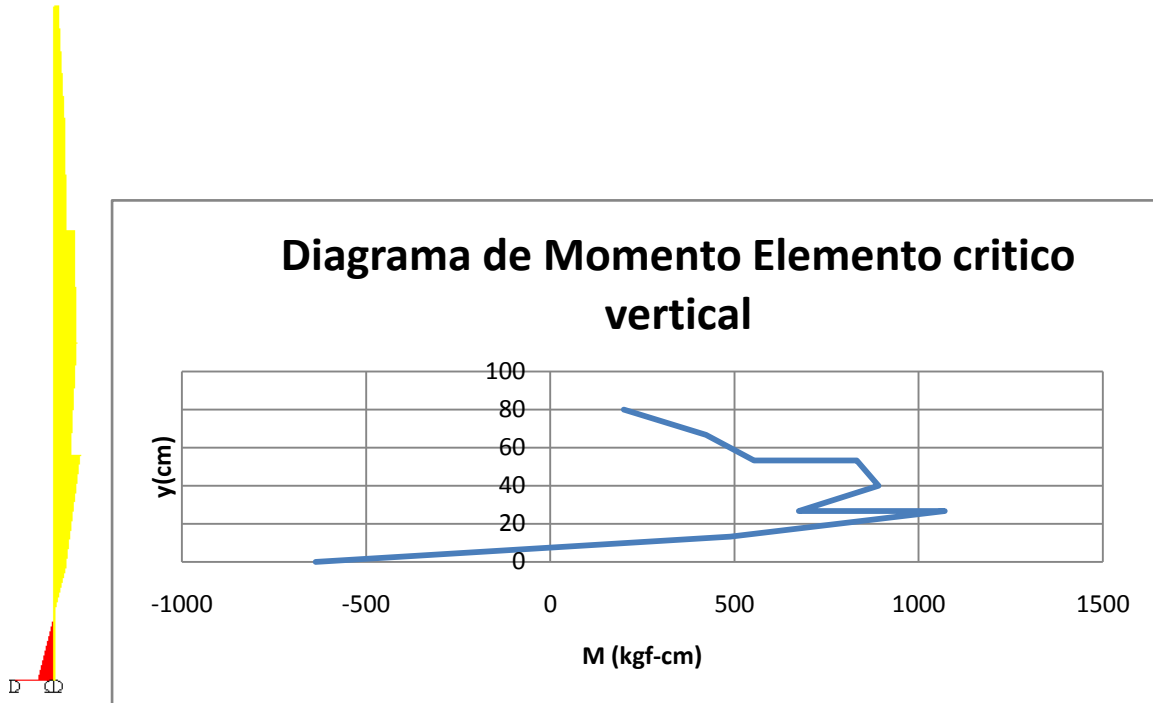


Los resultados de la modelacion son los siguientes:

Tabla A - 1 Momentos en el elemento vertical central.

Momento (kgf-cm)	Dist. Vertical (cm)
-637.01	0
489.09	13.333
1070.95	26.667
674.57	26.667
891.25	40
832.14	53.333
553.41	53.333
422.49	66.666
199.69	79.999

A continuación se presenta el diagrama de momentos:



Como la seccion de los elementos es tipo cajon, la inercia del elemento y su centroide son:



$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(2.54cm)(2.54cm)^3 = 3.4686cm^4$$

$$Y = h/2 = 1.25m$$

El momento máximo del elemento se presenta a 26.67cm de altura del elemento y es de 1070.95kgf-cm.

Luego el esfuerzo actuante del elemento esta dado por:

$$\sigma = \frac{(1070.95kgf - cm) * 1.25cm}{3.4686cm^4} = 385.602kgf / cm^2$$

$$\sigma_{adm} = 2530kgf / cm^2$$

Donde el esfuerzo actuante del elemento es menor al esfuerzo admisible del acero ($\sigma < \sigma_{adm}$), lo cual indica que el perfil adoptado es aceptable para el diseño.

$$F.S = \frac{\sigma_{ultimo}}{\sigma_{adm}} = \frac{385.602 \text{kgf/cm}^2}{2530 \text{kgf/cm}^2} = 0.152412 * 100\% = 15\%$$

Los esfuerzos maximos se encuentran en la parte inferior del elemento vertical central y a la mitad del modelo.

S11Top	S22Top
Kgf/cm2	Kgf/cm2
866.35	724.21

Sin embargo estos esfuerzos son menores al esfuerzo admisible del acero $\sigma_{adm} = 2530 \text{kgf/cm}^2$.

Diagrama S11:

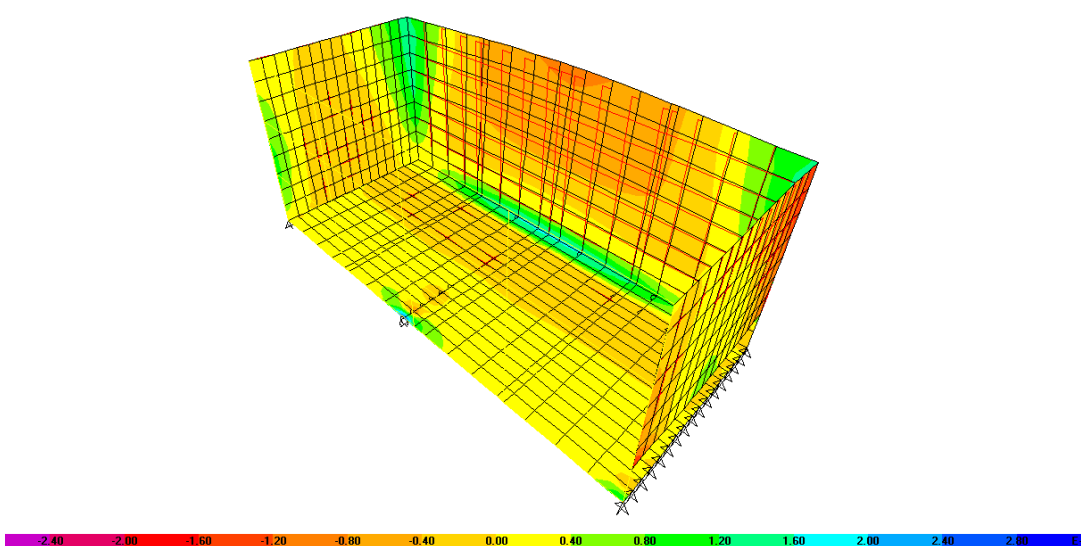
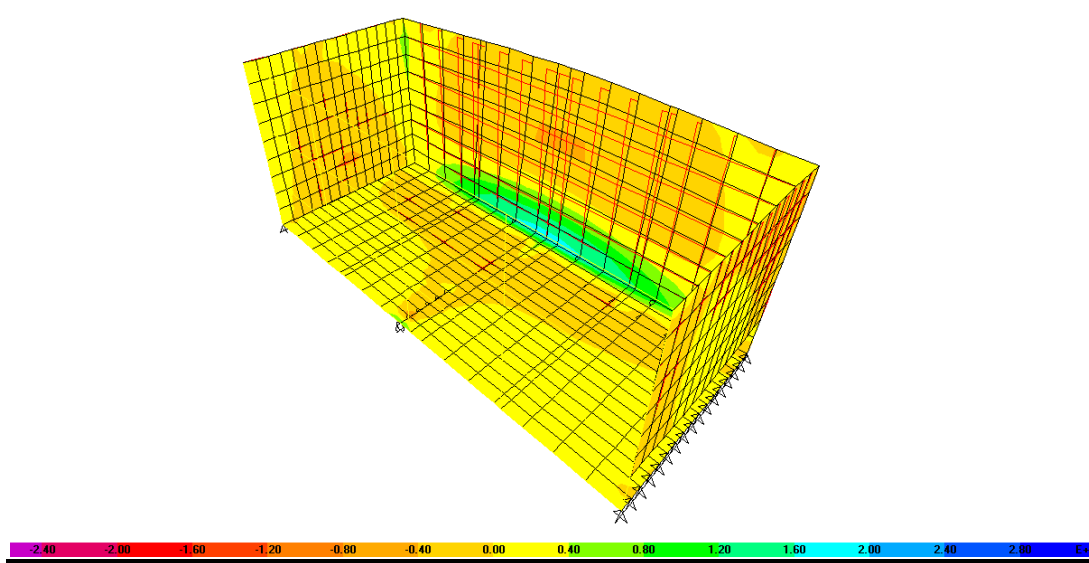
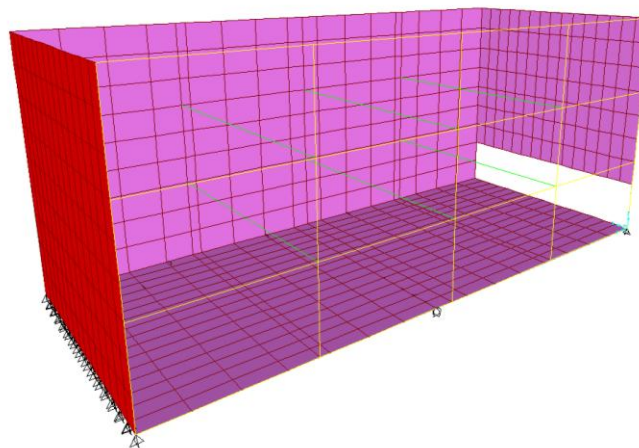


Diagrama S22:



Modelo de la trinchera de laboratorio con los 6 cables: Se adicionan al modelo 6 cables de 1/4" postensados en los tercios de los elementos verticales.

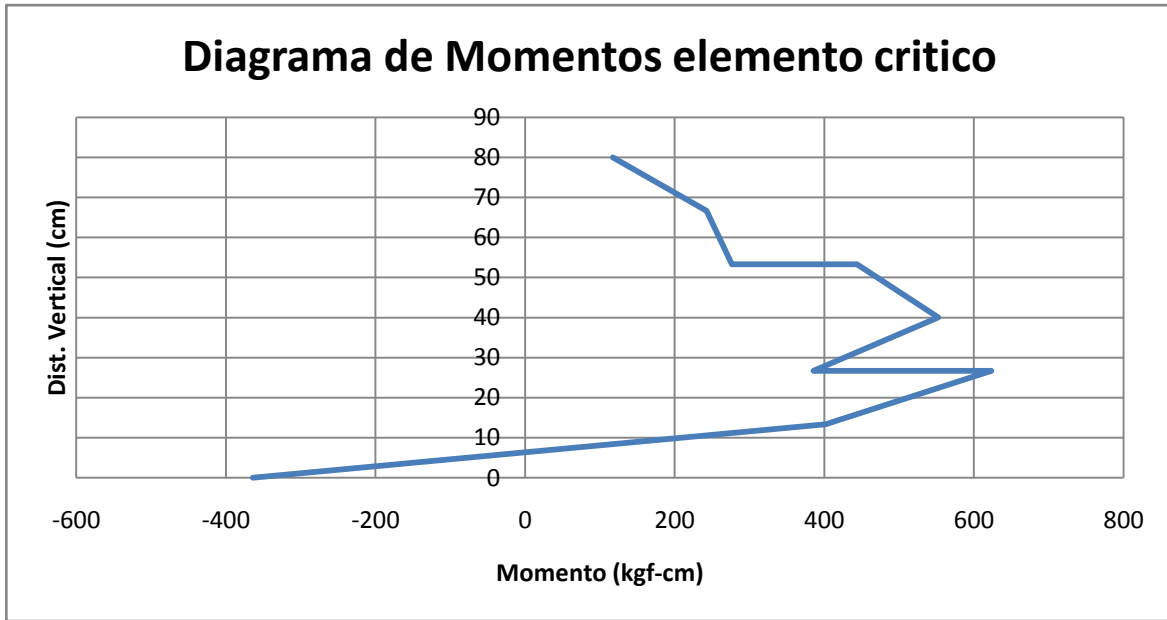


Evaluando las cargas aplicadas a los cables, se tienen los siguientes resultados de cargas soportadas por los cables. Se observa que las cargas son menores a la carga de trabajo de los cables que son de 802kgf. Los cables inferiores son los que más cargas soportan, los cuales son 243, 244 y 245. El cable 241 es el cable superior ubicado en el elemento central.

Frame	P
Text	Kgf
240	11.62
241	15.18
242	11.79
243	22.86
244	24.62
245	22.4

Los momentos del elemento disminuyen:

Momento (kgf-cm)	Dist. Vertical (cm)
-364.14	0
401.61	13.333
623.12	26.667
385.11	26.667
552.11	40
443.31	53.333
276.33	53.333
242.58	66.666
116.95	79.999



Como la seccion de los elementos es tipo cajon, la inercia del elemento y su centroide son:



$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(2.54cm)(2.54cm)^3 = 3.4686cm^4$$

$$Y = h/2 = 1.25m$$

El momento máximo del elemento se presenta a 26.67cm de altura del elemento y es de 623.12kgf-cm.

Luego el esfuerzo actuante del elemento esta dado por:

$$\sigma = \frac{(623.12kgf - cm) * 1.25cm}{3.4686cm^4} = 224.557kgf / cm^2$$

$$\sigma_{adm} = 2530kgf / cm^2$$

Donde el esfuerzo actuante del elemento es menor al esfuerzo admisible del acero ($\sigma < \sigma_{adm}$), lo cual indica que el perfil adoptado es aceptable para el diseño.

$$F.S = \frac{\sigma_{ultimo}}{\sigma_{adm}} = \frac{224.557 \text{kgf} / \text{cm}^2}{2530 \text{kgf} / \text{cm}^2} = 0.0887 * 100\% = 8.87\%$$

Los esfuerzos maximos se encuentran en la parte inferior de la cara frontal del modelo.

S11Top	S22Top
Kgf/cm2	Kgf/cm2
667.09	443.67

Sin embargo estos esfuerzos son menores al esfuerzo admisible del acero

$$\sigma_{adm} = 2530 \text{kgf} / \text{cm}^2.$$

Diagrama S11:

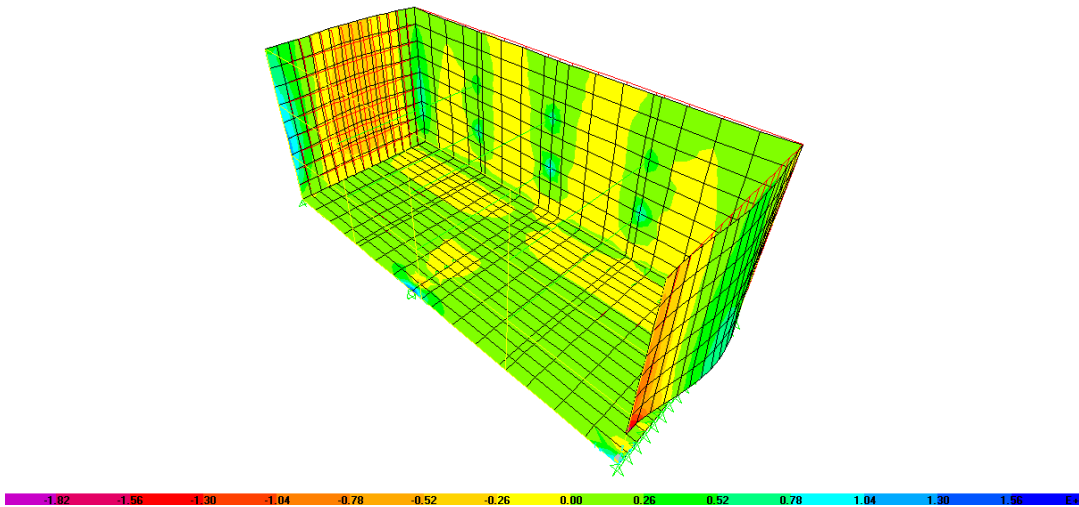
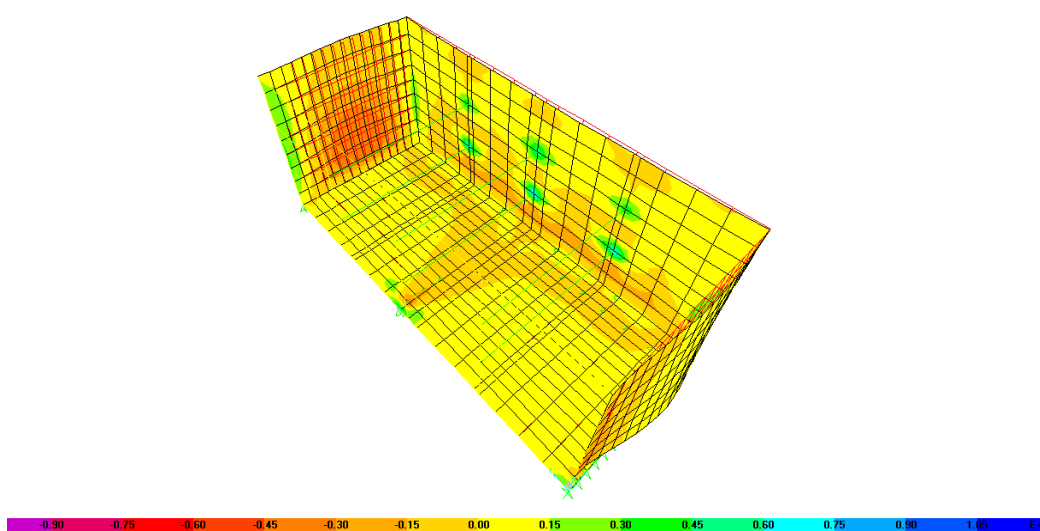


Diagrama S22:

Como se observó en los diagramas de esfuerzos anteriores, el resultado de los cables postensados están logrando que los esfuerzos máximos de trabajo disminuyan en los elementos críticos y además, no permite que exista una presión por parte del material (acción de relajarse) a lo largo del modelo.

En las caras frontales del modelo al aplicar los 6 cables existe una presión sobre estas caras y es en la salida del agua donde se está presentando el mayor esfuerzo, que sigue siendo menor al esfuerzo del acero.

Para prevenir los esfuerzos mayores que se presentan en los puntos donde se ubican los cables, se van a instalar platinas de 10cmx10cm, de manera que no agriete la zona de amarre de los cables.

ANEXO B. ALGORITMOS DE CÁLCULO

Este anexo muestra los algoritmos utilizados para determinar la eficiencia ambiental del modelo de trinchera de retención.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) [mg/L]

```

rm(list=ls(all=TRUE))
M=read.table("datosSST.txt",header=FALSE)
Mi=M[,1]
Mf=M[,2]
vol=M[,3]

minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^(.5)

SST=1000*1000*(Mf-Mi)/vol

wthi=1072.440945
hthi=790.6605261

pbalanza=0.0001 # precision de la balanza
pprobeta=0.03 # precision de la probeta

tiff(filename = "box1SST.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="SST
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

ubalanza=matrix(1,3,1)*pbalanza/2
uprobeta=matrix(1,3,1)*pprobeta/2

tiff(filename = "box2SST.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="SST
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

A=2*ubalanza^2;
B=((Mf-Mi)*vol^(-1))^2*uprobeta^2;
C=1000*vol^(-1);
uSST1=C*(A+B)^.5;
uSST=(1000^2/vol)*(2*ubalanza^2+((Mf-
Mi)/vol)^2*uprobeta^2)^(0.5);

### PRUEBA
#ubalanza=ubalanza*1000
#uprobeta=uprobeta/1000
#Mi=Mi*1000
#Mf=Mf*1000
#vol=vol/1000
#SST2=(Mf-Mi)/vol
#uSST2=(1/vol)*(2*ubalanza^2+((Mf-
Mi)/vol)^2*uprobeta^2)^(0.5)
###

## eliminacion de un replicado
x1=SST[1]
x2=SST[2]
x3=SST[3]
s1=uSST[1]
s2=uSST[2]
s3=uSST[3]
n1=3
n2=3
n3=3

datos=cbind(SST,uSST);
condicion=1

# datos para boxplot
fila1=t(SST)-2*t(uSST);
fila2=t(SST);
fila3=t(SST)+2*t(uSST);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)

prom=mean(SST)
ulpi=(1/3)*(datos[1,2]^2+datos[2,2]^2+datos[3,2]
^2)^(0.5)
usd=sd(SST)

## comparacion 1 con 2
t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^(n1-
1)+(s2^2/n2)^(n2-1));
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo

```

porque siempre consulta el area a la izquierda del valor

comparacion 1 con 3

```
t=(x1-x3)/(s1^2/n1+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s3^2/n3)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue13=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por dos porque es de dos colas y se usa t negativo porque siempre consulta el area a la izquierda del valor
```

comparacion 2 con 3

```
t=(x2-x3)/(s2^2/n2+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s2^2/n2+s3^2/n3)^2/((s2^2/n2)^2/(n2-1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue23=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por dos porque es de dos colas y se usa t negativo porque siempre consulta el area a la izquierda del valor
```

los unicos casos en los que se elimina un dato son los siguientes

```
if (pvalue12>0.05 && pvalue13<0.05 && pvalue23<0.05) {
  ## se elimina 3 y se trabaja solo con 1 y 2
  datosbox[1,3]=NA
  datosbox[2,3]=NA
  datosbox[3,3]=NA
  tiff(filename = "box2SST.tif", width = wth*2, height = hth*2, compression = "none",
  fontsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex = 0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
  datos=rbind(datos[1,],datos[2,])
  condicion=2
}
```

```
if (pvalue12<0.05 && pvalue13>0.05 && pvalue23<0.05) {
  ## se elimina 2 y se trabaja solo con 1 y 3
  datosbox[1,2]=NA
  datosbox[2,2]=NA
  datosbox[3,2]=NA
  tiff(filename = "box2SST.tif", width = wth*2, height = hth*2, compression = "none",
  fontsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex = 0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
```

```
datos=rbind(datos[1,],datos[3,])
condicion=3
}

if (pvalue12<0.05 && pvalue13<0.05 && pvalue23>0.05) {
  ## se elimina 1 y se trabaja solo con 2 y 3
  datosbox[1,1]=NA
  datosbox[2,1]=NA
  datosbox[3,1]=NA
  tiff(filename = "box2SST.tif", width = wth*2, height = hth*2, compression = "none",
  fontsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex = 0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
  datos=rbind(datos[2,],datos[3,])
  condicion=4
}
```

GENERACION DE DATOS ALEATORIOS

```
nalea=5000
cont=1

if (condicion==1) {
  # se toman 3 datos
  A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
  B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
  C=rnorm(nalea,datos[3,1],datos[3,2])
  ABC=cbind(A,B,C)
  A1=matrix(1,nalea,1)
  B1=matrix(2,nalea,1)
  C1=matrix(3,nalea,1)
  ABC1=cbind(A1,B1,C1)
  tiff(filename = "randomSST10.tif", width = wthi*2, height = hth*2, compression = "none",
  fontsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
  title <- bquote(bold(paste(.(nalea), " runs")))
  plot(ABC1,ABC,type="p",main=title,xax t = "n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=0.01)
    cont=cont+1
  }
  dev.off()
```

```

cont=1
tiff(filename = "randomSST01.tif", width
= wth*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/500),],ABC[1:(nalea
/500),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST02.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/100),],ABC[1:(nalea
/100),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST03.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/50),],ABC[1:(nalea/
50),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)

```

```

while (cont<=nalea/50) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST04.tif", width
= wth*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/10),],ABC[1:(nalea/
10),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST05.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/5),],ABC[1:(nalea/5)
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST06.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))

```

```

plot(ABC1[1:(nalea/2)],ABC[1:(nalea/2)
,],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.5)],ABC[1:(nalea/
1.5)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(2.25,3.85,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.25)],ABC[1:(nale
a/1.25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.1)],ABC[1:(nalea/
1.1)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="SST (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

uSSTdef=mean(sd(t(ABC)))
SSTdef=mean(datos[,1])
resultado=c(SSTdef,uSSTdef,3)
}

if (condicion==2) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(1,nalea,1)
B1=matrix(2,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randomSST10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
plot(AB1,AB,type="p",main=title,xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylab="SST
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1

```

```

tiff(filename = "randomSST01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)

```

```

while (cont<=nalea/2) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.
25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

uSSTdef=mean(sd(t(AB)))
SSTdef=mean(datos[,1])
resultado=c(SSTdef,uSSTdef,2)
}

if (condicion==3) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(1,nalea,1)
B1=matrix(3,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randomSST10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote( bold(paste(.(nalea), "
runs")))
plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="SST
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {

```

```

lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```



```

title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5)],AB[1:(nalea/1.5
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25)],AB[1:(nalea/1.
25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1)],AB[1:(nalea/1.1
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

uSSTdef=mean(sd(t(AB)))

SSTdef=mean(datos[,1])
resultado=c(SSTdef,uSSTdef,2)
}

if (condicion==4) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(2,nalea,1)
B1=matrix(3,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randomSST10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote( bold(paste(.(nalea), "
runs")))
plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="SST
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500)],AB[1:(nalea/50
0)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/100),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1

```

```

tiff(filename = "randomSST05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomSST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}

```

```

    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomSST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.
25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.25) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomSST09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1
),],main=title,type="p",xaxt =

```

```

"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="SST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.1) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    uSSTdef=mean(sd(t(AB)))
    SSTdef=mean(datos[,1])
    resultado=c(SSTdef,uSSTdef,2)
}

write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)

resultado_inicial=c(prom,ulpi,100*ulpi/prom)
write.csv(t(resultado_inicial),"resultado_inicial.c
sv",row.names=FALSE)

cat("Resultado: ", resultado)

cat(" / Resultado sólo ley propagación
incertidumbre: ", ulpi)

cat(" / Resultado sólo desviación estándar: ", usd)

cat(" / Promedio con todos los datos: ", prom)

```

EFICIENCIA SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST) [mg/L]

```

rm(list=ls(all=TRUE))

E=read.csv("resultado_entrada.csv",header=TRU
E)
S=read.csv("resultado_salida.csv",header=TRUE)

EF=100*(E[1]-S[1])/E[1]

uEF=(E[2]^2*100^2*S[1]^2/E[1]^4+S[2]^2*100^
2/E[1]^2)^0.5)

ES=rbind(E[1],S[1])
uES=rbind(E[2],S[2])

# datos para boxplot
fila1=t(ES)-2*t(uES);
fila2=t(ES);
fila3=t(ES)+2*t(uES);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)

```

```

minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^(.5)

tiff(filename = "box1SST.tif", width = wth, height
= hth, compression = "none", pointsize = 8, bg =
"transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="SST (mg/L)",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox),xaxt="n")
axis(1,at=1:2,lab=c("E","S"))
dev.off()

x1=E[1]
x2=S[1]
s1=E[2]
s2=S[2]

```

```

n1=E[3]
n2=S[3]

t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
t=as.numeric(t)
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)/(n1-1)+(s2^2/n2)/(n2-1));
df=as.numeric(df)
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por dos porque es de dos colas y se usa t negativo porque siempre consulta el area a la izquierda del valor

```

```

## si pvalue12>0.05 => no hay diferencias significativas entre x1 y x2

```

```

if (pvalue12>0.05) {

```

```

cat("no hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"no hay diferencias significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=FALSE)
}else{
cat("sí hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=FALSE)
}

```

```

resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=FALSE)
}

```

SÓLIDOS TOTALES (ST) [mg/L]

```

rm(list=ls(all=TRUE))
M=read.table("datosST.txt",header=FALSE)
Mi=M[,1]
Mf=M[,2]
vol=M[,3]

ST=1000*1000*(Mf-Mi)/vol

pbalanza=0.0001 # precision de la balanza
pprobeta=0.03 # precision de la probeta

ubalanza=matrix(1,3,1)*pbalanza/2
uprobeta=matrix(1,3,1)*pprobeta/2

A=2*ubalanza^2;
B=((Mf-Mi)*vol^(-1))^2*uprobeta^2;
C=1000*vol^(-1);
uST1=C*(A+B)^.5;
uST=(1000^2/vol)*(2*ubalanza^2+((Mf-
Mi)/vol)^2*uprobeta^2)^(0.5);

### PRUEBA
#ubalanza=ubalanza*1000
#uprobeta=uprobeta/1000
#Mi=Mi*1000
#Mf=Mf*1000
#vol=vol/1000
#ST2=(Mf-Mi)/vol
#uST2=(1/vol)*(2*ubalanza^2+((Mf-
Mi)/vol)^2*uprobeta^2)^(0.5)
###

datos=cbind(ST,uST);
condicion=1

prom=mean(ST)
ulpi=(1/3)*(datos[1,2]^2+datos[2,2]^2+datos[3,2]
^2)^(0.5)
usd=sd(ST)

# datos para boxplot
fila1=t(ST)-2*t(uST);
fila2=t(ST);
fila3=t(ST)+2*t(uST);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)
minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^(.5)

withi=1072.440945
hthi=790.6605261

```

```

tiff(filename = "box1ST.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

```

```

tiff(filename = "box2ST.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

```

```
## eliminacion de un replicado
```

```

x1=ST[1]
x2=ST[2]
x3=ST[3]
s1=uST[1]
s2=uST[2]
s3=uST[3]
n1=3
n2=3
n3=3

```

```
## comparacion 1 con 2
```

```

t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

```

```
## comparacion 1 con 3
```

```

t=(x1-x3)/(s1^2/n1+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s3^2/n3)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue13=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

```

```
## comparacion 2 con 3
```

```

t=(x2-x3)/(s2^2/n2+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s2^2/n2+s3^2/n3)^2/((s2^2/n2)^2/(n2-
1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue23=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo

```

porque siempre consulta el area a la izquierda del valor

los unicos casos en los que se elimina un dato son los siguientes

```
if (pvalue12>0.05 && pvalue13<0.05 &&
pvalue23<0.05) {
  ## se elimina 3 y se trabaja solo con 1 y 2
  datosbox[1,3]=NA
  datosbox[2,3]=NA
  datosbox[3,3]=NA
  tiff(filename = "box2ST.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
  datos=rbind(datos[1,],datos[2,])
  condicion=2
}
```

```
if (pvalue12<0.05 && pvalue13>0.05 &&
pvalue23<0.05) {
  ## se elimina 2 y se trabaja solo con 1 y 3
  datosbox[1,2]=NA
  datosbox[2,2]=NA
  datosbox[3,2]=NA
  tiff(filename = "box2ST.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
  datos=rbind(datos[1,],datos[3,])
  condicion=3
}
```

```
if (pvalue12<0.05 && pvalue13<0.05 &&
pvalue23>0.05) {
  ## se elimina 1 y se trabaja solo con 2 y 3
  datosbox[1,1]=NA
  datosbox[2,1]=NA
  datosbox[3,1]=NA
  tiff(filename = "box2ST.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
```

```
datos=rbind(datos[2,],datos[3,])
condicion=4
```

```
}
```

GENERACION DE DATOS ALEATORIOS
nalea=5000

cont=1

```
if (condicion==1) {
  # se toman 3 datos
  A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
  B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
  C=rnorm(nalea,datos[3,1],datos[3,2])
  ABC=cbind(A,B,C)
  A1=matrix(1,nalea,1)
  B1=matrix(2,nalea,1)
  C1=matrix(3,nalea,1)
  ABC1=cbind(A1,B1,C1)
  tiff(filename = "randomST10.tif", width
= wthi*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
  title <- bquote( bold(paste(.(nalea), "
runs")))
  plot(ABC1,ABC,type="p",main=title,xax
t =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01)
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST01.tif", width
= wth*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/500),],ABC[1:(nalea
/500),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/500) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()
```

```

cont=1
tiff(filename = "randomST02.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/100)],ABC[1:(nalea
/100)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST03.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/50)],ABC[1:(nalea/
50)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST04.tif", width
= wth*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/10)],ABC[1:(nalea/
10)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {

```

```

lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST05.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/5)],ABC[1:(nalea/5)
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST06.tif", width
= wthi*2, height = hthi*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/2)],ABC[1:(nalea/2)
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4.2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.5)],ABC[1:(nalea/
1.5)],main=title,type="p",xaxt =

```

```

"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/1.5) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(2.25,3.85,1.5,0.75))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/1.25),],ABC[1:(nale
a/1.25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/1.25) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST09.tif", width
= wthi*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/1.1),],ABC[1:(nalea/
1.1),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/1.1) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  uSTdef=mean(sd(t(ABC)))
  STdef=mean(datos[,1])
  resultado=c(STdef,uSTdef,3)
}

if (condicion==2) {
  # se toman 2 datos
  A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
  B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
  AB=cbind(A,B)
  A1=matrix(1,nalea,1)
  B1=matrix(2,nalea,1)
  AB1=cbind(A1,B1)
  tiff(filename = "randomST10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
  plot(AB1,AB,type="p",main=title,xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/500) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =

```



```

"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1

```

```

tiff(filename = "randomST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.
25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

uSTdef=mean(sd(t(AB)))
STdef=mean(datos[,1])
resultado=c(STdef,uSTdef,2)
}

if (condicion==3) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(1,nalea,1)
B1=matrix(3,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randomST10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1

```

```

tiff(filename = "randomST03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/50) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/10) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/5) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/2) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/1.5) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.
25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)

```

```

while (cont<=nalea/1.25) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

uSTdef=mean(sd(t(AB)))
STdef=mean(datos[,1])
resultado=c(STdef,uSTdef,2)
}

if (condicion==4) {
  # se toman 2 datos
  A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
  B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
  AB=cbind(A,B)
  A1=matrix(2,nalea,1)
  B1=matrix(3,nalea,1)
  AB1=cbind(A1,B1)
  tiff(filename = "randomST10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
  plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="ST
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
    cont=cont+1
  }
}

dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {

```

```

lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.
25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomST09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1)],AB[1:(nalea/1.1
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="ST (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

uSTdef=mean(sd(t(AB)))
STdef=mean(datos[,1])
resultado=c(STdef,uSTdef,2)
}

write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)

resultado_inicial=c(prom,ulpi,100*ulpi/prom)
write.csv(t(resultado_inicial),"resultado_inicial.cs
v",row.names=FALSE)

cat("Resultado: ", resultado)

cat(" / Resultado sólo ley propagación
incertidumbre: ", ulpi)

cat(" / Resultado sólo desviación estándar: ", usd)

cat(" / Promedio con todos los datos: ", prom)

```

EFICIENCIA SOLIDOS TOTALES (ST) [mg/L]

```

rm(list=ls(all=TRUE))
dev.off()

E=read.csv("resultado_entrada.csv",header=TRU
E)
S=read.csv("resultado_salida.csv",header=TRUE)

EF=100*(E[1]-S[1])/E[1]
x1=E[1]
x2=S[1]
s1=E[2]
s2=S[2]
n1=E[3]
n2=S[3]

uEF=(E[2]^2*100^2*S[1]^2/E[1]^4+S[2]^2*100^
2/E[1]^2)^0.5)
t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^0.5);
t=as.numeric(t)
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
df=as.numeric(df)
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

## si pvalue12>0.05 => no hay diferencias
significativas entre x1 y x2

if (pvalue12>0.05) {
cat("no hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"no hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)
}else{
cat("sí hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias
significativas")
}

# datos para boxplot
fila1=t(ES)-2*t(uES);
fila2=t(ES);
fila3=t(ES)+2*t(uES);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)
minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^0.5)

tiff(filename = "box1ST.tif", width = wth, height
= hth, compression = "none", pointsize = 8, bg =
"transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="SST (mg/L)",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox),xaxt="n")
axis(1,at=1:2,lab=c("E", "S"))

```

```
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)
}
```

```
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)
```

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) [mg/L]

```
rm(list=ls(all=TRUE))
M=read.table("datosDQO.txt",header=FALSE)
DQO=(M-0.008)/0.0003;

precision=0.0001 # precision reactor
incertidumbre=(precision/2)/0.0003

uDQO=incertidumbre
uDQO=rbind((precision/2)/0.0003,(precision/2)/0.
0003,(precision/2)/0.0003)

datos=cbind(DQO,uDQO);
condicion=1

prom=mean(DQO)
ulpi=(1/3)*(datos[1,2]^2+datos[2,2]^2+datos[3,2]
^2)^(0.5)
usd=sd(DQO)

# datos para boxplot
fila1=t(DQO)-2*t(uDQO);
fila2=t(DQO);
fila3=t(DQO)+2*t(uDQO);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)
minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^(.5)

tiff(filename = "box1DQO.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

tiff(filename = "box2DQO.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()
```

```
## eliminacion de un replicado
```

```
DQO=t(DQO)
```

```
x1=DQO[1]
x2=DQO[2]
x3=DQO[3]
s1=uDQO[1]
s2=uDQO[2]
s3=uDQO[3]
n1=2
n2=2
n3=2
```

```
## comparacion 1 con 2
```

```
t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor
```

```
## comparacion 1 con 3
```

```
t=(x1-x3)/(s1^2/n1+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s3^2/n3)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue13=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor
```

```
## comparacion 2 con 3
```

```
t=(x2-x3)/(s2^2/n2+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s2^2/n2+s3^2/n3)^2/((s2^2/n2)^2/(n2-
1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue23=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor
```

```
## los unicos casos en los que se elimina un dato
son los siguientes
```

```
if (pvalue12>0.05 && pvalue13<0.05 &&
pvalue23<0.05) {
```

```

    ## se elimina 3 y se trabaja solo con 1 y 2
    datosbox[1,3]=NA
    datosbox[2,3]=NA
    datosbox[3,3]=NA
    tiff(filename = "box2DQO.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,1,1))
    boxplot(datosbox,ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
    dev.off()
    datos=rbind(datos[1,],datos[2,])
    condicion=2
}

if (pvalue12<0.05 && pvalue13>0.05 &&
pvalue23<0.05) {
    ## se elimina 2 y se trabaja solo con 1 y 3
    datosbox[1,2]=NA
    datosbox[2,2]=NA
    datosbox[3,2]=NA
    tiff(filename = "box2DQO.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,1,1))
    boxplot(datosbox,ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
    dev.off()
    datos=rbind(datos[1,],datos[3,])
    condicion=3
}

if (pvalue12<0.05 && pvalue13<0.05 &&
pvalue23>0.05) {
    ## se elimina 1 y se trabaja solo con 2 y 3
    datosbox[1,1]=NA
    datosbox[2,1]=NA
    datosbox[3,1]=NA
    tiff(filename = "box2DQO.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,1,1))
    boxplot(datosbox,ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
    dev.off()
    datos=rbind(datos[2,],datos[3,])
    condicion=4
}

## GENERACION DE DATOS ALEATORIOS
nalea=5000
cont=1

if (condicion==1) {
    # se toman 3 datos
    A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
    B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
    C=rnorm(nalea,datos[3,1],datos[3,2])
    ABC=cbind(A,B,C)
    A1=matrix(1,nalea,1)
    B1=matrix(2,nalea,1)
    C1=matrix(3,nalea,1)
    ABC1=cbind(A1,B1,C1)
    tiff(filename = "randomDQO10.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
    par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
    title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
    plot(ABC1,ABC,type="p",main=title,xax
t =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea) {
        lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01)
        cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomDQO01.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
    par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
    plot(ABC1[1:(nalea/500),],ABC[1:(nalea
/500),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/500) {
        lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
        cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomDQO02.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =

```



```

"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/100),],ABC[1:(nalea
/100),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/100) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO03.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/50),],ABC[1:(nalea/
50),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/50) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO04.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/10),],ABC[1:(nalea/
10),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/10) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO05.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/5),],ABC[1:(nalea/5)
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/5) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO06.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/2),],ABC[1:(nalea/2)
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/2) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO07.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)

```

```

    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
    plot(ABC1[1:(nalea/1.5)],ABC[1:(nalea/
1.5)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC
)),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.5) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomDQO08.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
    par(mar=c(2.25,3.85,1.5,0.75))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
    plot(ABC1[1:(nalea/1.25)],ABC[1:(nale
a/1.25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC
)),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.25) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomDQO09.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
    par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
    plot(ABC1[1:(nalea/1.1)],ABC[1:(nalea/
1.1)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC
)),ylab="DQO (mg/L)",xlab="replicado
no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.1) {

```

```

    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    uDQOdef=mean(sd(t(ABC)))
    DQOdef=mean(datos[,1])
    resultado=c(DQOdef,uDQOdef,3)
}

if (condicion==2) {
    # se toman 2 datos
    A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
    B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
    AB=cbind(A,B)
    A1=matrix(1,nalea,1)
    B1=matrix(2,nalea,1)
    AB1=cbind(A1,B1)
    tiff(filename = "randomDQO10.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
    plot(AB1,AB,type="p",main=title,xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomDQO01.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/500)],AB[1:(nalea/50
0)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/500) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],

```

```

cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO02.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100)],AB[1:(nalea/10
0)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO03.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50)],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO04.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10)],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO05.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5)],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO06.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2)],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO07.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =

```

```

"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/1.5)],AB[1:(nalea/1.5
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/1.5) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO08.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/1.25)],AB[1:(nalea/1.
25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/1.25) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO09.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/1.1)],AB[1:(nalea/1.1
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/1.1) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO10.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
  plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomDQO01.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/500)],AB[1:(nalea/50
0)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/500) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
  }
  dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randomDQO02.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100)],AB[1:(nalea/10
0)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO03.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50)],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO04.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10)],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)

```

```

cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO05.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5)],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO06.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2)],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO07.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5)],AB[1:(nalea/1.5
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO08.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25)],AB[1:(nalea/1.
25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO09.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1)],AB[1:(nalea/1.1
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

uDQOdef=mean(sd(t(AB)))
DQOdef=mean(datos[,1])
resultado=c(DQOdef,uDQOdef,2)
}

if (condicion==4) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(2,nalea,1)
B1=matrix(3,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randomDQO10.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="DQO
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO01.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500)],AB[1:(nalea/50
0)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1

```

```

tiff(filename = "randomDQO02.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO03.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO04.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {

```

```

lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO05.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO06.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomDQO07.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", fontsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))

```

```

        plot(AB1[1:(nalea/1.5)],AB[1:(nalea/1.5
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/1.5) {
            lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
            cont=cont+1
        }
        dev.off()

        cont=1
        tiff(filename = "randomDQO08.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =
"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
        par(mar=c(4.5,4,2,1))
        title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
        plot(AB1[1:(nalea/1.25)],AB[1:(nalea/1.
25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/1.25) {
            lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
            cont=cont+1
        }
        dev.off()

        cont=1
        tiff(filename = "randomDQO09.tif",
width = wth*2, height = hth*2, compression =

```

```

"none", pointsize = 16, bg = "transparent", res =
300)
        par(mar=c(4.5,4,2,1))
        title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
        plot(AB1[1:(nalea/1.1)],AB[1:(nalea/1.1
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="DQO (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/1.1) {
            lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
            cont=cont+1
        }
        dev.off()

        uDQOdef=mean(sd(t(AB)))
        DQOdef=mean(datos[,1])
        resultado=c(DQOdef,uDQOdef,2)
    }

write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)

resultado_inicial=c(prom,ulpi,100*ulpi/prom)
write.csv(t(resultado_inicial),"resultado_inicial.cs
v",row.names=FALSE)

cat("Resultado: ", resultado)

cat(" / Resultado sólo ley propagación
incertidumbre: ", ulpi)

cat(" / Resultado sólo desviación estándar: ", usd)

cat(" / Promedio con todos los datos: ", prom)

```

EFICIENCIA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) [mg/L]

```
rm(list=ls(all=TRUE))
```

```
E=read.csv("resultado_entrada.csv",header=TRU
E)
S=read.csv("resultado_salida.csv",header=TRUE)
```

```
EF=100*(E[1]-S[1])/E[1]
```

```
uEF=(E[2]^2*100^2*S[1]^2/E[1]^4+S[2]^2*100^
2/E[1]^2)^0.5)
```

```
ES=rbind(E[1],S[1])
uES=rbind(E[2],S[2])
```

```
# datos para boxplot
fila1=t(ES)-2*t(uES);
fila2=t(ES);
fila3=t(ES)+2*t(uES);
```



```

datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)
minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^(.5)

tiff(filename = "box1DQO.tif", width = wth,
height = hth, compression = "none", pointsize = 8,
bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="DQO (mg/L)",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox),xaxt="n")
axis(1,at=1:2,lab=c("E", "S"))
dev.off()

x1=E[1]
x2=S[1]
s1=E[2]
s2=S[2]
n1=E[3]
n2=S[3]

t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
t=as.numeric(t)
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
df=as.numeric(df)

```

```

pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

```

```

## si pvalue12>0.05 => no hay diferencias
significativas entre x1 y x2

```

```

if (pvalue12>0.05) {
cat("no hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"no hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)
}else{
cat("sí hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)
}

```

```

resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)

```

POTENCIAL DE HIDROGENO (pH) [Unidad]

```

rm(list=ls(all=TRUE))
pH=read.table("datospH.txt",header=FALSE)

precision=0.01 # precision pHímetro
incertidumbre=precision/2

upH=incertidumbre
upH=rbind(precision/2,precision/2,precision/2)

datos=cbind(pH,upH);
condicion=1

prom=mean(pH)
ulpi=(1/3)*(datos[1,2]^2+datos[2,2]^2+datos[3,2]
^2)^(0.5)
usd=sd(pH)

# datos para boxplot
fila1=t(pH)-2*t(upH);
fila2=t(pH);
fila3=t(pH)+2*t(upH);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)

```

```

minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

```

```

wth=1200
hth=wth/2^(.5)

```

```

tiff(filename = "box1pH.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="pH
(und)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

```

```

tiff(filename = "box2pH.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="pH
(und)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))

```

```

dev.off()

## eliminacion de un replicado

pH=t(pH)

x1=pH[1]
x2=pH[2]
x3=pH[3]
s1=upH[1]
s2=upH[2]
s3=upH[3]
n1=2
n2=2
n3=2

## comparacion 1 con 2
t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por dos porque es de dos colas y se usa t negativo porque siempre consulta el area a la izquierda del valor

## comparacion 1 con 3
t=(x1-x3)/(s1^2/n1+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s3^2/n3)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue13=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por dos porque es de dos colas y se usa t negativo porque siempre consulta el area a la izquierda del valor

## comparacion 2 con 3
t=(x2-x3)/(s2^2/n2+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s2^2/n2+s3^2/n3)^2/((s2^2/n2)^2/(n2-1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue23=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por dos porque es de dos colas y se usa t negativo porque siempre consulta el area a la izquierda del valor

## los unicos casos en los que se elimina un dato son los siguientes

if (pvalue12>0.05 && pvalue13<0.05 && pvalue23<0.05) {
## se elimina 3 y se trabaja solo con 1 y 2
datosbox[1,3]=NA
datosbox[2,3]=NA
datosbox[3,3]=NA
tiff(filename = "box2pH.tif", width = wth*2, height = hth*2, compression = "none", pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))

boxplot(datosbox,ylab="pH(und)",xlab="replicado no.",boxwex = 0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()
datos=rbind(datos[1,],datos[2,])
condicion=2
}

if (pvalue12<0.05 && pvalue13>0.05 && pvalue23<0.05) {
## se elimina 2 y se trabaja solo con 1 y 3
datosbox[1,2]=NA
datosbox[2,2]=NA
datosbox[3,2]=NA
tiff(filename = "box2pH.tif", width = wth*2, height = hth*2, compression = "none", pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="pH(und)",xlab="replicado no.",boxwex = 0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()
datos=rbind(datos[1,],datos[3,])
condicion=3
}

if (pvalue12<0.05 && pvalue13<0.05 && pvalue23>0.05) {
## se elimina 1 y se trabaja solo con 2 y 3
datosbox[1,1]=NA
datosbox[2,1]=NA
datosbox[3,1]=NA
tiff(filename = "box2pH.tif", width = wth*2, height = hth*2, compression = "none", pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="pH(und)",xlab="replicado no.",boxwex = 0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()
datos=rbind(datos[2,],datos[3,])
condicion=4
}

## GENERACION DE DATOS ALEATORIOS
nalea=5000
cont=1

if (condicion==1) {
# se toman 3 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
C=rnorm(nalea,datos[3,1],datos[3,2])
ABC=cbind(A,B,C)
A1=matrix(1,nalea,1)
B1=matrix(2,nalea,1)

```

```

C1=matrix(3,nalea,1)
ABC1=cbind(A1,B1,C1)
tiff(filename = "randompH10.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(nalea), " runs")))
plot(ABC1,ABC,type="p",main=title,xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01)
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH01.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/500),],ABC[1:(nalea/500),],mai
n=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH02.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/100),],ABC[1:(nalea/100),],mai
n=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH03.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/50),],ABC[1:(nalea/50),],mai
n=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH04.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/10),],ABC[1:(nalea/10),],mai
n=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH05.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/5),],ABC[1:(nalea/5),],main=
title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)

```

```

while (cont<=nalea/5) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH06.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/2),],ABC[1:(nalea/2),],main=
title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH07.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.5),],ABC[1:(nalea/1.5),],ma
in=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH08.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(2.25,3.85,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.25),],ABC[1:(nalea/1.25),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH09.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), "
runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.1),],ABC[1:(nalea/1.1),],ma
in=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

upHdef=mean(sd(t(ABC)))
pHdef=mean(datos[,1])
resultado=c(pHdef,upHdef,3)
}

if (condicion==2) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(1,nalea,1)
B1=matrix(2,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randompH10.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(nalea), " runs")))
plot(AB1,AB,type="p",main=title,xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylab="pH
(und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=
0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()
}

```

```

lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1)
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH01.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/500),],main
=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH02.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/100),],main
=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH03.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),],main=ti
tle,type="p",xaxt =

```

```

"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH04.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),],main=ti
tle,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH05.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],main=title
,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH06.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],main=title
,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH07.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5),],main=
title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH08.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.25),],mai
n=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1

tiff(filename = "randompH09.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1),],main=
title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

upHdef=mean(sd(t(AB)))
pHdef=mean(datos[,1])
resultado=c(pHdef,upHdef,2)
}

if (condicion==3) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(1,nalea,1)
B1=matrix(3,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randompH10.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(nalea), " runs")))
plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="pH
(und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1)
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH01.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), "
runs")))

```

```

plot(AB1[1:(nalea/500)],AB[1:(nalea/500)],main
=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH02.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100)],AB[1:(nalea/100)],main=ti
tle,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH03.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50)],AB[1:(nalea/50)],main=ti
tle,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1

```

```

tiff(filename = "randompH04.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10)],AB[1:(nalea/10)],main=ti
tle,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH05.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5)],AB[1:(nalea/5)],main=title
,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH06.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2)],AB[1:(nalea/2)],main=title
,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}

```

```

}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH07.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5),],main=
title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH08.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.25),],mai
n=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH09.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1),],main=
title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)

while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

upHdef=mean(sd(t(AB)))
pHdef=mean(datos[,1])
resultado=c(pHdef,upHdef,2)
}

if (condicion==4) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(2,nalea,1)
B1=matrix(3,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
tiff(filename = "randompH10.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(nalea), " runs")))
plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="pH
(und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1)
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH01.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/500),],main
=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```



```

cont=1
tiff(filename = "randompH02.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/100),],main
=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH03.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),],main=ti
tle,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH04.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),],main=ti
tle,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {

```

```

lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH05.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],main=title
,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH06.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],main=title
,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

```

```

cont=1
tiff(filename = "randompH07.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", pointsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5),],main=
title,type="p",xaxt =

```

```

"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH08.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.25),],mai
n=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randompH09.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

title <- bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), "
runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1),],main=
title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="pH (und)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],lwd=0.0
1) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

upHdef=mean(sd(t(AB)))
pHdef=mean(datos[,1])
resultado=c(pHdef,upHdef,2)
}

write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)

resultado_inicial=c(prom,ulpi,100*ulpi/prom)
write.csv(t(resultado_inicial),"resultado_inicial.cs
v",row.names=FALSE)

cat("Resultado: ", resultado)

cat(" / Resultado sólo ley propagación
incertidumbre: ", ulpi)

cat(" / Resultado sólo desviación estándar: ", usd)

cat(" / Promedio con todos los datos: ", prom)

```

EFICIENCIA POTENCIAL DE HIDROGENO (pH) [Unidad]

```

rm(list=ls(all=TRUE))
uES=rbind(E[2],S[2])

E=read.csv("resultado_entrada.csv",header=TRU
E)
S=read.csv("resultado_salida.csv",header=TRUE)

EF=E[1]-S[1]

uEF=(E[2]^2+S[2]^2)^(0.5)

ES=rbind(E[1],S[1])

```

```

# datos para boxplot
fila1=t(ES)-2*t(uES);
fila2=t(ES);
fila3=t(ES)+2*t(uES);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)
minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200

```

```

hth=wth/2^(.5)

tiff(filename = "box1pH.tif", width = wth, height
= hth, compression = "none", pointsize = 8, bg =
"transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="pH (und)",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox),xaxt="n")
axis(1,at=1:2,lab=c("E","S"))
dev.off()

x1=E[1]
x2=S[1]
s1=E[2]
s2=S[2]
n1=E[3]
n2=S[3]

t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
t=as.numeric(t)
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
df=as.numeric(df)
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo

porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

## si pvalue12>0.05 => no hay diferencias
significativas entre x1 y x2

if (pvalue12>0.05) {
cat("no hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"no hay diferencias
significativas") # EF se interpreta como
Diferencia entre entrada y salida
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)
}else{
cat("sí hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)
}

write.csv(t(resultado),"resultado.csv",row.names=
FALSE)

```

METALES PESADOS - Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) - [mg/L]

Para determinar la eficiencia del modelo de retención en cuanto a metales pesados el algoritmo aplicado para cada metal fue el mismo, la diferencia entre cada algoritmo varió en el nombre del metal. A manera de ejemplo, se presenta el algoritmo utilizado para el cálculo de Zinc (Zn).

ZINC (Zn) [mg/L]

```

rm(list=ls(all=TRUE))
Zn=read.table("datosZn.txt",header=FALSE)
Zn=Zn[1:3,]

precision=0.0001# precision espectrómetro
incertidumbre=precision/2

uZn=incertidumbre
uZn=rbind(precision/2,precision/2,precision/2)

datos=cbind(Zn,uZn);
condicion=1

prom=mean(Zn)
ulpi=(1/3)*(datos[1,2]^2+datos[2,2]^2+datos[3,2]^2)^(0.5)
usd=sd(Zn)

```

```

# datos para boxplot
fila1=t(Zn)-2*t(uZn);
fila2=t(Zn);
fila3=t(Zn)+2*t(uZn);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)
minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^(.5)

tiff(filename = "box1Zne.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

tiff(filename = "box2Zne.tif", width = wth*2,
height = hth*2, compression = "none", fontsize =
16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
dev.off()

## eliminacion de un replicado

Zn=t(Zn)

x1=Zn[1]
x2=Zn[2]
x3=Zn[3]
s1=uZn[1]
s2=uZn[2]
s3=uZn[3]
n1=2
n2=2
n3=2

## comparacion 1 con 2
t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

## comparacion 1 con 3
t=(x1-x3)/(s1^2/n1+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s1^2/n1+s3^2/n3)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-
1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));

pvalue13=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

## comparacion 2 con 3
t=(x2-x3)/(s2^2/n2+s3^2/n3)^(0.5);
df=(s2^2/n2+s3^2/n3)^2/((s2^2/n2)^2/(n2-
1)+(s3^2/n3)^2/(n3-1));
pvalue23=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

## los unicos casos en los que se elimina un dato
son los siguientes

if (pvalue12>0.05 && pvalue13<0.05 &&
pvalue23<0.05) {
  ## se elimina 3 y se trabaja solo con 1 y 2
  datosbox[1,3]=NA
  datosbox[2,3]=NA
  datosbox[3,3]=NA
  tiff(filename = "box2Zne.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
fontsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
  datos=rbind(datos[1,],datos[2,])
  condicion=2
}

if (pvalue12<0.05 && pvalue13>0.05 &&
pvalue23<0.05) {
  ## se elimina 2 y se trabaja solo con 1 y 3
  datosbox[1,2]=NA
  datosbox[2,2]=NA
  datosbox[3,2]=NA
  tiff(filename = "box2Zne.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
fontsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,1,1))
  boxplot(datosbox,ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
  dev.off()
  datos=rbind(datos[1,],datos[3,])
  condicion=3
}

if (pvalue12<0.05 && pvalue13<0.05 &&
pvalue23>0.05) {
  ## se elimina 1 y se trabaja solo con 2 y 3

```

```

    datosbox[1,1]=NA
    datosbox[2,1]=NA
    datosbox[3,1]=NA
    tiff(filename = "box2Zne.tif", width =
wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,1,1))
    boxplot(datosbox,ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox))
    dev.off()
    datos=rbind(datos[2,],datos[3,])
    condicion=4
}

## GENERACION DE DATOS ALEATORIOS
nalea=5000
cont=1

if (condicion==1) {
  # se toman 3 datos
  A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
  B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
  C=rnorm(nalea,datos[3,1],datos[3,2])
  ABC=cbind(A,B,C)
  A1=matrix(1,nalea,1)
  B1=matrix(2,nalea,1)
  C1=matrix(3,nalea,1)
  ABC1=cbind(A1,B1,C1)
  tiff(filename = "randomeZn10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
  title <- bquote( bold(paste(.(nalea), "
runs")))
  plot(ABC1,ABC,type="p",main=title,xax
t =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01)
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/500),],ABC[1:(nalea
/500),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/500) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/100),],ABC[1:(nalea
/100),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/100) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
  plot(ABC1[1:(nalea/50),],ABC[1:(nalea/
50),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/50) {
    lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1

```

```

tiff(filename = "randomeZn04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,3.85,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/10)],ABC[1:(nalea/
10)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/10) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/5)],ABC[1:(nalea/5)
,],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(0.75,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/2)],ABC[1:(nalea/2)
,],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.5)],ABC[1:(nalea/
1.5)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(2.25,3.85,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.25)],ABC[1:(nale
a/1.25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[co
nt],lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(2.25,0.75,1.5,0.75))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(ABC1[1:(nalea/1.1)],ABC[1:(nalea/
1.1)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(ABC),max(ABC)
),ylab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)

```

```

while (cont<=nalea/1.1) {
  lines(ABC1[cont,],ABC[cont,],col=cc[cont],lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

uZndef=mean(sd(t(ABC)))
Zndef=mean(datos[,1])
resultado=c(Zndef,uZndef,3)
}

if (condicion==2) {
  # se toman 2 datos
  A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
  B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
  AB=cbind(A,B)
  A1=matrix(1,nalea,1)
  B1=matrix(2,nalea,1)
  AB1=cbind(A1,B1)
  tiff(filename = "randomeZn10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
  plot(AB1,AB,type="p",main=title,xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/500) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/100) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/50) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)

```

```

while (cont<=nalea/10) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/5) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/2) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.5) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.
25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.25) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

cont=1
tiff(filename = "randomeZn09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,2,1))
title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
plot(AB1[1:(nalea/1.1),],AB[1:(nalea/1.1
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
axis(1, 1:3)
cc=gray(0:nalea / nalea)
while (cont<=nalea/1.1) {
  lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
  cont=cont+1
}
dev.off()

uZndef=mean(sd(t(AB)))
Zndef=mean(datos[,1])
resultado=c(Zndef,uZndef,2)
}

```



```

if (condicion==3) {
  # se toman 2 datos
  A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
  B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
  AB=cbind(A,B)
  A1=matrix(1,nalea,1)
  B1=matrix(3,nalea,1)
  AB1=cbind(A1,B1)
  tiff(filename = "randomeZn10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <- bquote( bold(paste(.(nalea), "
runs")))
  plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/500) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/100) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/50) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))
  title <-
bquote( bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
  plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
  axis(1, 1:3)
  cc=gray(0:nalea / nalea)
  while (cont<=nalea/10) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
  }
  dev.off()

  cont=1
  tiff(filename = "randomeZn05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
  par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/5)],AB[1:(nalea/5)],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/5) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomeZn06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/2)],AB[1:(nalea/2)],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/2) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomeZn07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/1.5)],AB[1:(nalea/1.5
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.5) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomeZn08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/1.25)],AB[1:(nalea/1.
25)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.25) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomeZn09.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.1)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/1.1)],AB[1:(nalea/1.1
)],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.1) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
    cont=cont+1
    }
    dev.off()

    uZndef=mean(sd(t(AB)))
    Zndef=mean(datos[,1])
    resultado=c(Zndef,uZndef,2)
}

if (condicion==4) {
# se toman 2 datos
A=rnorm(nalea,datos[1,1],datos[1,2])
B=rnorm(nalea,datos[2,1],datos[2,2])
AB=cbind(A,B)
A1=matrix(2,nalea,1)
B1=matrix(3,nalea,1)
AB1=cbind(A1,B1)
    tiff(filename = "randomeZn10.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))

```

```

        title <- bquote(bold(paste(.(nalea), "
runs")))
        plot(AB1,AB,type="p",xaxt =
"n",main=title,xlim=c(0.9,3.1),ylab="Zn
(mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01)
        cont=cont+1
        }
        dev.off()

        cont=1
        tiff(filename = "randomeZn01.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
        par(mar=c(4.5,4,2,1))
        title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/500)), " runs")))
        plot(AB1[1:(nalea/500),],AB[1:(nalea/50
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/500) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
        cont=cont+1
        }
        dev.off()

        cont=1
        tiff(filename = "randomeZn02.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
        par(mar=c(4.5,4,2,1))
        title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/100)), " runs")))
        plot(AB1[1:(nalea/100),],AB[1:(nalea/10
0),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/100) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
        cont=cont+1
        }
        dev.off()

        cont=1
        tiff(filename = "randomeZn03.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
        par(mar=c(4.5,4,2,1))
        title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/50)), " runs")))
        plot(AB1[1:(nalea/50),],AB[1:(nalea/50),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/50) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
        cont=cont+1
        }
        dev.off()

        cont=1
        tiff(filename = "randomeZn04.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
        par(mar=c(4.5,4,2,1))
        title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/10)), " runs")))
        plot(AB1[1:(nalea/10),],AB[1:(nalea/10),
],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/10) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
        cont=cont+1
        }
        dev.off()

        cont=1
        tiff(filename = "randomeZn05.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
        par(mar=c(4.5,4,2,1))
        title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/5)), " runs")))
        plot(AB1[1:(nalea/5),],AB[1:(nalea/5),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
        axis(1, 1:3)
        cc=gray(0:nalea / nalea)
        while (cont<=nalea/5) {
lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
        cont=cont+1

```

```

    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomeZn06.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/2)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/2),],AB[1:(nalea/2),],
main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/2) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomeZn07.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.5)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/1.5),],AB[1:(nalea/1.5
),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.5) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
    }
    dev.off()

    cont=1
    tiff(filename = "randomeZn08.tif", width
= wth*2, height = hth*2, compression = "none",
pointsize = 16, bg = "transparent", res = 300)
    par(mar=c(4.5,4,2,1))
    title <-
bquote(bold(paste(.(round(nalea/1.25)), " runs")))
    plot(AB1[1:(nalea/1.25),],AB[1:(nalea/1.
25),],main=title,type="p",xaxt =
"n",xlim=c(0.9,3.1),ylim=c(min(AB),max(AB)),yl
ab="Zn (mg/L)",xlab="replicado no.",cex=0.5)
    axis(1, 1:3)
    cc=gray(0:nalea / nalea)
    while (cont<=nalea/1.25) {
    lines(AB1[cont,],AB[cont,],col=cc[cont],
lwd=0.01) #col=cc[cont],
cont=cont+1
    }
    dev.off()

    uZndef=mean(sd(t(AB)))
    Zndef=mean(datos[,1])
    resultado=c(Zndef,uZndef,2)
}

write.csv(t(resultado),"resultado_entrada.csv",row
.names=FALSE)

resultado_inicial=c(prom,ulpi,100*ulpi/prom)
write.csv(t(resultado_inicial),"resultado_inicial.cs
v",row.names=FALSE)

cat("Resultado: ", resultado)

cat(" / Resultado sólo ley propagación
incertidumbre: ", ulpi)

cat(" / Resultado sólo desviación estándar: ", usd)

cat(" / Promedio con todos los datos: ", prom)

```

PPAL ZINC (Zn) [mg/L]

```
rm(list=ls(all=TRUE))
source("uZne.R")
source("uZns.R")
source("ef.R")
```

EFICIENCIA ZINC (Zn) [mg/L]

```
rm(list=ls(all=TRUE))

E=read.csv("resultado_entrada.csv",header=TRUE)
S=read.csv("resultado_salida.csv",header=TRUE)

EF=100*(E[1]-S[1])/E[1]
uEF=(E[2]^2*100^2*S[1]^2/E[1]^4+S[2]^2*100^2/E[1]^2)^0.5)

ES=rbind(E[1],S[1])
uES=rbind(E[2],S[2])

# datos para boxplot
fila1=t(ES)-2*t(uES);
fila2=t(ES);
fila3=t(ES)+2*t(uES);
datosbox=rbind(fila1,fila2,fila3)
minbox=min(datosbox)
maxbox=max(datosbox)

wth=1200
hth=wth/2^0.5)

tiff(filename = "efZn.tif", width = wth, height =
hth, compression = "none", pointsize = 8, bg =
"transparent", res = 300)
par(mar=c(4.5,4,1,1))
boxplot(datosbox,ylab="Zn (mg/L)",boxwex =
0.25,ylim=c(minbox,maxbox),xaxt="n")
axis(1,at=1:2,lab=c("E", "S"))
dev.off()

x1=E[1]

x2=S[1]
s1=E[2]
s2=S[2]
n1=E[3]
n2=S[3]

t=(x1-x2)/(s1^2/n1+s2^2/n2)^0.5);
t=as.numeric(t)
df=(s1^2/n1+s2^2/n2)^2/((s1^2/n1)^2/(n1-1)+(s2^2/n2)^2/(n2-1));
df=as.numeric(df)
pvalue12=2*(pt(-abs(t),df)) # se multiplica por
dos porque es de dos colas y se usa t negativo
porque siempre consulta el area a la izquierda del
valor

## si pvalue12>0.05 => no hay diferencias
significativas entre x1 y x2

if (pvalue12>0.05) {
cat("no hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"no hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado_eficiencia.csv",r
ow.names=FALSE)
}else{
cat("sí hay diferencias significativas")
resultado=c(EF,uEF,pvalue12,"sí hay diferencias
significativas")
write.csv(t(resultado),"resultado_eficiencia.csv",r
ow.names=FALSE)
}

write.csv(t(resultado),"resultado_eficiencia.csv",r
ow.names=FALSE)
```

ANEXO C. RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL MATERIAL 1

En este anexo, se encuentran consignados todos los cálculos hidráulicos asociados a los eventos lluviosos 2 y 3. Inicialmente se encuentra todos los cálculos asociados al evento No. 2 y después todos los cálculos asociados al evento No. 3.

C.1. Evento Pluviométrico No. 2

Con el fin de generar un impulso de entrada en el tiempo para el modelo de retención, se generó una entrada de agua al modelo de 60 litros en 10 segundos simulando un caudal de entrada de $0.006 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Luego se midió el nivel del agua en el tiempo, en cuatro (4) puntos diferentes localizados a las distancias mostradas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla C - 1 Abcisas medidas a lo largo del modelo.

Abcисado nodos			
[m]			
1	2	3	4
1.85	1.26	0.63	0.05

Lo cual generó los siguientes datos de medición visual de alturas en el tiempo, como se muestran en la tabla C.2.

Tabla C - 2 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.

Entrada a la Trinchera (Puntos de Lectura)				
Tiempo [s]	Altura [cm]			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
10	0	0.5	8	27
20	0.5	3	6	22
30	1	3.5	6	11
40	1.5	3	3	8
50	1.5	2.5	1.5	2
60	1.5	2	1.5	2
70	1	1	1.5	1.5
80	0.5	0.5	0.5	1
90	0.5	0.5	0.55	0.55
100	0	0	0	0
110	0	0	0	0

De acuerdo a las mediciones mostradas en la tabla C.2., se genera el siguiente perfil a diferentes tiempos:

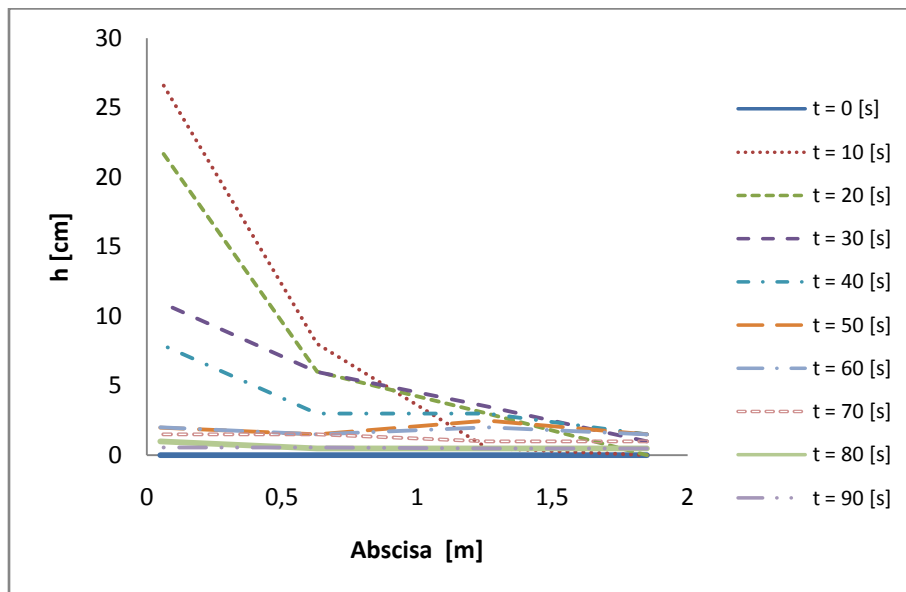


Figura C - 1 Perfil generado en el tiempo. Evento 2

Simultáneamente se hizo la medición del hidrograma de salida a través del método de aforo, con el fin de determinar la eficiencia de reducción de volúmenes de escorrentía, como se muestra en la siguiente tabla los valores de altura y tiempo para el volumen.

Tabla C - 3 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 2.

h [cm]	t [mín]	t [s]	v [L]	Q [L/s]	Q [m³/s]
0	0	0	0	0,000	0,00000
2,5	0,487	29,240	6	0,205	0,00021
5	0,635	38,100	6	0,677	0,00068
7,5	0,870	52,200	6	0,426	0,00043
10,5	1,296	77,780	7,2	0,281	0,00028
10	1,079	64,740	6	0,478	0,00048
10,5	1,296	77,780	1,2	0,092	0,00009
11	1,529	91,760	1,2	0,086	0,00009
11,5	1,782	106,930	1,2	0,079	0,00008
12	2,265	135,900	1,2	0,041	0,00004
12,5	2,880	172,810	1,2	0,033	0,00003
13	3,204	192,250	1,2	0,062	0,00006
13,5	3,464	207,840	1,2	0,077	0,00008
14	3,822	229,290	1,2	0,056	0,00006
14,5	4,872	292,340	1,2	0,019	0,00002
15	5,413	324,770	1,2	0,037	0,00004
15,5	7,126	427,580	1,2	0,012	0,00001
16	13,678	820,690	1,2	0,003	0,00000
16,3	16,415	984,870	0,72	0,004	0,00000
16,5	22,455	1347,310	0,48	0,001	0,00000
16,6	28,349	1700,940	0,24	0,001	0,00000

Generando así el siguiente hidrograma de salida.

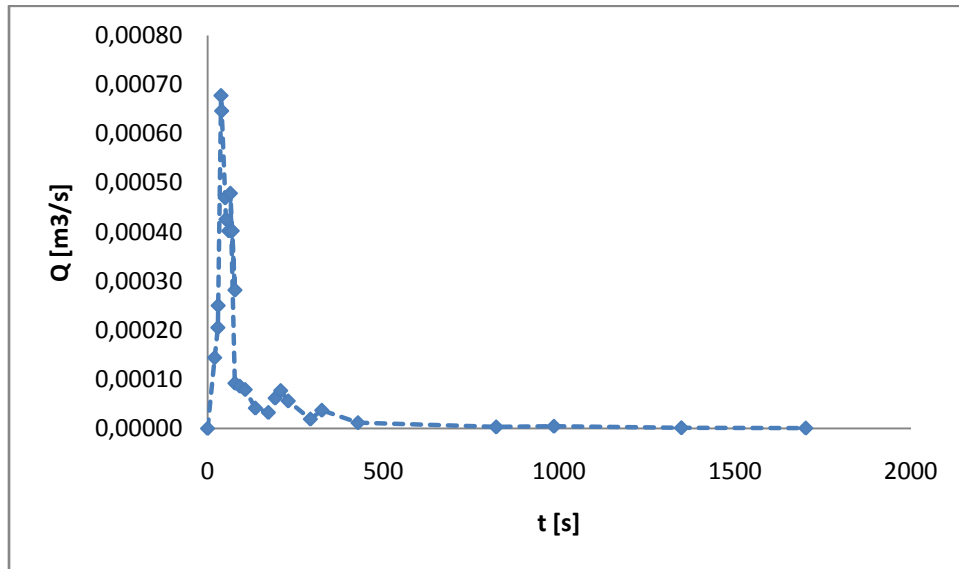


Figura C - 2 Hidrograma de Salida – Evento 2.

Tabla C - 4 Lag – time para material 1, aguacero 2.

Lag-time de entrada:	
5	[s]
Lag-time de salida:	
160.904007	[s]
Lag-time (K):	
155.904007	[s]

CÁLIBRACIÓN DE N DE MANNING:

Tabla C - 5 Calibracion n de Manning, evento 2, Seccion 4.

		SECCIÓN 4							
n	t [s]	A4 [m ²]	P4 [m]	Rh4 [m]	Grad4	Qc4 [m ³ /s]	Qm4 [m ³ /s]	Qc4 [l/s]	Qm4 [l/s]
2.621270258	20	0.175996501	1.23688982	0.142289554	6.2304E-05	0.000144444	0.00014	144.4440977	144
2.621270258	30	0.087998251	1.01844491	0.086404527	0.00144891	0.000249751	0.00025	249.751123	250
2.621270258	40	0.063998728	0.95886903	0.066743972	0.02585048	0.000645905	0.00065	645.9048573	646
2.621270258	50	0.015999682	0.83971726	0.019053654	1.16211693	0.0004694	0.00047	469.4002432	469
2.621270258	60	0.015999682	0.83971726	0.019053654	0.85298325	0.000402151	0.00040	402.1505308	402

Tabla C - 6 Calibración n de Manning, evento 2, Sección 3

SECCIÓN 3									
n	t [s]	A3 [m ²]	P3 [m]	Rh3 [m]	Grad3	Qc3 [m ³ /s]	Qm3 [m ³ /s]	Qc3 [l/s]	Qm3 [l/s]
2.621270258	20	0.047999046	0.91915177	0.052221023	0.003168927	0.000144015	0.00014	144.014824	144
2.621270258	30	0.047999046	0.91915177	0.052221023	0.009588438	0.00025051	0.00025	250.509953	250
2.621270258	40	0.023999523	0.859575885	0.027920191	0.587071333	0.000645627	0.00065	645.627223	646
2.621270258	50	0.011999761	0.829787942	0.014461239	2.985257545	0.000469485	0.00047	469.485348	469
2.621270258	60	0.011999761	0.829787942	0.014461239	2.185346379	0.00040169	0.00040	401.690242	402

Tabla C - 7 Calibración n de Manning, evento 2, Sección 2

SECCIÓN 2									
n	t [s]	A2 [m ²]	P2 [m]	Rh2 [m]	Grad2	Qc2 [m ³ /s]	Qm2 [m ³ /s]	Qc2 [l/s]	Qm2 [l/s]
2.621270258	20	0.023999523	0.79757821	0.030090495	0.026497019	0.000144181	0.00014	144.181276	144
2.621270258	30	0.027999443	0.79888618	0.035048101	0.047984497	0.00025059	0.00025	250.590382	250
2.621270258	40	0.023999523	0.79926106	0.030027139	0.534882015	0.000646888	0.00065	646.888021	646
2.621270258	50	0.019999602	0.79993581	0.025001509	0.515954472	0.00046859	0.00047	468.589695	469
2.621270258	60	0.015999682	0.79993937	0.020001118	0.7970036	0.000401513	0.00040	401.512627	402

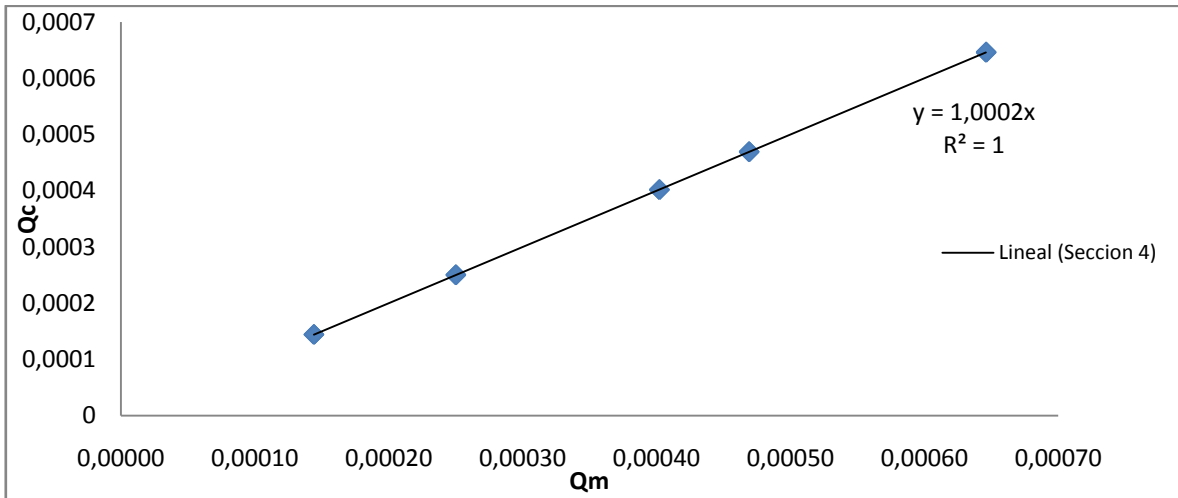


Figura C - 3 Relacion caudal medido vs caudal calculado

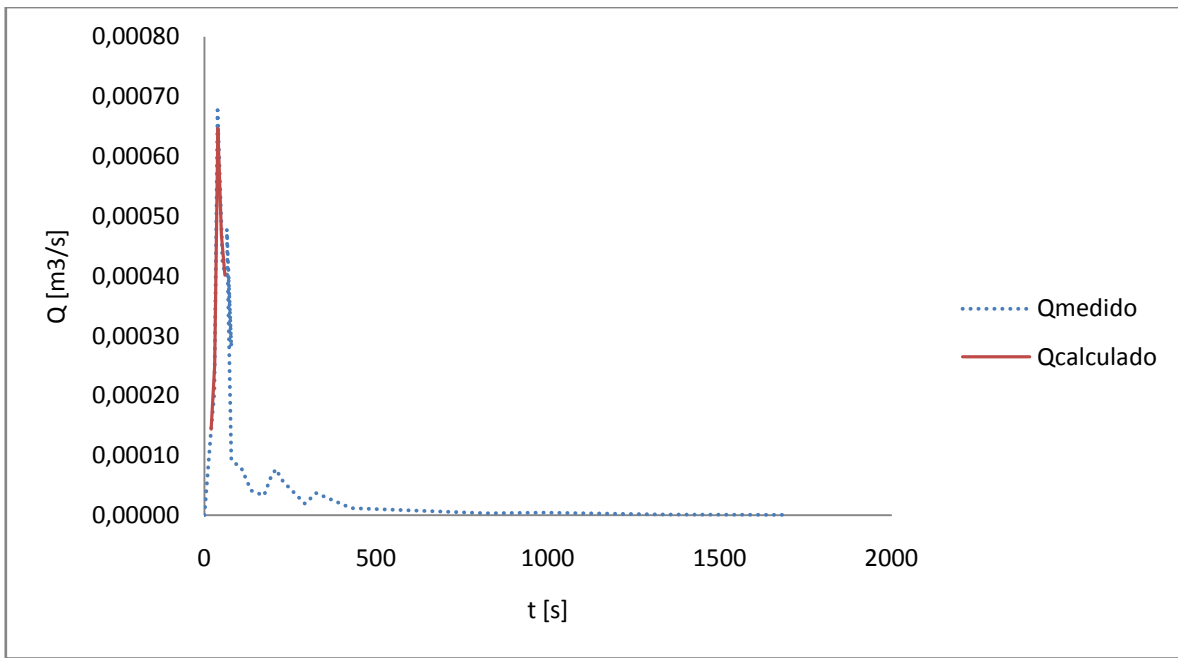


Figura C - 4 Hidrograma de Salida medido Vs Calculad

PERFILES

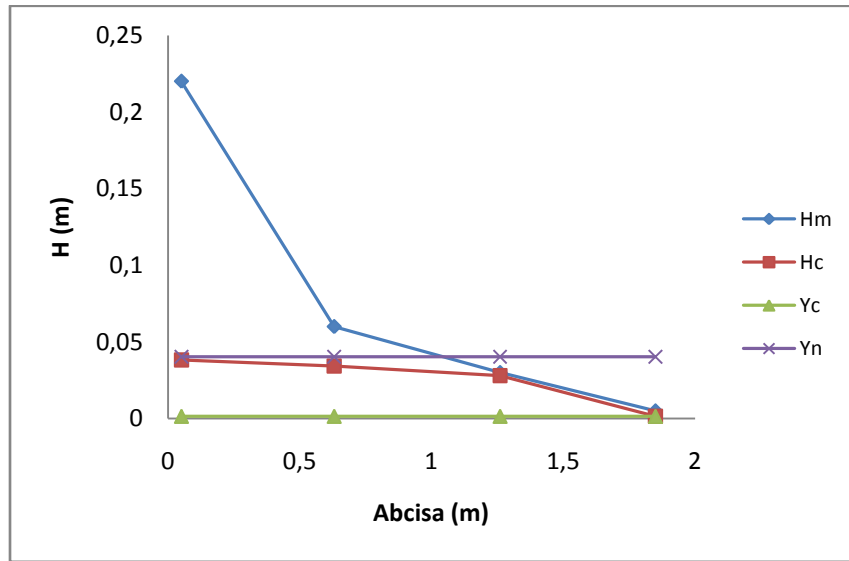


Figura C - 5 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 20 Segundos.

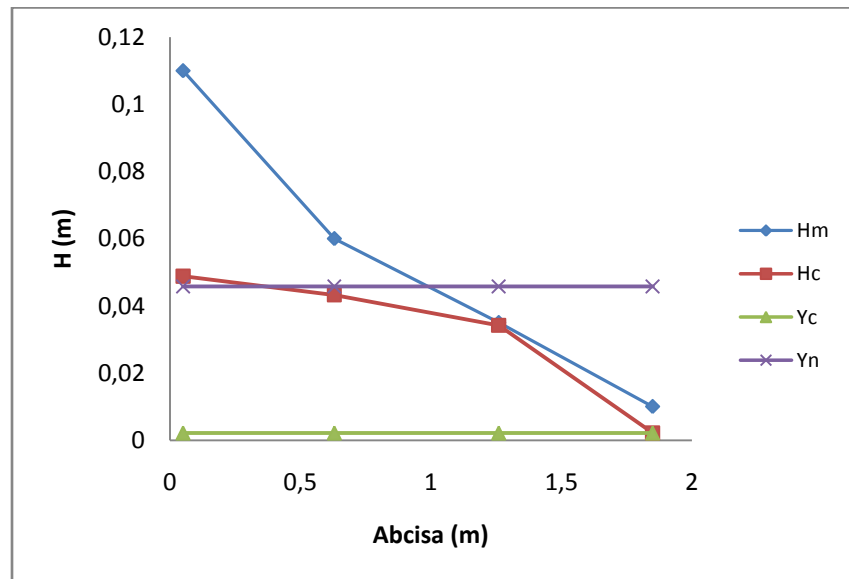


Figura C - 6 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 30 segundos.

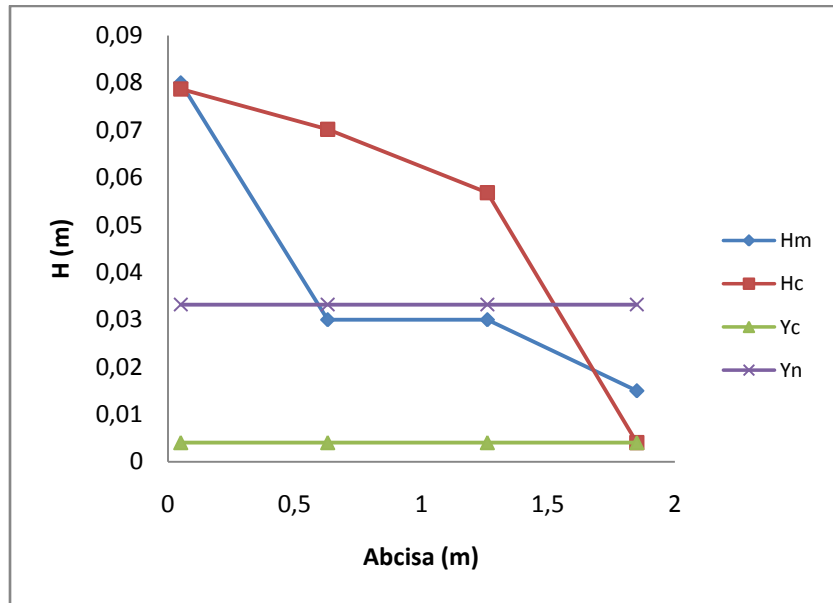


Figura C - 7 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 40 segundos.

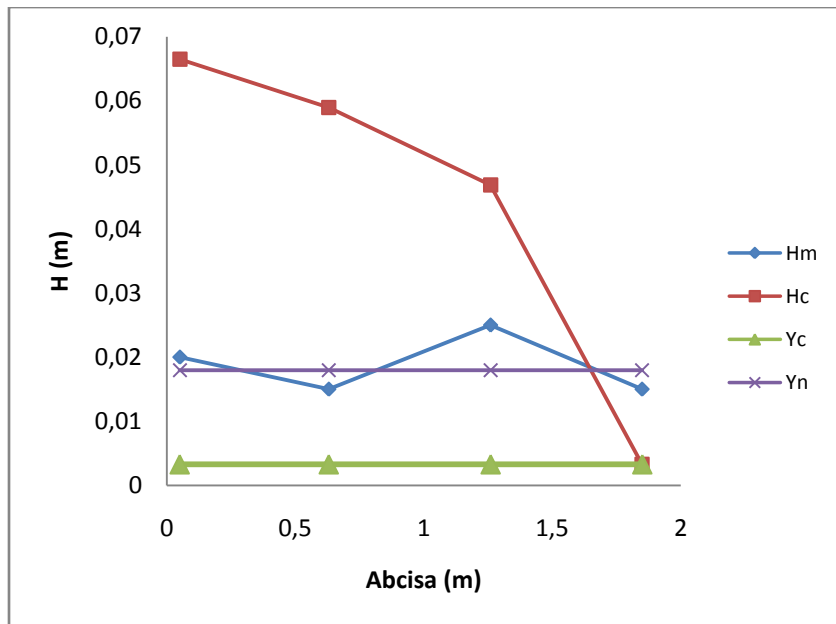


Figura C - 8 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 50 segundos.

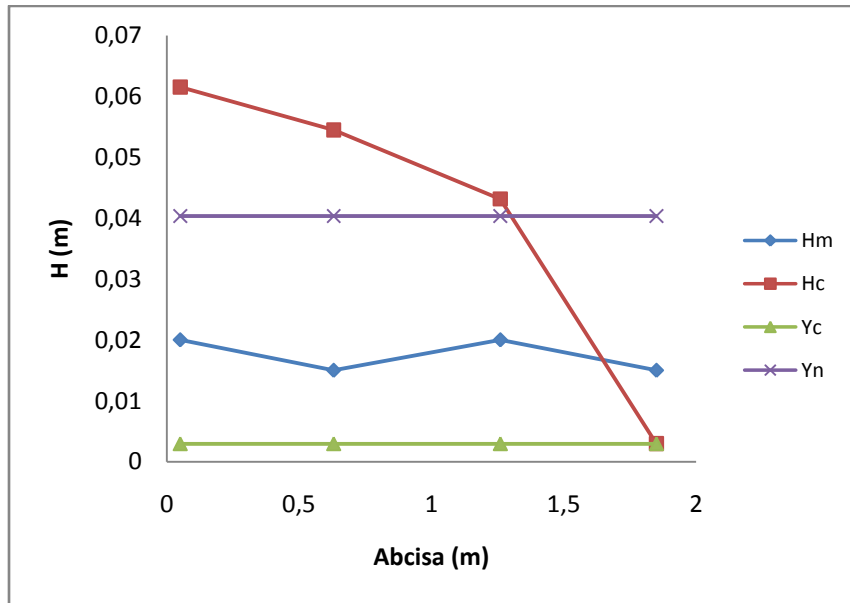


Figura C - 9 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 60 segundos.

Evento Pluviométrico No. 3

Con el fin de generar un impulso de entrada en el tiempo para el modelo de retención, se generó una entrada de agua al modelo de 60 litros en 10 segundos simulando un caudal de entrada de $0.006 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Se generaron los siguientes datos de medición visual de alturas en el tiempo, como se muestran en la tabla C.7.

Tabla C - 13 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.

Entrada a la Trinchera (Puntos de Lectura)				
Tiempo [s]	Altura [cm]			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
10	0	1	10	28
20	0.5	2	9	19
30	1	2.2	6	8
40	1.6	2.5	4	5.3
50	1.5	2.5	3	3.5
60	1.3	1.5	2	2.6
70	1	1.3	1.5	2.1
80	0.5	1	1.5	1.5
90	0.1	0.5	1.3	1.5
100	0	0	0	0
110	0	0	0	0

De acuerdo a las mediciones mostradas en la tabla C.7., se genera el siguiente perfil a diferentes tiempos:

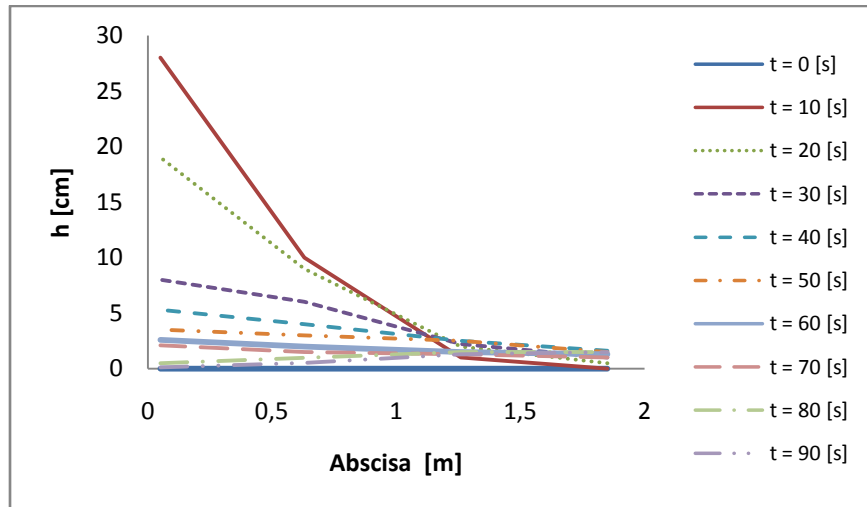


Figura C - 10 Perfil generado en el tiempo. Evento 3

Simultáneamente se hizo la medición del hidrograma de salida a través del método de aforo, con el fin de determinar la eficiencia de reducción de volúmenes de escorrentía, como se muestra en la siguiente tabla los valores de altura y tiempo para el volumen.

Tabla C - 14 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 3.

h [cm]	t [mín]	t [s]	v [L]	Q [L/s]	Q [m ³ /s]
0	0	0	0	0.000	0.00000
2.5	0.676	40.560	6	0.148	0.00015
5	0.999	59.940	6	0.310	0.00031
7	1.903	114.150	4.8	0.089	0.00009
7.5	2.426	145.548	1.2	0.038	0.00004
8.5	4.823	289.380	2.4	0.017	0.00002
8.7	7.706	462.360	0.48	0.003	0.00000
9	10.750	645.000	0.72	0.004	0.00000
9.3	14.620	877.170	0.72	0.003	0.00000
9.5	16.908	1014.450	0.48	0.003	0.00000
9.7	19.009	1140.546	0.48	0.004	0.00000
10	22.792	1367.510	0.72	0.003	0.00000

Generando así el siguiente hidrograma de salida.

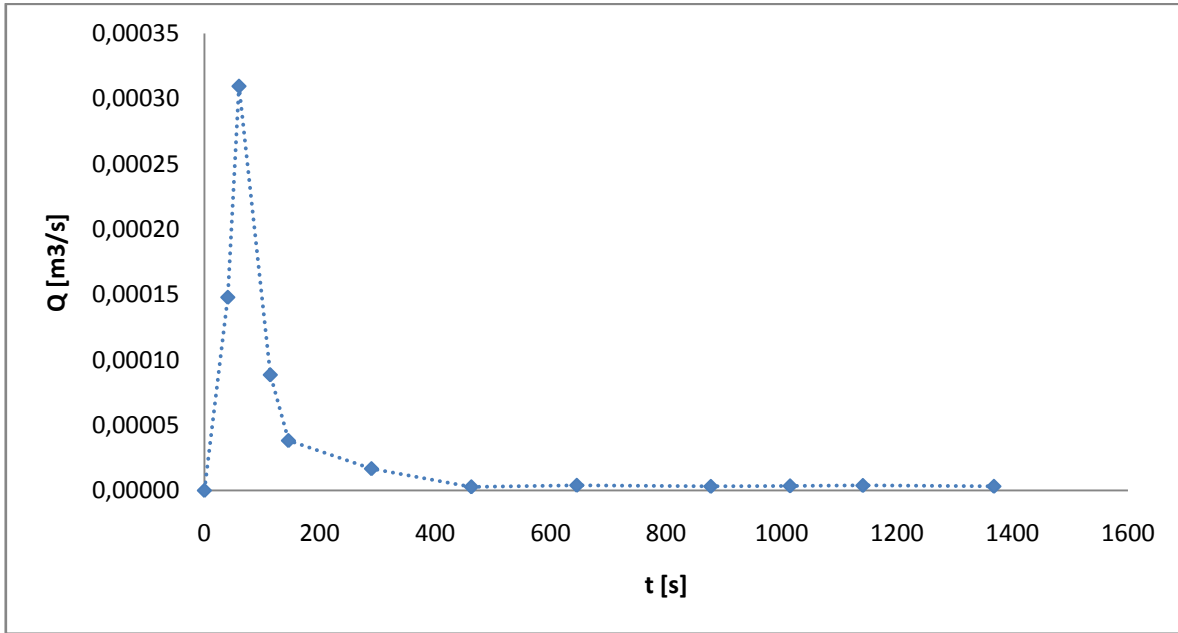


Figura C - 11 Hidrograma de Salida – Evento 3.

Tabla C - 15 lag – time Material 1, Aguacero 3

Lag-time de entrada:	
5	[s]
Lag-time de salida:	
82.575589	[s]
Lag-time (K):	
77.575589	[s]

CALIBRACIÓN N DE MANNING

Tabla C - 16 Caudales medidos y calculados sección 4 Grava No 1, evento lluvioso No 3

SECCIÓN 4									
n	t [s]	A4 [m ²]	P4 [m]	Rh4 [m]	Grad4	Qc4 [m ³ /s]	Qm4 [m ³ /s]	Qc4 * 10 ³ [l/s]	Qm4 * 10 ³ [l/s]
1,96318	10	0,2239945	1,35560177	0,165236213	0,0000012	3,7108E-05	0,00004	37,108	37
1,96318	20	0,1519963	1,17701549	0,129137017	0,0000140	7,40033E-05	0,00007	74,0033	74
1,96318	30	0,0639984	0,95874336	0,066752409	0,000431359	0,000111414	0,00011	111,414	111
1,96318	40	0,042399	0,90516748	0,046841011	0,002878462	0,000150565	0,00015	150,565	148
1,96318	50	0,0279993	0,86945022	0,032203468	0,04645272	0,000311143	0,00031	311,143	310
1,96318	60	0,0207995	0,85159159	0,024424254	0,119230119	0,000307963	0,00031	307,963	310
1,96318	70	0,0167996	0,84167013	0,019959824	0,204856963	0,000284993	0,00027	284,993	269

Tabla C - 17 Caudales medidos y calculados sección 3 Grava No 1, evento pluviométrico No 3

SECCIÓN 3									
n	t [s]	A3 [m ²]	P3 [m]	Rh3 [m]	Grad3	Qc3 [m ³ /s]	Qm3 [m ³ /s]	Qc3 * 10 ³ [l/s]	Qm3 * 10 ³ [l/s]
1,96318	10	0,07999804	0,998429204	0,08012389	2,39E-05	3,7024E-05	0,00004	37,0238077	37
1,96318	20	0,07199823	0,978586283	0,07357372	0,0001325	7,4126E-05	0,00007	74,1259179	74
1,96318	30	0,04799882	0,919057522	0,05222613	0,0010603	0,00011124	0,00011	111,235836	111
1,96318	40	0,03199921	0,879371681	0,03638873	0,0067354	0,00014689	0,00015	146,894418	148
1,96318	50	0,02399941	0,859528761	0,02792159	0,0769719	0,00031215	0,00031	312,151548	310
1,96318	60	0,01599961	0,839685841	0,01905428	0,2877284	0,00031187	0,00031	311,86587	310
1,96318	70	0,01199971	0,829764381	0,01446158	0,5555833	0,00027043	0,00027	270,433948	269

Tabla C - 18 Caudales medidos y calculados sección 2 Grava No 1, evento lluvioso No 3

SECCIÓN 2									
n	t [s]	A2 [m ²]	P2 [m]	Rh2 [m]	Grad2	Qc2 [m ³ /s]	Qm2 [m ³ /s]	Qc2 * 10 ³ [l/s]	Qm2 * 10 ³ [l/s]
1,96318	10	0,007999804	0,81984292	0,00975773	0,1200786	6,44788E-05	0,00004	64,478775	37
1,96318	20	0,015999607	0,83968584	0,01905428	0,0171502	7,61397E-05	0,00007	76,1397264	74
1,96318	30	0,017599568	0,84365442	0,02086111	0,0280131	0,000113705	0,00011	113,705032	111
1,96318	40	0,019999509	0,8496073	0,02353971	0,0301764	0,000145354	0,00015	145,353587	148
1,96318	50	0,019999509	0,8496073	0,02353971	0,1382154	0,000311079	0,00031	311,078845	310
1,96318	60	0,011999705	0,82976438	0,01446158	0,7352367	0,0003111	0,00031	311,100132	310
1,96318	70	0,010399745	0,8257958	0,0125936	0,7893161	0,000254754	0,00027	254,753595	269

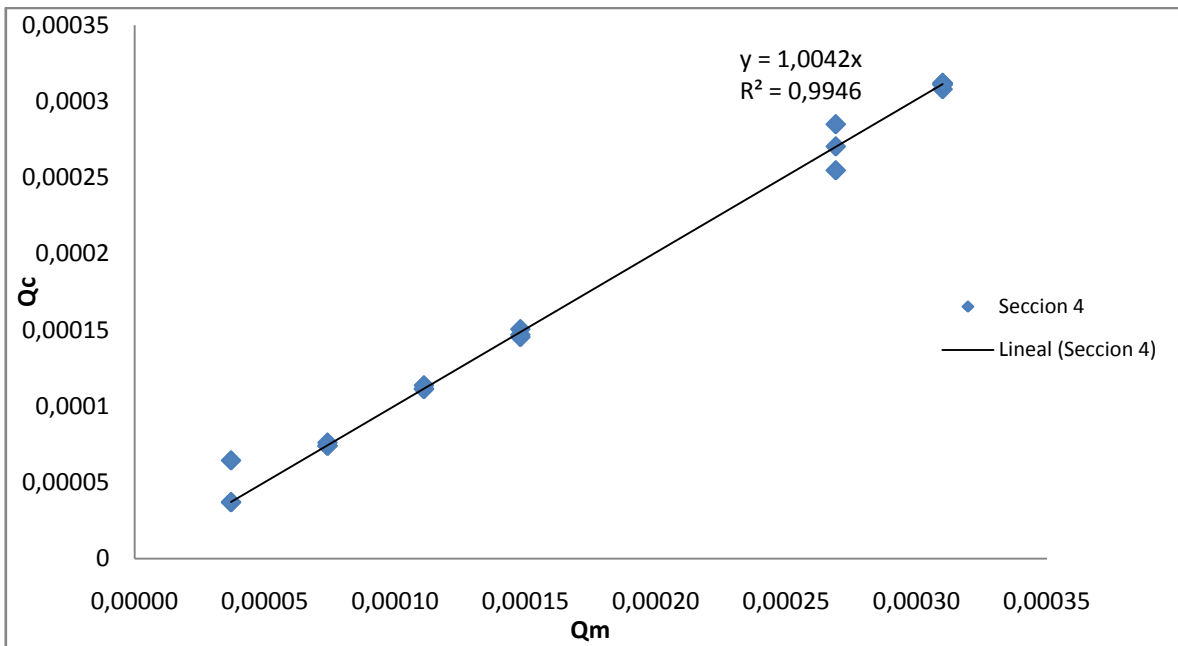


Figura C - 12 Relacion caudal medido Vs Caudal calculado Evento 3

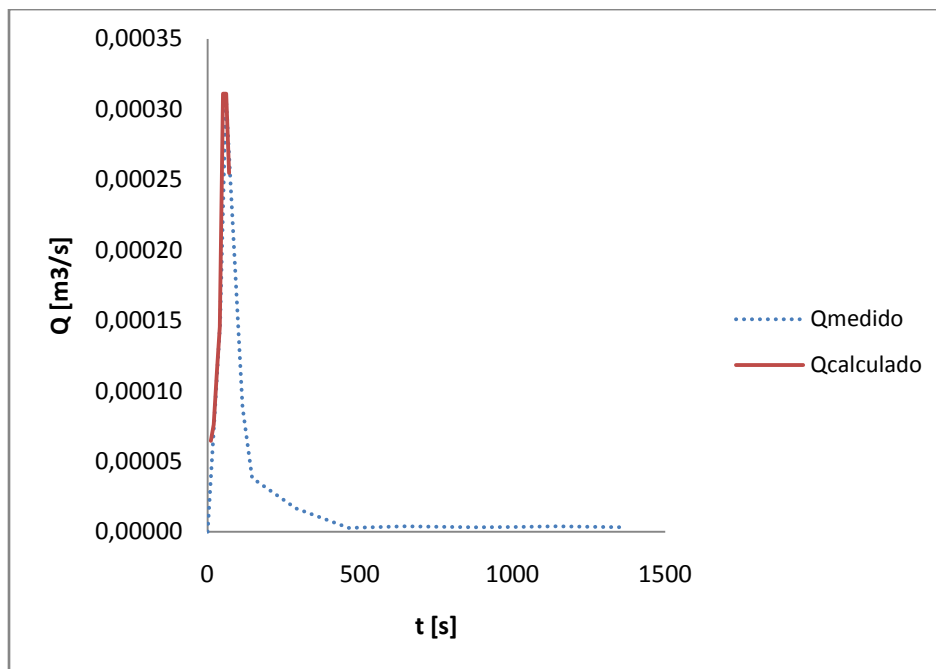


Figura C - 13 Relacion Caudal medido Vs Caudal Calculado evento 3.

Tabla C - 21 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 30 segundos

30 segundos

sección	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dg	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dg
sección 1-2	1963185	0.01	0.007999804	0.11371	0.00011	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.01736621	0.009389	0.823307	0.0	0.22019947	2	0.01211	-0.062990569	18.32860513		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.015064418	0.012051	0.829916	0.0	0.09684593	2	0.009435	-0.023893184	7.123771862		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.018418426	0.014734	0.836576	0.0	0.05008523	3	0.007717	-0.006980075	3.558931279		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.02037971	0.016303	0.840471	0.0	0.03596784	4	0.006974	-0.000925304	2.639656684		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.02073025	0.016584	0.841167	0.0	0.03401773	5	0.006856	-9.31578E-06	2.507885928		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.020733964	0.016587	0.841175	0.0	0.03399782	6	0.006855	1.72744E-07	2.491091966		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.020733895	0.016587	0.841175	0.0	0.03399819	7	0.006855	-4.34876E-09	2.475485444		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.020733897	0.016587	0.841175	0.0	0.03399818	8	0.006855	1.37604E-10	2.4598568		
	1963185	0.01	0.007999804	0.113705	0.000113705	0.0142135	0.010010297	0.002988	-0.002994	-0.58	0.020733897	0.022	1.6E-06	0.016587	0.841175	0.0	0.03399818	6	0.006855	-5.25601E-12	2.491113021
sección 2-3	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.021099418	0.016971	0.841881	0.0	0.03216098	2	0.00674	-0.009952988	2.56895424		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.024963752	0.019971	0.849575	0.0	0.01855438	2	0.005694	-0.001793235	1.761953184		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02598151	0.020785	0.851596	0.0	0.01629199	3	0.005471	-6.29556E-05	1.634204418		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02602003	0.020816	0.851672	0.0	0.01621366	4	0.005462	2.3517E-07	1.622191769		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02601989	0.020815	0.851672	0.0	0.01621396	5	0.005463	-2.3339E-09	1.614210803		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02601989	0.020815	0.851672	0.0	0.01621396	6	0.005463	3.48269E-11	1.606214782		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02601989	0.020815	0.851672	0.0	0.01621396	7	0.005463	-6.95657E-13	1.59821891		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02601989	0.020815	0.851672	0.0	0.01621396	8	0.005463	1.74462E-14	1.590223036		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02601989	0.020815	0.851672	0.0	0.01621396	9	0.005463	-5.25513E-16	1.582227162		
	1963185	0.0207339	0.01658671	0.113705	0.000113705	0.0068552	0.020736292	0.0005642	-0.000564	-0.63	0.02601989	0.06	0.001155	0.020815	0.851672	0.0	0.01621396	8	0.005463	1.91904E-17	1.590223036
sección 3-4	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.026215775	0.020972	0.852061	0.0	0.01582325	2	0.005422	-0.00449081	1.568994291		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029077997	0.023262	0.857745	0.0	0.0113016	2	0.004888	-0.000317588	1.36544369		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029310587	0.023448	0.858207	0.0	0.01101332	3	0.004849	-1.41649E-06	1.348259706		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029311637	0.023449	0.858209	0.0	0.01101204	4	0.004849	5.25091E-09	1.343244765		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029311634	0.023449	0.858209	0.0	0.01101204	5	0.004849	-3.90365E-11	1.338283478		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029311634	0.023449	0.858209	0.0	0.01101204	6	0.004849	4.36007E-13	1.333321994		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029311634	0.023449	0.858209	0.0	0.01101204	7	0.004849	-6.51063E-15	1.32836051		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029311634	0.023449	0.858209	0.0	0.01101204	8	0.004849	1.22949E-16	1.323399027		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029311634	0.023449	0.858209	0.0	0.01101204	9	0.004849	-5.42101E-18	1.318437544		
	1963185	0.0260199	0.020815398	0.113705	0.000113705	0.0054625	0.026021407	0.0003377	-0.000338	-0.58	0.029311634	0.08	0.002569 0.003726	0.023449	0.858209	0.0	0.01101204	2	0.004849	1.51788E-18	1.35167927

Tabla C - 22 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 40 segundos

40 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m ²)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g ²)	dF/dy		
sección 1-2	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.016965143			0.013572	0.83369	0.0	0.107148	2	0.01071	-0.030590678	7.005289048		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.02133194			0.017065	0.842362	0.0	0.05062308	2	0.008518	-0.009835544	3.247498904		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.024360592			0.019488	0.848377	0.0	0.03283434	3	0.007459	-0.001647278	2.257816387		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.025090181			0.020072	0.849826	0.0	0.0298261	4	0.007242	-4.54629E-05	2.09485753		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.02511885			0.020089	0.849869	0.0	0.02974227	5	0.007235	5.47763E-07	2.077061182		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.02511622			0.020089	0.849868	0.0	0.02974329	6	0.007236	-1.0757E-08	2.063577608		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.02511627			0.020089	0.849868	0.0	0.02974327	7	0.007236	2.83041E-10	2.050044285		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.02511627			0.020089	0.849868	0.0	0.02974327	8	0.007236	-3.36507E-12	2.036511943		
	1.963185	0.016	0.012799686	0.1453536	0.000145354	0.011356	0.016006573	0.0016627	-0.001664	-0.58	0.02511627	0.025	1.2E-08	0.020089	0.849868	0.0	0.02974327	6	0.007236	3.74153E-13	2.063576677		
sección 2-3	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.025488351			0.02029	0.850616	0.0	0.02833621	2	0.007129	-0.008737583	2.139155957		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.029572945			0.023658	0.858728	0.0	0.01748483	2	0.006144	-0.00123547	1.603585076		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03034339			0.024274	0.860258	0.0	0.01608646	3	0.005988	-2.46386E-05	1.53298379		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03035946			0.024287	0.86029	0.0	0.01605889	4	0.005985	1.1802E-07	1.523936742		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03035938			0.024287	0.86029	0.0	0.01605902	5	0.005985	-1.22229E-09	1.516102345		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03035938			0.024287	0.86029	0.0	0.01605902	6	0.005985	1.90427E-11	1.508262149		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03035938			0.024287	0.86029	0.0	0.01605902	7	0.005985	-3.97201E-13	1.500422012		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03035938			0.024287	0.86029	0.0	0.01605902	8	0.005985	1.03971E-14	1.492581874		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03035938			0.024287	0.86029	0.0	0.01605902	9	0.005985	-3.26995E-16	1.484741736		
	1.963185	0.0251116	0.020088808	0.1453536	0.000145354	0.0072356	0.025114295	0.0005978	-0.000598	-0.63	0.03035938	0.04	9.29E-05	0.024287	0.86029	0.0	0.01605902	8	0.005985	9.54098E-18	1.492581874		
sección 3-4	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.030585779			0.024468	0.860739	0.0	0.01567712	2	0.005941	-0.004433181	1.481284081		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033578574			0.026862	0.866682	0.0	0.0159067	2	0.005411	-0.00025562	1.32324997		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.03377175			0.027017	0.867066	0.0	0.0137785	3	0.00538	-7.44892E-07	1.310371629		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033772319			0.027017	0.867067	0.0	0.0137724	4	0.00538	2.91499E-09	1.305275639		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033772317			0.027017	0.867067	0.0	0.0137724	5	0.00538	-2.28072E-11	1.300202072		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033772317			0.027017	0.867067	0.0	0.0137724	6	0.00538	2.68143E-13	1.295128418		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033772317			0.027017	0.867067	0.0	0.0137724	7	0.00538	-4.21913E-15	1.290054764		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033772317			0.027017	0.867067	0.0	0.0137724	8	0.00538	7.95127E-17	1.28498111		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033772317			0.027017	0.867067	0.0	0.0137724	9	0.00538	-2.84603E-19	1.279907457		
	1.963185	0.0303594	0.024286911	0.1453536	0.000145354	0.0059849	0.030361209	0.0003903	-0.00039	-0.58	0.033772317	0.053	0.00037	0.027017	0.867067	0.0	0.0137724	2	0.00538	-2.84603E-19	1.315423032		
																						0.000463	

Tabla C - 24 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 60 segundos

60 segundos

n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(y2)	dF/dy	
sección 1-2	1963185	0.013	0.010399745	0.31100	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.020152577		0.016122	0.84002	0.0	0.27929895	2	0.019297	-0.077421945	14.13850067	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.025628542		0.020502	0.850895	0.0	0.12750866	2	0.015174	-0.027934039	5.692711902	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.030535525		0.024428	0.860639	0.0	0.07219856	3	0.012735	-0.006990595	3.187790422	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.032728453		0.026182	0.864994	0.0	0.05768341	4	0.011882	-0.000589344	2.600187865	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.032955107		0.026364	0.865444	0.0	0.05641068	5	0.0118	6.30402E-06	2.528270163	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.032952614		0.026362	0.865439	0.0	0.05642447	6	0.011801	-1.89979E-07	2.503558827	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.03295269		0.026362	0.86544	0.0	0.05642405	7	0.011801	7.67594E-09	2.478334345	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.032952687		0.026362	0.86544	0.0	0.05642407	8	0.011801	-3.914E-10	2.453125437	
	1963185	0.013	0.010399745	0.3110001	0.0003111	0.0299142	0.01304561	0.0122455	-0.012332	-0.58	0.032952687	0.015	0.00032	0.026362	0.86544	0.0	0.05642407	6	0.011801	2.41849E-11	2.503544429
0.8																					
sección 2-3	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.033890855		0.027112	0.867303	0.0	0.05153125	2	0.011475	-0.015763445	2.546257976	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.040081683		0.032065	0.879597	0.0	0.03001534	2	0.009702	-0.002797017	1.754708976	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04167324		0.033338	0.882757	0.0	0.026488	3	0.009332	-9.47074E-05	1.62938494	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04173136		0.033384	0.882873	0.0	0.02636982	4	0.009319	6.31899E-07	1.61311607	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04173097		0.033384	0.882872	0.0	0.02637061	5	0.009319	-9.89743E-09	1.600591225	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04173098		0.033384	0.882872	0.0	0.0263706	6	0.009319	2.33735E-10	1.588045818	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04173098		0.033384	0.882872	0.0	0.0263706	7	0.009319	-7.40985E-12	1.575500803	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04173098		0.033384	0.882872	0.0	0.0263706	8	0.009319	2.95776E-13	1.562955778	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04173098		0.033384	0.882872	0.0	0.0263706	9	0.009319	-1.42748E-14	1.550410754	
	1963185	0.0329527	0.026361503	0.3110001	0.0003111	0.0118013	0.032959785	0.0014885	-0.001489	-0.63	0.04173098	0.02	0.000472	0.033384	0.882872	0.0	0.0263706	8	0.009319	8.10333E-16	1.562955778
sección 3-4	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.042242157		0.033793	0.893867	0.0	0.02536065	2	0.009206	-0.007099052	1.557969785	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.046798761		0.037438	0.892936	0.0	0.01827108	2	0.00831	-0.000487271	1.361437296	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.04715667		0.037725	0.893647	0.0	0.01783182	3	0.008247	-2.02995E-06	1.342248815	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.047158183		0.037726	0.893665	0.0	0.01782999	4	0.008246	1.17866E-08	1.334487393	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.047158174		0.037726	0.893665	0.0	0.01783	5	0.008246	-1.37178E-10	1.326772929	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.047158174		0.037726	0.893665	0.0	0.01783	6	0.008246	2.40346E-12	1.319058195	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.047158174		0.037726	0.893665	0.0	0.01783	7	0.008246	-5.64105E-14	1.311343464	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.047158174		0.037726	0.893665	0.0	0.01783	8	0.008246	1.65417E-15	1.303628733	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.047158174		0.037726	0.893665	0.0	0.01783	9	0.008246	-5.97395E-17	1.295914002	
	1963185	0.041731	0.033383964	0.3110001	0.0003111	0.0093188	0.041735405	0.0008812	-0.000881	-0.58	0.047158174	0.026	0.000448	0.037726	0.893665	0.0	0.01783	2	0.008246	2.71051E-18	1.34991712
	0.001242																				

Tabla C - 25 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 70 segundos

70 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dg	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dg	
sección 1-2	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.018790299			0.015032	0.837315	0.0	0.23548575	2	0.016947	-0.063887333	12.89575198	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.023744437			0.018995	0.847153	0.0	0.10963978	2	0.013411	-0.022443336	5.362807563	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.027929434			0.022343	0.855464	0.0	0.06465771	3	0.011402	-0.005216081	3.149765263	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.029585456			0.023668	0.858753	0.0	0.05363583	4	0.010764	-0.000364434	2.655515887	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.029722693			0.023778	0.859025	0.0	0.05283712	5	0.010714	4.37411E-06	2.599138295	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.02972101			0.023776	0.859022	0.0	0.05284682	6	0.010715	-1.20923E-07	2.57574107	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.029721057			0.023776	0.859022	0.0	0.05284655	7	0.010715	4.48094E-09	2.551942785	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.029721055			0.023776	0.859022	0.0	0.05284656	8	0.010715	-2.09373E-10	2.528155661	
	1963185	0.01	0.007999804	0.2547536	0.000254754	0.031845	0.010051687	0.014999	-0.015156	-0.58	0.029721055	0.013	0.00028	0.023776	0.859022	0.0	0.05284656	6	0.010715	1.1845E-11	2.575730686	
sección 2-3	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.030513487			0.02441	0.860596	0.0	0.04852712	2	0.010436	-0.01488997	2.622170841	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.036191977			0.028953	0.871872	0.0	0.02795469	2	0.008799	-0.00273277	1.783885403	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03772390			0.030179	0.874914	0.0	0.02446006	3	0.008442	-0.000100355	1.645411742	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03778489			0.030227	0.875036	0.0	0.02433319	4	0.008428	5.88046E-07	1.629296187	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03778453			0.030227	0.875035	0.0	0.02433393	5	0.008428	-8.49023E-09	1.617642116	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03778453			0.030227	0.875035	0.0	0.02433392	6	0.008428	1.847E-10	1.605961929	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03778453			0.030227	0.875035	0.0	0.02433392	7	0.008428	-5.3906E-12	1.59428212	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03778453			0.030227	0.875035	0.0	0.02433392	8	0.008428	1.97974E-13	1.582602302	
	1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03778453	0.015	0.000519	0.030227	0.875035	0.0	0.02433392	8	0.008428	-8.79082E-15	1.570922484	
1963185	0.0297211	0.023776261	0.2547536	0.000254754	0.0107146	0.029726907	0.0012573	-0.001258	-0.63	0.03778453	0.015	0.000519	0.030227	0.875035	0.0	0.02433392	8	0.008428	4.62195E-16	1.582602302		
sección 3-4	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.03821158			0.030569	0.875883	0.0	0.02346947	2	0.008334	-0.006592661	1.572829415	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042403174			0.033922	0.884207	0.0	0.01679974	2	0.00751	-0.000467511	1.368163046	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042744881			0.034196	0.884888	0.0	0.01637297	3	0.00745	-2.08823E-06	1.348682998	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746429			0.034196	0.884889	0.0	0.01637107	4	0.00745	1.11805E-08	1.341475569	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746421			0.034196	0.884889	0.0	0.01637108	5	0.00745	-1.20026E-10	1.334322239	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746421			0.034196	0.884889	0.0	0.01637108	6	0.00745	1.9389E-12	1.327168622	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746421			0.034196	0.884889	0.0	0.01637107	7	0.00745	-4.18406E-14	1.320015007	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746421			0.034196	0.884889	0.0	0.01637108	8	0.00745	1.14302E-15	1.312861392	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746421			0.034196	0.884889	0.0	0.01637108	9	0.00745	-3.65918E-17	1.305707778	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746421	0.021	0.000473	0.034196	0.884889	0.0	0.01637108	2	0.00745	-1.89735E-18	1.35578308	
	1963185	0.0377845	0.030226884	0.2547536	0.000254754	0.008428	0.037788153	0.0007361	-0.000736	-0.58	0.042746421	0.021	0.000473	0.034196	0.884889	0.0	0.01637108	2	0.00745	-1.89735E-18	1.35578308	

PERFILES

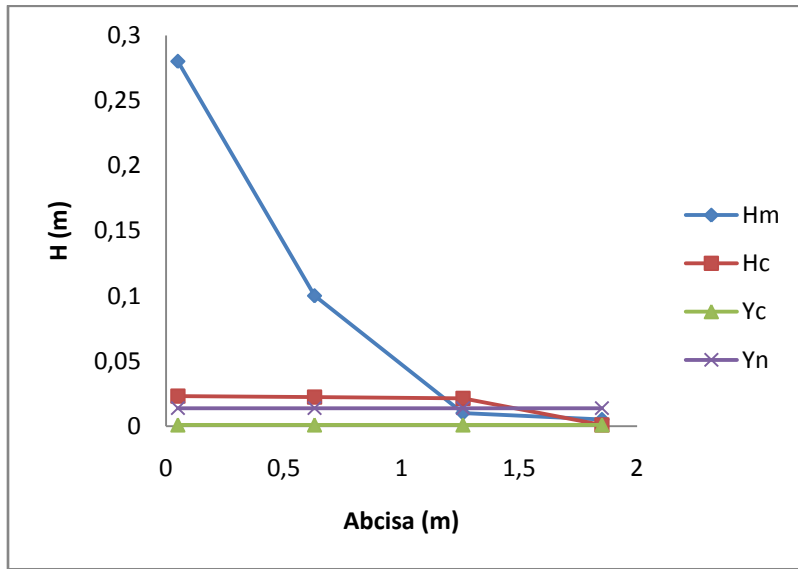


Figura C - 14 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 10 Segundos.

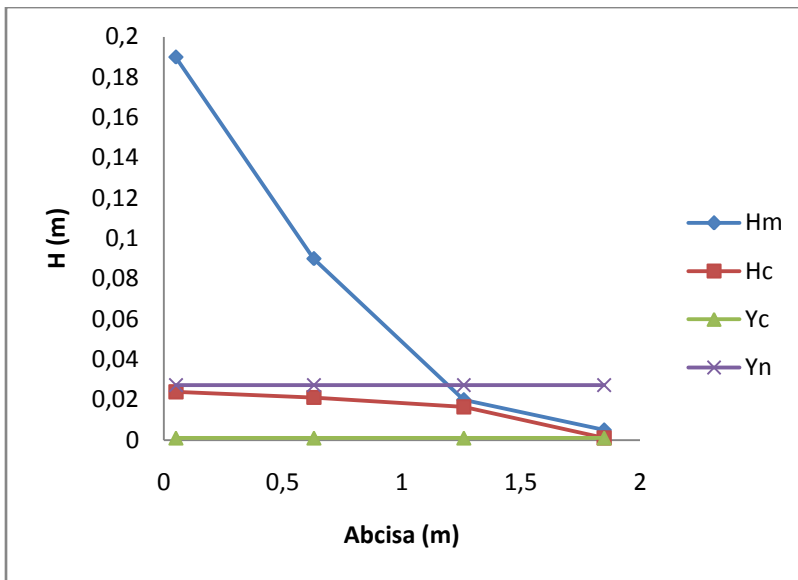


Figura C - 15 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 20 segundos.

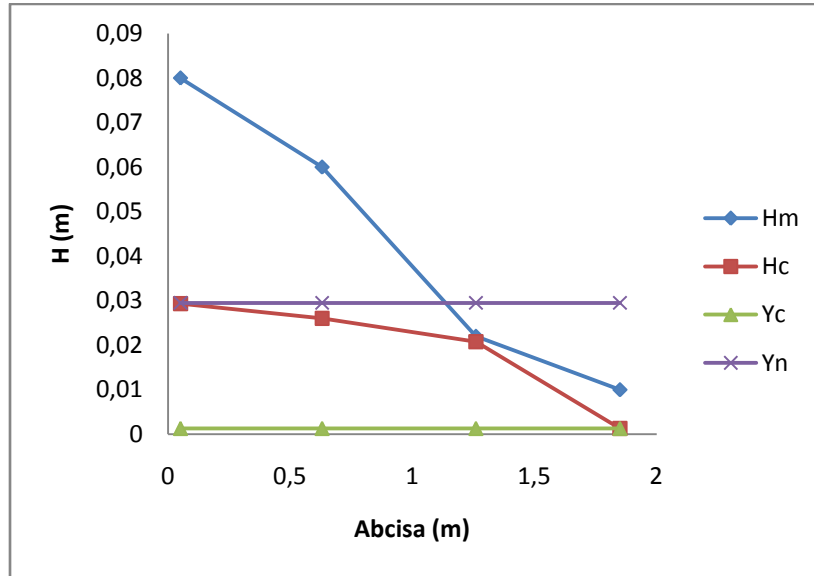


Figura C - 16 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 30 segundos.

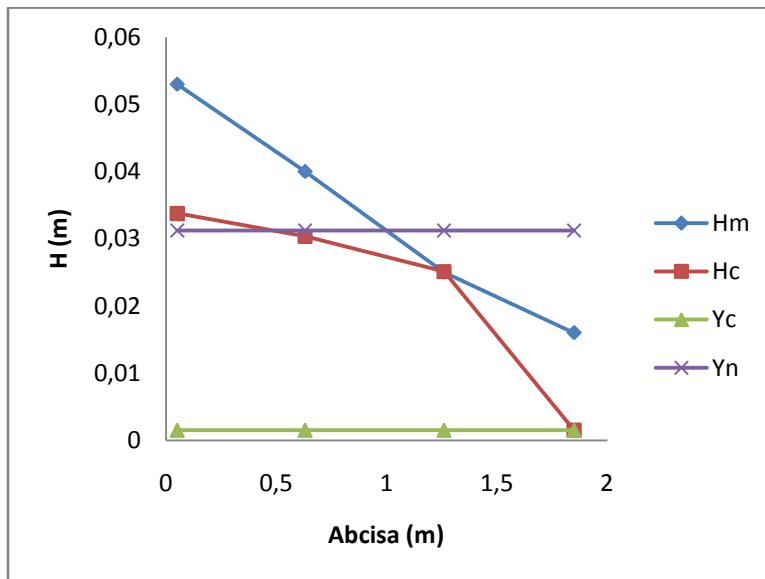


Figura C - 17 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 40 segundos.

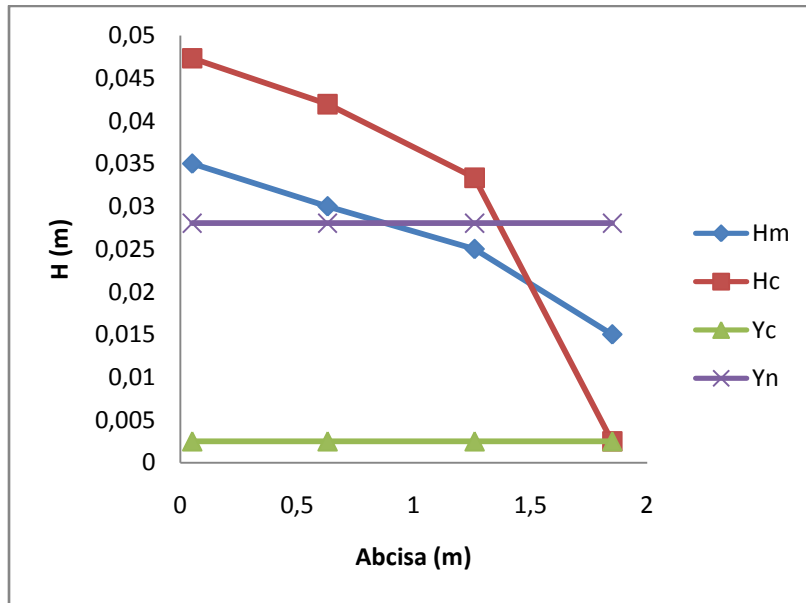


Figura C - 18 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 50 segundos.

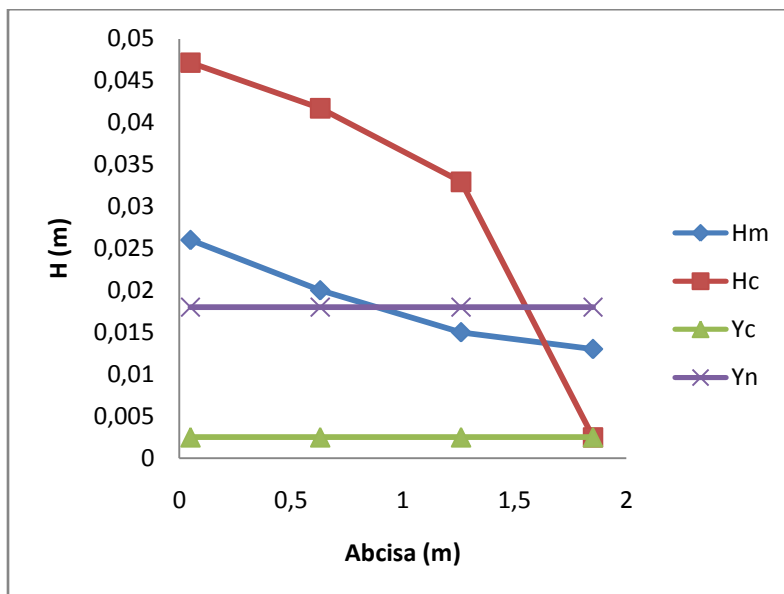


Figura C - 19 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 60 segundos.

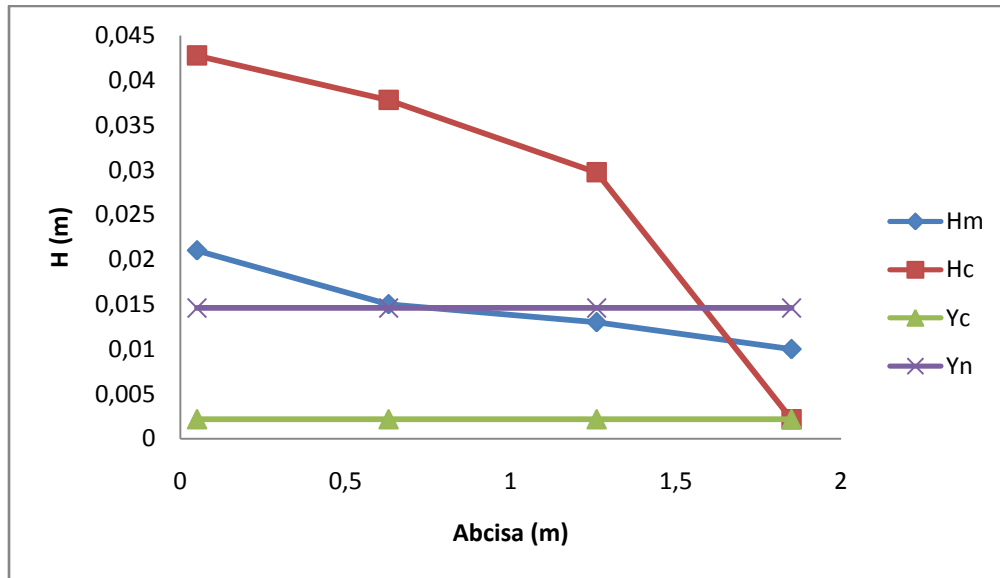


Figura C - 20 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 70 segundos.

CALCULO DE SÍNTESIS DEL MODELO RETENCIÓN**Tabla C - 26 Datos de entrada Iniciales para 100 metros**

C	1
Lvia (m)	100
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km ²)	0.00036
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.00368939
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	8.583171796
Tc (min)	11.47321275

C1	2304.4
Xo	24.8
C2	-0.94

T (hr)	0.191220213
I(mm/hr)	78.80377181
Qp (m ³ /s)	0.007886681

Tabla C - 27 Hidrograma de entrada de diseño para evento 3, 100 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.00788668	7.88668148
2	0.00788668	15.77336297
3	0.00788668	23.66004445
4	0.00788668	31.54672593
5	0.00788668	39.43340742
6	0.00788668	47.32008890
7	0.00788668	55.20677038
8	0.00788668	63.09345187
9	0.00788668	70.98013335
10	0.00788668	
11	0.00788668	
12	0.00788668	
13	0.00788668	
14	0.00788668	
15	0.00788668	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	
20	0.00000000	
21	0.00000000	

Tabla C - 28 Cálculo de hidrograma de salida de diseño para evento 3, 100 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)	Q0	Q1	±Q1	Q2	±Q2	Q3	±Q3	Q4	±Q4	Q5	±Q4	Q6	±Q6	Q7	±Q6	Q8	±Q6	Q9	±Q6		
0		0,00000000	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
1	0,00788668	7,88668148	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
2	0,00788668	15,77336291	0,000037		0,000037		3,7E-05		0,000037		0,000037		0,000037		0,000037		0,000037		0,000037		0,000037		0,000037
3	0,00788668	23,66004445	0,000074		0,000074		7,4E-05		0,000074		0,000074		0,000074		0,000074		0,000074		0,000074		0,000074		0,000074
4	0,00788668	31,54672593	0,000111		0,000111		0,000111		0,000111		0,000111		0,000111		0,000111		0,000111		0,000111		0,000111		0,000111
5	0,00788668	39,43340742	0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031
6	0,00788668	47,32008890	0,00031	0	0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031		0,00031
7	0,00788668	55,20677038	0,000269	0	0,000269		0,000269		0,000269		0,000269		0,000269		0,000269		0,000269		0,000269		0,000269		0,000269
8	0,00788668	63,09345187	0,000148	0,000037	0,000184929		0,000185		0,000185		0,000185		0,000185		0,000185		0,000185		0,000185		0,000185		0,000185
9	0,00788668	70,98013335	8,85E-05	0,000074	0,000162545		0,000163		0,000163		0,000163		0,000163		0,000163		0,000163		0,000163		0,000163		0,000163
10	0,00788668		3,82E-05	0,000111	0,000149219		0,00015		0,000149		0,000149		0,000149		0,000149		0,000149		0,000149		0,000149		0,000149
11	0,00788668		1,67E-05	0,00031	0,000326686		0,00033		0,000327		0,000327		0,000327		0,000327		0,000327		0,000327		0,000327		0,000327
12	0,00788668		2,77E-06	0,00031	0,000312775	0	0,00031		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313
13	0,00788668		3,34E-06	0,000269	0,000272942	0	0,00027		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273
14	0,00788668		3,1E-06	0,000148	0,00015103	0,000037	0,00019		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
15	0,00788668		3,5E-06	8,85E-05	3,20411E-05	0,000074	0,00017		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166
16	0,00000000		3,81E-06	3,82E-05	4,20256E-05	0,000111	0,00015		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153
17	0,00000000		3,17E-06	1,67E-05	1,98584E-05	0,00031	0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033
18	0,00000000		0	2,77E-06	2,77489E-06	0,00031	0,00031	0	0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313
19	0,00000000		3,34E-06	0,000269	3,94218E-06	0,000269	0,00027	0	0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273
20	0,00000000		3,1E-06		3,10118E-06	0,000148	0,00015	0,000037	0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
21	0,00000000		3,5E-06		3,4965E-06	8,85E-05	3,2E-05	0,000074	0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166
22	0,00000000		3,81E-06		3,80662E-06	3,82E-05	4,2E-05	0,000111	0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153
23	0,00000000		3,17E-06		3,17231E-06	1,67E-05	2E-05	0,00031	0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033
24	0,00000000		0		0	2,77E-06	2,8E-06	0,00031	0,000313	0	0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313
25	0,00000000		3,34E-06		0	3,34E-06	3,9E-06	0,000269	0,000273	0	0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273
26			3,1E-06		0	3,1E-06	3,1E-06	0,000148	0,000151	0,000037	0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
27			3,5E-06			3,5E-06	3,5E-06	8,85E-05	3,2E-05	0,000074	0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166
28			3,81E-06			3,81E-06	3,8E-06	3,82E-05	4,2E-05	0,000111	0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153
29			3,17E-06			3,17E-06	3,2E-06	1,67E-05	1,99E-05	0,00031	0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033
30			0			0	0	2,77E-06	2,77E-06	0,00031	0,000313	0	0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313
31			3,34E-06			3,34E-06	3,94E-06	0,000269	0,000273	0,000037	0,000151	0,000074	0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
32			3,1E-06			3,1E-06	3,1E-06	0,000148	0,000151	0,000037	0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
33			3,5E-06			3,5E-06	3,5E-06	8,85E-05	3,2E-05	0,000074	0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166
34			3,81E-06			3,81E-06	3,81E-06	3,82E-05	4,2E-05	0,000111	0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153
35			3,17E-06			3,17E-06	3,17E-06	1,67E-05	1,99E-05	0,00031	0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033
36			0			0	0	2,77E-06	2,77E-06	0,00031	0,000313	0	0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313
37			3,34E-06			3,34E-06	3,94E-06	0,000269	0,000273	0,000037	0,000151	0,000074	0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
38			3,1E-06			3,1E-06	3,1E-06	0,000148	0,000151	0,000037	0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
39			3,5E-06			3,5E-06	3,5E-06	8,85E-05	3,2E-05	0,000074	0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166
40			3,81E-06			3,81E-06	3,81E-06	3,82E-05	4,2E-05	0,000111	0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153
41			3,17E-06			3,17E-06	3,17E-06	1,67E-05	1,99E-05	0,00031	0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033		0,00033
42			0			0	0	2,77E-06	2,77E-06	0,00031	0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313		0,000313
43							0	3,34E-06	3,94E-06	0,000269	0,000273	0	0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273		0,000273
44			3,1E-06			3,1E-06	3,1E-06	0,000148	0,000151	0,000037	0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188		0,000188
45			3,5E-06			3,5E-06	3,5E-06	8,85E-05	3,2E-05	0,000074	0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166		0,000166
46			3,81E-06			3,81E-06	3,81E-06	3,82E-05	4,2E-05	0,000111	0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153		0,000153

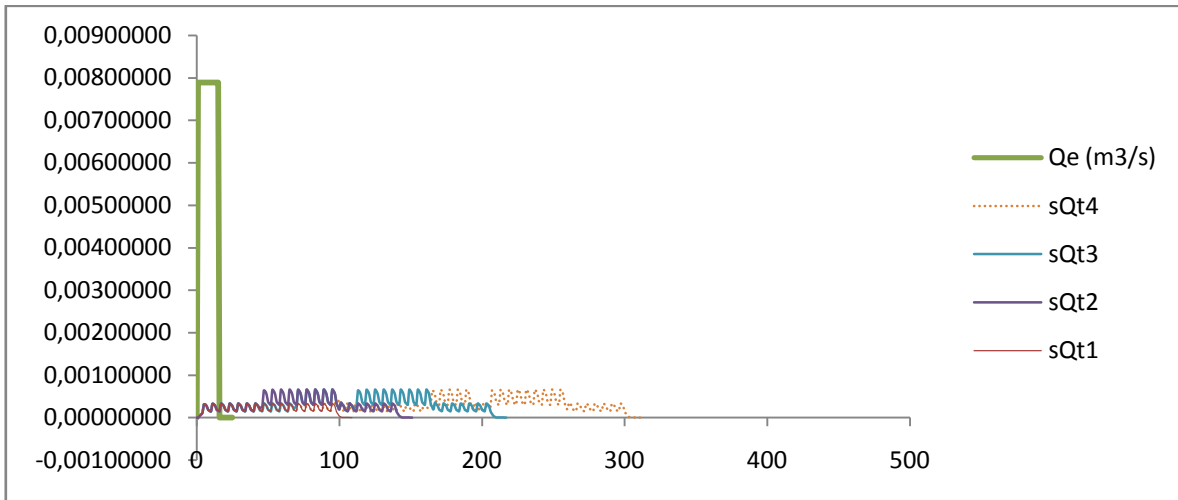


Figura C - 21 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 100 metros.

Tabla C - 29 Datos de entrada Iniciales para 130 metros

C	1
Lvia (m)	130
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.000468
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.00368939
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	8.583171796
Tc (min)	11.47321275

T (hr)	0.191220213
I(mm/hr)	78.80377181
Qp (m3/s)	0.010252686

Tabla C - 30 Hidrograma de entrada real para evento 3, 130 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.01025269	10.25268593
2	0.01025269	20.50537186
3	0.01025269	30.75805778
4	0.01025269	41.01074371
5	0.01025269	51.26342964
6	0.01025269	61.51611557
7	0.01025269	
8	0.01025269	
9	0.01025269	
10	0.01025269	
11	0.01025269	
12	0.01025269	
13	0.01025269	
14	0.01025269	
15	0.01025269	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	
20	0.00000000	
21	0.00000000	
22	0.00000000	
23	0.00000000	
24	0.00000000	
25	0.00000000	
26		
27		
28		

Para el cálculo del hidrograma de salida, se empleo el mismo procedimiento de la tabla C-28, pero para observar con mayor detalle el cálculo a los 130 metros es necesario remitirse al medio magnetico.

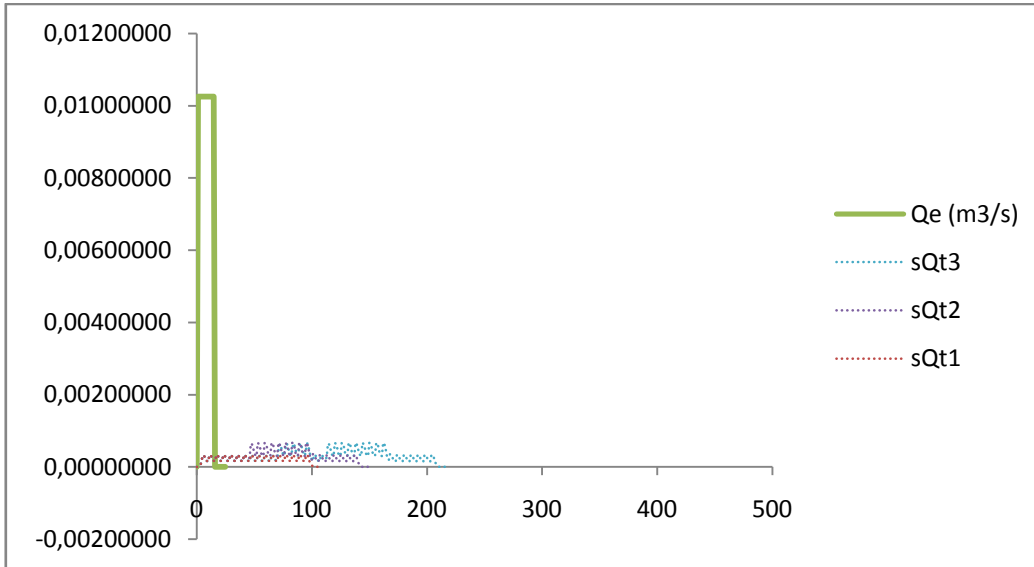


Figura C - 22 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 130 metros.

Tabla C - 31 Datos de entrada Iniciales para 160 metros

C	1
Lvia (m)	160
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km ²)	0.000576
S(m/m)	0.00100000
Vs(m/s)	0.205548048
Vt(m/s)	0.003703736
Te(min)	0.291902553
Te (min)	1.341438183
Te(min)	2.114641582
Tt (min)	8.549924455
Tc (min)	9.891362638

Material	n
G1	1.96318475
G2	1.326999518
G3	0.863723398

T (hr)	0.164856044
I(mm/hr)	82.17690666
Qp (m ³ /s)	0.013158824

Tabla C - 32 Hidrograma de entrada real para evento 3, 160 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.01315882	13.15882371
2	0.01315882	26.31764742
3	0.01315882	39.47647113
4	0.01315882	52.63529484
5	0.01315882	65.79411854
6	0.01315882	
7	0.01315882	
8	0.01315882	
9	0.01315882	
10	0.01315882	
11	0.01315882	
12	0.01315882	
13	0.01315882	
14	0.01315882	
15	0.01315882	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	
20	0.00000000	
21	0.00000000	
22	0.00000000	
23	0.00000000	
24	0.00000000	
25	0.00000000	

Calculo de hidrograma de salida ver cd

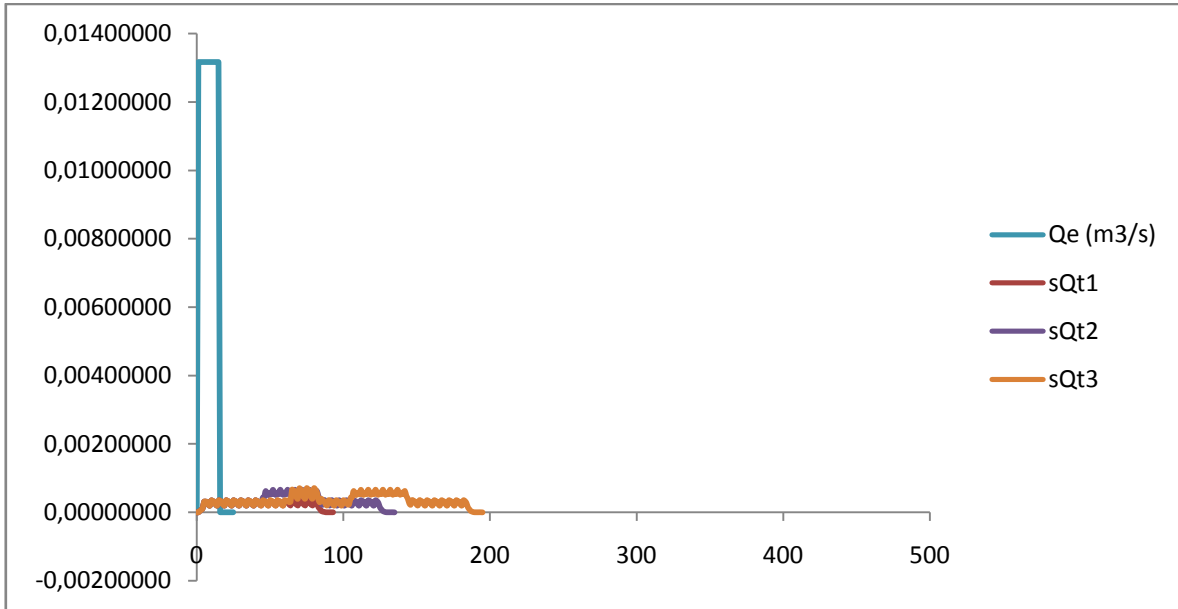


Figura C - 23 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 160 metros.

Tabla C - 33 Datos de entrada Iniciales para 190 metros

C	1
Lvia (m)	190
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.000684
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003703736
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	8.549924455
Tc (min)	11.43996541

T (hr)	0.19066609
I(mm/hr)	78.87172848
Qp (m3/s)	0.014997617

Tabla C - 34 Hidrograma de entrada real para evento 3, 190 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.01499762	14.99761691
2	0.01499762	29.99523383
3	0.01499762	44.99285074
4	0.01499762	59.99046766
5	0.01499762	
6	0.01499762	
7	0.01499762	
8	0.01499762	
9	0.01499762	
10	0.01499762	
11	0.01499762	
12	0.01499762	
13	0.01499762	
14	0.01499762	
15	0.01499762	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	
20	0.00000000	
21	0.00000000	
22	0.00000000	

Calculo de hidrograma de salida ver cd

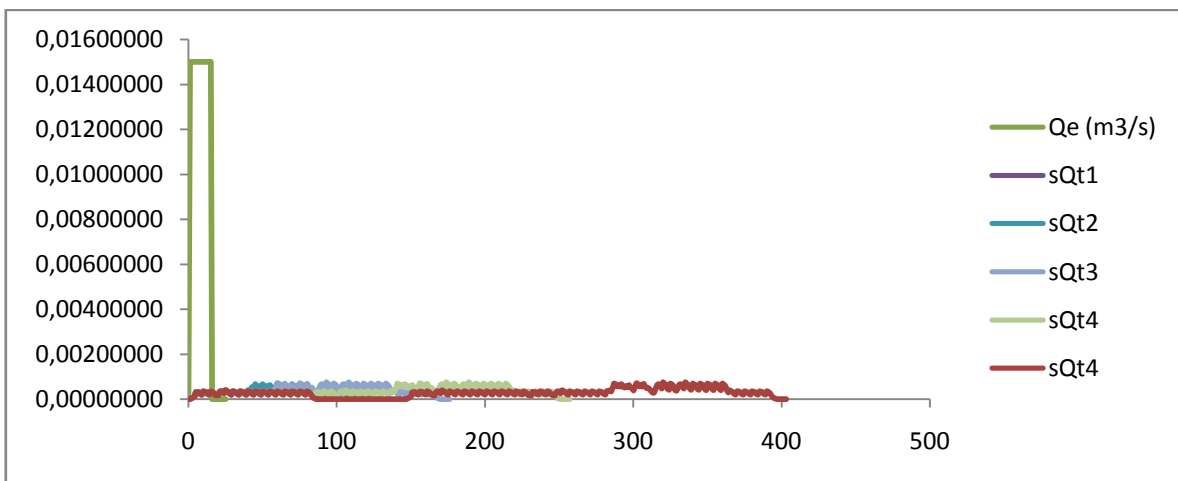


Figura C - 24 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 190 metros.

ANEXO D. RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL MATERIAL 2

En este anexo, se encuentran consignados todos los cálculos hidráulicos asociados a los eventos lluviosos 4 y 5. Inicialmente se encuentra todos los cálculos asociados al evento No. 4 y después todos los cálculos asociados al evento No. 5.

Evento Pluviométrico No. 4

Con el fin de generar un impulso de entrada en el tiempo para el modelo de retención, se generó una entrada de agua al modelo de 40 litros en 8 segundos simulando un caudal de entrada de $0.005 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Luego se midió el nivel del agua en el tiempo, en cuatro (4) puntos diferentes localizados a las distancias mostradas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla D - 1 Abscisas medidas a lo largo del modelo.

Abscisado nodos			
[m]			
4	3	2	1
1.85	1.26	0.63	0.05

Lo cual generó los siguientes datos de medición visual de alturas en el tiempo, como se muestran en la tabla D.2.

Tabla D - 2 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.

Entrada a la Trinchera (Puntos de Lectura)				
Tiempo [s]	Altura [cm]			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
10	0	0	11	19
20	1	4	9	20
30	5	6	7.5	13
40	4	4.5	5	9
50	2.5	3	4	7
60	1	1.4	2.8	5
70	1	1	1.5	4.5
80	0.5	1	1	2
90	0.1	0.2	0.3	0.3
100	0	0	0	0
110	0	0	0	0

De acuerdo a las mediciones mostradas en la tabla D.2., se genera el siguiente perfil a diferentes tiempos:

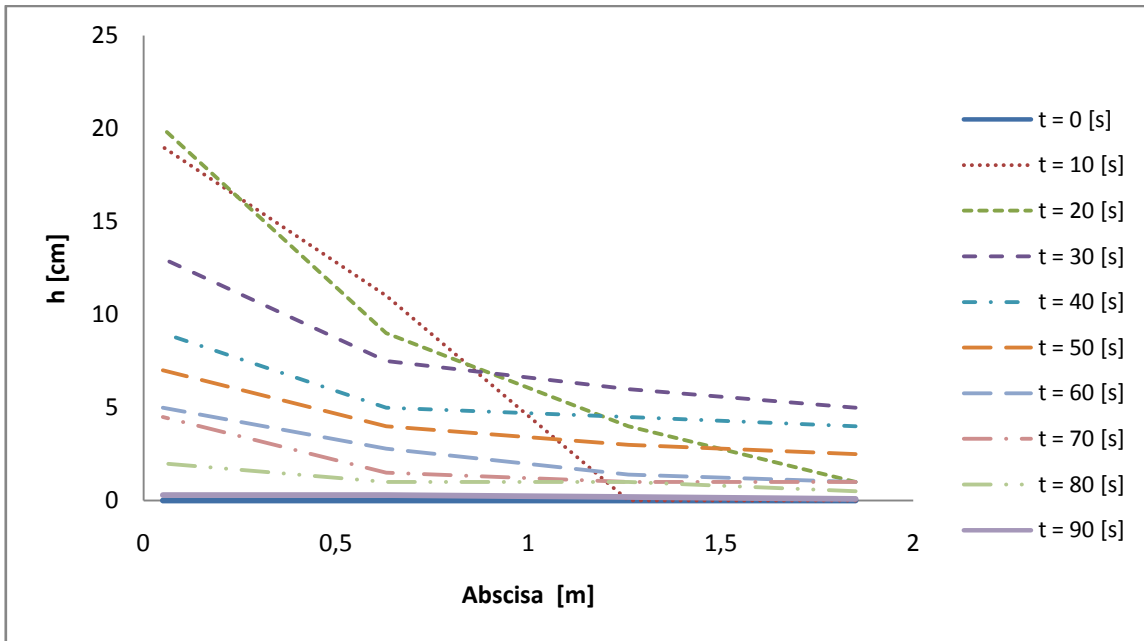


Figura D - 1 Perfil generado en el tiempo. Evento 4

Simultáneamente se hizo la medición del hidrograma de salida a través del método de aforo, con el fin de determinar la eficiencia de reducción de volúmenes de escorrentía, como se muestra en la siguiente tabla los valores de altura y tiempo para el volumen.

Tabla D - 3 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 4.

h [cm]	t [mín]	t [s]	v [L]	Q [L/s]	Q [m ³ /s]
0	0	0	0	0.000	0.00000
0	0.167	10.000	0	0.000	0.00000
6	0.333	20.000	14.4	1.440	0.00144
8	0.500	30.000	4.8	0.480	0.00048
9	0.667	40.000	2.4	0.240	0.00024
10	0.833	50.000	2.4	0.240	0.00024
10.5	1.000	60.000	1.2	0.120	0.00012
11	1.167	70.000	1.2	0.120	0.00012
11.5	1.333	80.000	1.2	0.120	0.00012
11.7	1.500	90.000	0.48	0.048	0.00005
12	1.667	100.000	0.72	0.072	0.00007
12.5	1.833	110.000	1.2	0.120	0.00012
12.7	2.000	120.000	0.48	0.048	0.00005
12.8	2.167	130.000	0.24	0.024	0.00002
13.2	2.333	140.000	0.96	0.096	0.00010
13.2	2.500	150.000	0	0.000	0.00000

Generando así el siguiente hidrograma de salida.

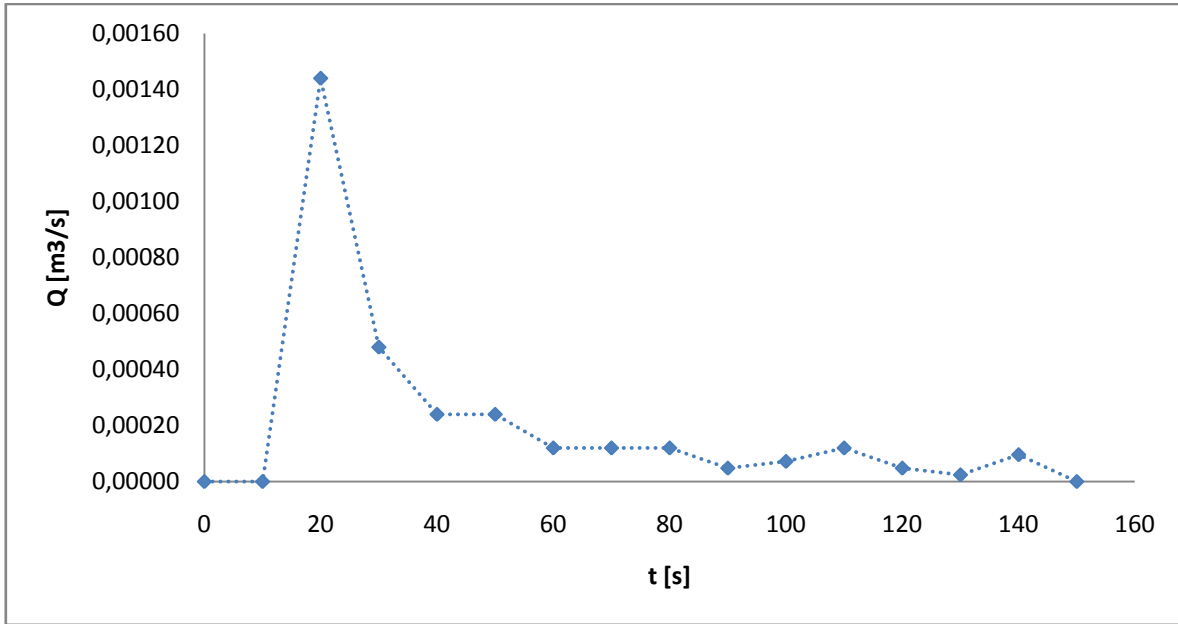


Figura D - 2 Hidrograma de Salida – Evento 4.

Tabla D - 4. Lag - time de material 2, evento 4

Lag-time de entrada:	
4	[s]
Lag-time de salido:	
39.6915285	[s]
Lag-time (K):	
35.6915285	[s]

CALIBRACIÓN DE N DE MANNING:

Tabla D - 5. Calibración n de Manning, evento 4, Sección 4.

SECCIÓN 4									
n	t [s]	A4 [m ²]	P4 [m]	Rh4 [m]	Grad4	Qc4 [m ³ /s]	Qm4 [m ³ /s]	Qc4 [l/s]	Qm4 [l/s]
1.74481514	20	0.159996073	1.196858407	0.133680034	0.003609484	0.001440324	0.00144	1440.32398	1440
1.74481514	30	0.103997447	1.057957965	0.09830017	0.001427795	0.000479707	0.00048	479.7065929	480
1.74481514	40	0.071998233	0.978586283	0.07357372	0.001097582	0.000240034	0.00024	240.0339949	240
1.74481514	50	0.055998626	0.938900443	0.059642773	0.002400249	0.000240028	0.00024	240.0276809	240
1.74481514	60	0.039999018	0.899214602	0.044482172	0.001737969	0.000119981	0.00012	119.9807373	120
1.74481514	70	0.035999116	0.889293142	0.040480596	0.002444587	0.000120266	0.00012	120.2660667	120
1.74481514	80	0.015999607	0.839685841	0.019054278	0.005416743	4.81457E-05	0.00005	48.14568341	48
1.74481514	90	0.002399941	0.805952876	0.002977769	6.557652038	7.29042E-05	0.00007	72.90421453	72

Tabla D - 6 Calibración n de Manning, evento 4, Sección 3

SECCIÓN 3									
n	t [s]	A3 [m ²]	P3 [m]	Rh3 [m]	Grad3	Qc3 [m ³ /s]	Qm3 [m ³ /s]	Qc3 [l/s]	Qm3 [l/s]
1.74481514	20	0.07199823	0.978586283	0.07357372	0.03948774	0.001439744	0.00144	1439.744303	1440
1.74481514	30	0.05999853	0.948821903	0.06323476	0.00773644	0.000480064	0.00048	480.0637415	480
1.74481514	40	0.03999902	0.899214602	0.04448217	0.00694343	0.000239816	0.00024	239.8157264	240
1.74481514	50	0.03199921	0.879371681	0.03638873	0.01411194	0.000239237	0.00024	239.2366799	240
1.74481514	60	0.02239945	0.855560177	0.02618103	0.01127487	0.00012019	0.00012	120.1899808	120
1.74481514	70	0.01199971	0.829764381	0.01446158	0.08636605	0.000119969	0.00012	119.9692358	120
1.74481514	80	0.0079998	0.81984292	0.00975773	0.05249667	4.79691E-05	0.00005	47.96909962	48
1.74481514	90	0.00239994	0.805952876	0.00297777	6.28854375	7.13926E-05	0.00007	71.39264862	72

Tabla D - 7 Calibración n de Manning, evento 4, Sección 2

SECCIÓN 2									
n	t [s]	A2 [m ²]	P2 [m]	Rh2 [m]	Grad2	Qc2 [m ³ /s]	Qm2 [m ³ /s]	Qc3 [l/s]	Qm3 [l/s]
1.74481514	20	0.031999215	0.87937168	0.036388725	0.511465172	0.00144027	0.00144	1440.26529	1440
1.74481514	30	0.047998822	0.91905752	0.052226135	0.015581957	0.00047979	0.00048	479.789515	480
1.74481514	40	0.035999116	0.88929314	0.040480596	0.009740089	0.00024006	0.00024	240.061117	240
1.74481514	50	0.023999411	0.85952876	0.027921592	0.035947631	0.00024002	0.00024	240.019438	240
1.74481514	60	0.011199725	0.82778009	0.013529831	0.108277152	0.00011993	0.00012	119.92819	120
1.74481514	70	0.007999804	0.81984292	0.009757727	0.326754185	0.00011968	0.00012	119.675781	120
1.74481514	80	0.007999804	0.81984292	0.009757727	0.052588441	4.8011E-05	0.00005	48.0110099	48
1.74481514	90	0.001599961	0.80396858	0.001990079	24.36705683	7.1616E-05	0.00007	71.6157049	72

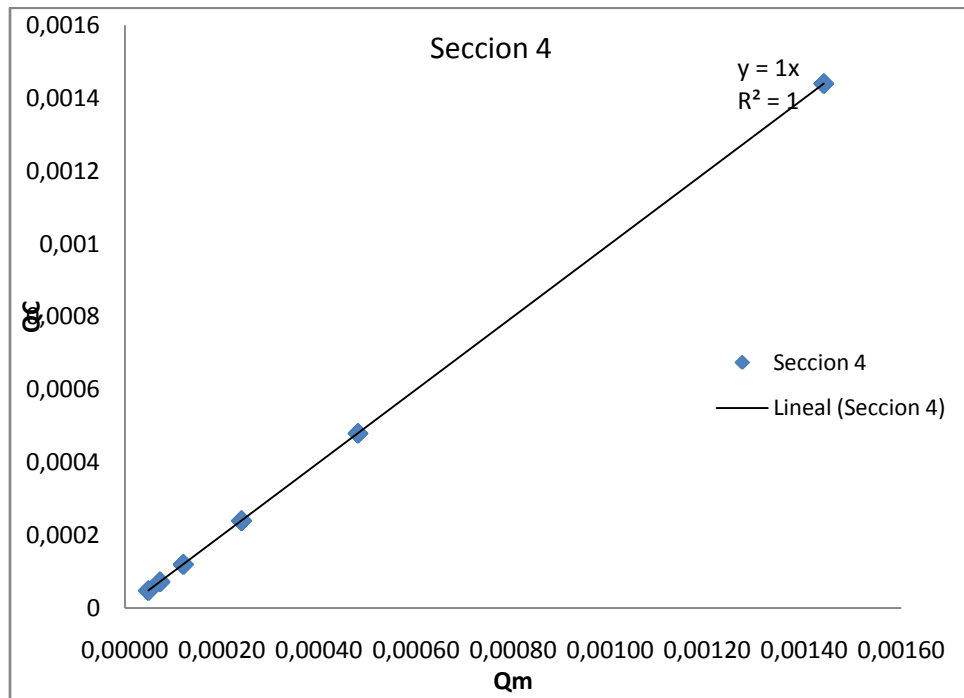


Figura D - 3 Relación caudal medido vs caudal calculado

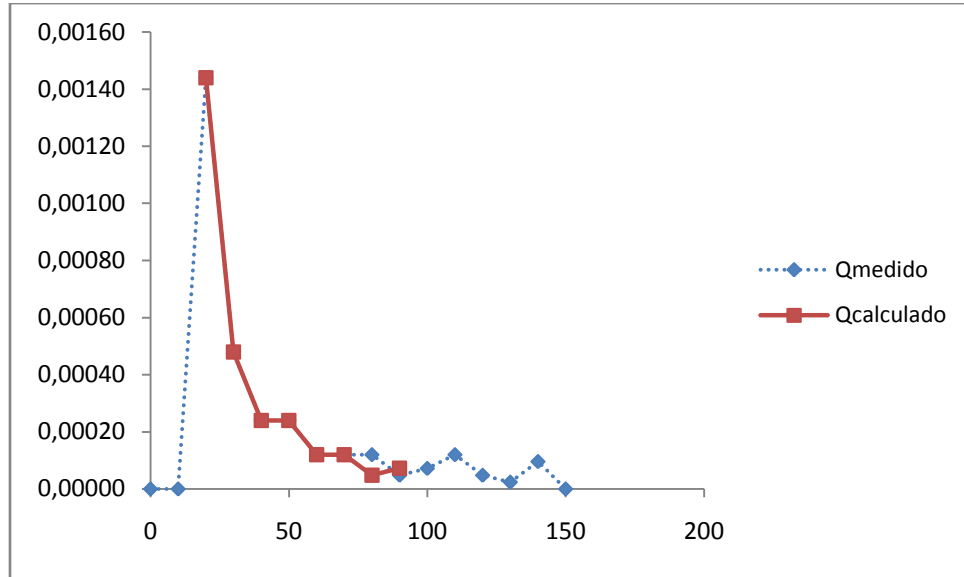


Figura D - 4 Hidrograma de Salida medido Vs Calculado

CALCULO DE PASO DIRECTO

Tabla D - 8 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 20 segundos

20 segundos

n	Y1 (m)	A1 (m ²)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta ²	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dy	
sección 1-2	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.33783513		0.27026273	1.470894	0.2	0.0008274	2	0.005328	0.216165524	1.001923939	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.1220847		0.09766582	1.042443	0.1	0.0155532	2	0.014744	-0.003845748	1.111432764	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.12554487		0.10044339	1.049315	0.1	0.0142343	3	0.014338	-2.1193E-05	1.094096195	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.12556417		0.10044934	1.049353	0.1	0.0142877	4	0.014336	1.02468E-07	1.088771483	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.12556408		0.10044927	1.049353	0.1	0.0142877	5	0.014336	-9.97783E-10	1.083507003	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.12556408		0.10044927	1.049353	0.1	0.0142877	6	0.014336	1.46112E-11	1.078242241	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.12556408		0.10044927	1.049353	0.1	0.0142877	7	0.014336	-2.86354E-13	1.072977482	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.12556408		0.10044927	1.049353	0.1	0.0142877	8	0.014336	7.04932E-15	1.067712723	
	1.7448151	0.01	0.007939804	1.44	0.00144	0.1800044	0.01651	0.3785505	-0.565233	-0.58	0.12556408	0.04	0.00732	0.10044927	1.049353	0.1	0.0142877	6	0.014336	-2.22045E-16	1.078242241
sección 2-3	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.12647045		0.10117435	1.051153	0.1	0.0139812	2	0.014233	-0.003950958	1.104742736	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13004681		0.10403538	1.058255	0.1	0.0128551	2	0.013841	-2.0432E-05	1.093440018	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550		0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	3	0.013839	7.95763E-10	1.088285567	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550		0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	4	0.013839	-3.78004E-12	1.083186604	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550		0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	5	0.013839	3.5856E-14	1.07808651	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550		0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	6	0.013839	-5.03775E-16	1.072986981	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550		0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	7	0.013839	2.35814E-17	1.067887451	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550		0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	8	0.013839	-4.17418E-18	1.062787922	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550		0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	9	0.013839	-4.17418E-18	1.057688392	
	1.7448151	0.125564081	0.100448799	1.44	0.00144	0.0143357	0.125575	0.0014384	-0.001439	-0.63	0.13006550	0.075	0.003032	0.10405033	1.058292	0.1	0.0128495	8	0.013839	-4.17418E-18	1.062787922
sección 3-4	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13084288		0.10467222	1.059836	0.1	0.0126213	2	0.013757	-0.003271543	1.083891065	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13386121		0.10708684	1.06583	0.1	0.0117857	2	0.013447	-1.13084E-05	1.076421792	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172		0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	3	0.013446	4.88463E-10	1.072122721	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172		0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	4	0.013446	-1.9743E-12	1.067848155	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172		0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	5	0.013446	1.59159E-14	1.063573588	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172		0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	6	0.013446	-2.10118E-16	1.059239021	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172		0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	7	0.013446	1.19262E-17	1.055024455	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172		0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	8	0.013446	1.19262E-17	1.050749888	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172		0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	9	0.013446	1.19262E-17	1.046475321	
	1.7448151	0.130065498	0.104049845	1.44	0.00144	0.0138395	0.130075	0.0013401	-0.00134	-0.58	0.13387172	0.2	0.004373	0.10709524	1.065851	0.1	0.0117829	2	0.013446	1.19262E-17	1.076397288

Tabla D - 9 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 30 segundos

30 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dgdz	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m'	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05064627			0.04051621	0.900577	0.0	0.0267042	2	0.01847	-0.007421175	1486489679
	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05563868			0.04451006	0.910491	0.0	0.0198071	2	0.010784	-0.000429834	1327099452
	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05596257			0.04476917	0.911134	0.0	0.0194459	3	0.010722	-1.25146E-06	1.310937381
	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05596353			0.04476993	0.911136	0.0	0.0194448	4	0.010721	7.97205E-09	1.302662915
	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05596352			0.04476993	0.911136	0.0	0.0194448	5	0.010721	-1.01675E-10	1.294411083
	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05596352			0.04476993	0.911136	0.0	0.0194448	6	0.010721	1.95318E-12	1.286159108
	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05596352			0.04476993	0.911136	0.0	0.0194448	7	0.010721	-5.02884E-14	1.277907135
	1.7448151	0.05	0.039999018	0.48000	0.00048	0.0120003	0.050007	0.0011139	-0.001114	-0.58	0.05596352	0.06	1.6E-05	0.04476993	0.911136	0.0	0.0194448	8	0.010721	1.62836E-15	1.269655161
sección 2-3	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.05646913			0.04517441	0.91214	0.0	0.0188983	2	0.010625	-0.00522774	1.307289974
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06046805			0.04837348	0.920081	0.1	0.0152192	2	0.009923	-0.000162637	1.230347367
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060023			0.04847922	0.920344	0.1	0.0151146	3	0.009901	-1.28259E-07	1.221890121
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060034			0.04847931	0.920344	0.1	0.0151145	4	0.009901	6.75393E-10	1.2155384
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060034			0.04847931	0.920344	0.1	0.0151145	5	0.009901	-7.10387E-12	1.209188316
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060034			0.04847931	0.920344	0.1	0.0151145	6	0.009901	1.12416E-13	1.202838223
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060034			0.04847931	0.920344	0.1	0.0151145	7	0.009901	-2.38812E-15	1.196488129
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060034			0.04847931	0.920344	0.1	0.0151145	8	0.009901	6.82505E-17	1.190138036
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060034			0.04847931	0.920344	0.1	0.0151145	9	0.009901	-1.13841E-18	1.183787943
	1.7448151	0.055963521	0.044769718	0.48000	0.00048	0.0107215	0.055969	0.0008716	-0.000872	-0.58	0.06060034	0.075	0.000207	0.04847931	0.920344	0.1	0.0151145	8	0.009901	-1.13841E-18	1.190138036
sección 3-4	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06102593			0.04881977	0.921189	0.1	0.0147841	2	0.009832	-0.004074617	1.221615475
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06436136			0.05148807	0.927813	0.1	0.0124999	2	0.009323	-7.72733E-05	1.177187918
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442701			0.05154058	0.927943	0.1	0.0124598	3	0.009313	-2.02926E-08	1.171238798
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442702			0.05154059	0.927943	0.1	0.0124598	4	0.009313	9.11593E-11	1.166046694
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442702			0.05154059	0.927943	0.1	0.0124598	5	0.009313	-8.17238E-13	1.160854785
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442702			0.05154059	0.927943	0.1	0.0124598	6	0.009313	1.10096E-14	1.156662876
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442702			0.05154059	0.927943	0.1	0.0124598	7	0.009313	-1.96701E-16	1.150470966
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442702			0.05154059	0.927943	0.1	0.0124598	8	0.009313	-2.41235E-18	1.145279057
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442702			0.05154059	0.927943	0.1	0.0124598	9	0.009313	-2.41235E-18	1.140087147
	1.7448151	0.060600339	0.048479081	0.48000	0.00048	0.0099012	0.060605	0.0007337	-0.000734	-0.58	0.06442702	0.13	0.0043 0.004523	0.05154059	0.927943	0.1	0.0124598	2	0.009313	-2.41235E-18	1.176430514

Tabla D - 10 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 40 segundos

40 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04026387			0.03221046	0.879959	0.0	0.0139064	2	0.007451	-0.003900936	1.321513461
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04321574			0.03457191	0.885821	0.0	0.010825	2	0.006942	-0.00013051	1.238113818
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04332115			0.03465623	0.88603	0.0	0.0109963	3	0.006925	-1.22619E-07	1.230867281
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04332125			0.03465631	0.88603	0.0	0.0109963	4	0.006925	4.84218E-10	1.226066216
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04332125			0.03465631	0.88603	0.0	0.0109963	5	0.006925	-3.81532E-12	1.221267421
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04332125			0.03465631	0.88603	0.0	0.0109963	6	0.006925	4.5172E-14	1.216468617
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04332125			0.03465631	0.88603	0.0	0.0109963	7	0.006925	-7.14923E-16	1.211669814
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04332125			0.03465631	0.88603	0.0	0.0109963	8	0.006925	1.36609E-17	1.20687101
	1.7448151	0.04	0.031999215	0.24000	0.00024	0.0075002	0.040003	0.0004549	-0.000455	-0.58	0.04332125	0.045	2.8E-06	0.03465631	0.88603	0.0	0.0109963	6	0.006925	-2.1684E-19	1.216468617
																0.8					
sección 2-3	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04356159			0.03484858	0.886507	0.0	0.0108031	2	0.006887	-0.003282814	1.250053086
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04618773			0.03694945	0.891722	0.0	0.0089578	2	0.006495	-7.56769E-05	1.195112999
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625105			0.03700011	0.891848	0.0	0.0089187	3	0.006486	-3.22726E-08	1.189784004
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625108			0.03700013	0.891848	0.0	0.0089186	4	0.006486	1.15421E-10	1.185583457
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625108			0.03700013	0.891848	0.0	0.0089186	5	0.006486	-8.23174E-13	1.181383386
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625108			0.03700013	0.891848	0.0	0.0089186	6	0.006486	8.82003E-15	1.177183313
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625108			0.03700013	0.891848	0.0	0.0089186	7	0.006486	-1.31148E-16	1.17298324
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625108			0.03700013	0.891848	0.0	0.0089186	8	0.006486	6.91179E-19	1.168783167
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625108			0.03700013	0.891848	0.0	0.0089186	9	0.006486	6.91179E-19	1.164583094
	1.7448151	0.043321254	0.034656153	0.24000	0.00024	0.0069252	0.043324	0.0003814	-0.000381	-0.63	0.04625108	0.05	1.41E-05	0.03700013	0.891848	0.0	0.0089186	8	0.006486	6.91179E-19	1.168783167
sección 3-4	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04644268			0.03715341	0.892229	0.0	0.0088016	2	0.00646	-0.002456667	1.175481152
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04853261			0.03882531	0.896379	0.0	0.0076476	2	0.006182	-3.2276E-05	1.145649571
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078			0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	3	0.006178	-3.80647E-09	1.141999773
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078			0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	4	0.006178	1.11198E-11	1.138707117
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078			0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	5	0.006178	-6.47319E-14	1.135414502
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078			0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	6	0.006178	5.63094E-16	1.132121888
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078			0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	7	0.006178	-5.89535E-18	1.129829273
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078			0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	8	0.006178	1.04354E-18	1.125536658
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078			0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	9	0.006178	1.04354E-18	1.12244044
	1.7448151	0.04625108	0.036999956	0.24000	0.00024	0.0064865	0.046253	0.0003303	-0.00033	-0.58	0.04856078	0.09	0.001717 0.001734	0.03884785	0.896435	0.0	0.0076335	2	0.006178	1.04354E-18	1.145292346

Tabla D - 11 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 50 segundos

50 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta*2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(y2)	dF/dy
sección 1-2	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.02575472			0.02060336	0.851145	0.0	0.0589928	2	0.01649	-0.01673076	3.160118695
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03104906			0.02483876	0.861659	0.0	0.0321665	2	0.009662	-0.003656049	1.971999098
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03290304			0.02632191	0.865341	0.0	0.0266551	3	0.009118	-0.000207161	1.747131948
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03302162			0.02641677	0.865576	0.0	0.0263469	4	0.009085	7.43449E-07	1.723955035
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03302118			0.02641642	0.865576	0.0	0.026348	5	0.009085	-1.02253E-08	1.712225536
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03302119			0.02641643	0.865576	0.0	0.026348	6	0.009085	2.11771E-10	1.7004549
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03302119			0.02641643	0.865576	0.0	0.026348	7	0.009085	-5.8821E-12	1.688684831
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03302119			0.02641643	0.865576	0.0	0.026348	8	0.009085	2.05519E-13	1.67691475
	1.7448151	0.025	0.019999509	0.24000	0.00024	0.0120003	0.025007	0.0013005	-0.001301	-0.58	0.03302119	0.03	9.1E-06	0.02641643	0.865576	0.0	0.026348	6	0.009085	-8.67741E-15	1.700454911
																	0.8				
sección 2-3	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03346012			0.02676756	0.866447	0.0	0.0252473	2	0.008966	-0.007733489	1.767570554
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03783532			0.03026766	0.875136	0.0	0.0169861	2	0.007929	-0.000756884	1.454930269
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03835554			0.03068382	0.876169	0.0	0.0162557	3	0.007822	-6.70075E-06	1.421477309
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03836026			0.0306876	0.876178	0.0	0.0162493	4	0.007821	3.66816E-08	1.413467088
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03836023			0.03068758	0.876178	0.0	0.0162493	5	0.007821	-4.06326E-10	1.405679087
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03836023			0.03068758	0.876178	0.0	0.0162493	6	0.007821	6.79393E-12	1.397889875
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03836023			0.03068758	0.876178	0.0	0.0162493	7	0.007821	-1.51913E-13	1.390100675
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03836023			0.03068758	0.876178	0.0	0.0162493	8	0.007821	4.26788E-15	1.382311475
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03836023			0.03068758	0.876178	0.0	0.0162493	9	0.007821	-1.38317E-16	1.374522276
	1.7448151	0.033021191	0.026416304	0.24000	0.00024	0.0090853	0.033025	0.0006965	-0.000697	-0.63	0.03836023	0.04	2.69E-06	0.03068758	0.876178	0.0	0.0162493	8	0.007821	7.39968E-18	1.382311475
sección 3-4	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.03864974			0.03091918	0.876753	0.0	0.015861	2	0.007762	-0.004454967	1.382558223
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.041872			0.03349694	0.883152	0.0	0.0122636	2	0.007165	-0.000189907	1.27226252
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.04202127			0.03361635	0.883448	0.0	0.0121244	3	0.007139	-2.95087E-07	1.262875088
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.0420215			0.03361653	0.883449	0.0	0.0121242	4	0.007139	1.25545E-09	1.25756235
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.0420215			0.03361653	0.883449	0.0	0.0121242	5	0.007139	-1.06646E-11	1.252255869
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.0420215			0.03361653	0.883449	0.0	0.0121242	6	0.007139	1.36176E-13	1.246949362
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.0420215			0.03361653	0.883449	0.0	0.0121242	7	0.007139	-3.22475E-15	1.241642855
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.0420215			0.03361653	0.883449	0.0	0.0121242	8	0.007139	4.83554E-17	1.236336347
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.0420215			0.03361653	0.883449	0.0	0.0121242	9	0.007139	-7.15573E-18	1.23102984
	1.7448151	0.038360232	0.030687432	0.24000	0.00024	0.0078208	0.038363	0.0004991	-0.000499	-0.58	0.0420215	0.07	0.000793	0.03361653	0.883449	0.0	0.0121242	2	0.007139	6.72205E-18	1.268175391

Tabla D - 12 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 60 segundos

60 segundos

sección	n	Y1 (m)	A1 (m ²)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g ₂)	dF/dy
sección 1-2	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01152822			0.00922239	0.822893	0.0	0.2055136	2	0.013012	-0.058835906	18.03847035
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01478991			0.0118317	0.829371	0.0	0.0905113	2	0.010142	-0.022226963	6.830822041
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01804384			0.01443478	0.835833	0.0	0.0471324	3	0.008313	-0.006394871	3.45928387
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01989245			0.01591364	0.839504	0.0	0.0342499	4	0.007541	-0.000810961	2.60100459
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020423			0.01616307	0.840123	0.0	0.0325516	5	0.007424	-6.75286E-06	2.482267657
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020695			0.01616524	0.840128	0.0	0.0325373	6	0.007423	1.21564E-07	2.466430966
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020691			0.0161652	0.840128	0.0	0.0325376	7	0.007423	-2.96167E-09	2.45147113
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020691			0.0161652	0.840128	0.0	0.0325375	8	0.007423	9.0678E-11	2.436495438
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020691	0.014	3.9E-05	0.0161652	0.840128	0.0	0.0325375	6	0.007423	-3.35071E-12	2.466446808
	0.8																				
sección 2-3	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.0205122			0.01640943	0.840734	0.0	0.0309809	2	0.007313	-0.008831865	2.431286851
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02414479			0.01931545	0.847948	0.0	0.0181972	2	0.006213	-0.001492753	1.711803275
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02501682			0.02001306	0.84968	0.0	0.0162115	3	0.005996	-4.50015E-05	1.604167218
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02504488			0.0200355	0.849736	0.0	0.0161525	4	0.005989	1.6846E-07	1.593090243
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02504477			0.02003542	0.849735	0.0	0.0161527	5	0.005989	-1.56391E-09	1.586569846
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02504477			0.02003542	0.849735	0.0	0.0161527	6	0.005989	2.18257E-11	1.579219567
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02504477			0.02003542	0.849735	0.0	0.0161527	7	0.005989	-4.07592E-13	1.57186939
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02504477			0.02003542	0.849735	0.0	0.0161527	8	0.005989	9.54643E-15	1.564519211
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02504477			0.02003542	0.849735	0.0	0.0161527	9	0.005989	-2.72108E-16	1.557169032
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.58	0.02504477	0.028	8.73E-06	0.02003542	0.849735	0.0	0.0161527	8	0.005989	5.44812E-18	1.564519211
sección 3-4	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02523261			0.02018569	0.850108	0.0	0.0157846	2	0.005945	-0.004477821	1.589472511
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02804378			0.02243938	0.855703	0.0	0.0111752	2	0.005348	-0.000330077	1.374930538
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02828985			0.02263143	0.85618	0.0	0.0108703	3	0.005302	-1.60593E-06	1.356617266
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02829103			0.02263238	0.856182	0.0	0.0108688	4	0.005302	5.84659E-09	1.351644787
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02829103			0.02263237	0.856182	0.0	0.0108688	5	0.005302	-4.27329E-11	1.34673647
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02829103			0.02263237	0.856182	0.0	0.0108688	6	0.005302	4.69221E-13	1.34182792
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02829103			0.02263237	0.856182	0.0	0.0108688	7	0.005302	-6.88798E-15	1.336919372
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02829103			0.02263237	0.856182	0.0	0.0108688	8	0.005302	1.27245E-16	1.332010823
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02829103			0.02263237	0.856182	0.0	0.0108688	9	0.005302	-8.06375E-18	1.327102275
	1.7448151	0.025044771	0.020035325	0.12000	0.00012	0.0059894	0.025047	0.0003238	-0.000324	-0.58	0.02829103	0.05	0.000471 0.000519	0.02263237	0.856182	0.0	0.0108688	2	0.005302	2.34459E-18	1.316162113

Tabla D - 13 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 70 segundos

70 segundos

		n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m' delta^2)	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dg	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dg
sección 1-2	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01152822	0.00922239	0.822893	0.0	0.2055136	2	0.013012	-0.058835906	18.03847035		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01478991	0.0118317	0.829371	0.0	0.0905113	2	0.010142	-0.022226963	6.830822041		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01804384	0.01443478	0.835833	0.0	0.0471324	3	0.008313	-0.006394871	3.45928387		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.01989245	0.01591364	0.839504	0.0	0.0342499	4	0.007541	-0.000810961	2.60100459		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020423	0.01616307	0.840123	0.0	0.0325516	5	0.007424	-6.75286E-06	2.482267657		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020695	0.01616524	0.840128	0.0	0.0325373	6	0.007423	1.21564E-07	2.466430966		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020691	0.0161652	0.840128	0.0	0.0325376	7	0.007423	-2.96167E-09	2.45147113		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020691	0.0161652	0.840128	0.0	0.0325375	8	0.007423	9.0678E-11	2.436495438		
	1.7448151	0.01	0.007999804	0.12000	0.00012	0.0150004	0.010011	0.0026288	-0.002635	-0.58	0.02020691	0.0161652	0.840128	0.0	0.0325375	6	0.007423	-3.35071E-12	2.46644608		
														0.8							
sección 2-3	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02053852	0.01643049	0.840787	0.0	0.0308514	2	0.007303	-0.009552416	2.546172212		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02429019	0.01943177	0.848237	0.0	0.0178447	2	0.006175	-0.001704424	1.753563362		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02526217	0.02020934	0.850167	0.0	0.0157046	3	0.005938	-5.84561E-05	1.623343629		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02529805	0.02023804	0.850238	0.0	0.0156322	4	0.005929	2.1255E-07	1.617801901		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02529792	0.02023793	0.850238	0.0	0.0156325	5	0.005929	-2.04264E-09	1.610093574		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02529792	0.02023793	0.850238	0.0	0.0156325	6	0.005929	2.9512E-11	1.602371314		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02529792	0.02023793	0.850238	0.0	0.0156325	7	0.005929	-5.70668E-13	1.594649187		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02529792	0.02023793	0.850238	0.0	0.0156325	8	0.005929	1.38543E-14	1.586927059		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02529792	0.02023793	0.850238	0.0	0.0156325	9	0.005929	-4.05112E-16	1.579204931		
	1.7448151	0.020206906	0.016165128	0.12000	0.00012	0.0074234	0.02021	0.0005262	-0.000526	-0.63	0.02529792	0.02023793	0.850238	0.0	0.0156325	8	0.005929	1.46909E-17	1.586927059		
sección 3-4	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02548154	0.02038483	0.850603	0.0	0.0152689	2	0.005887	-0.004336172	1.56523008		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02825185	0.02226103	0.856104	0.0	0.0109178	2	0.005309	-0.000304388	1.363608069		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847508	0.02277961	0.856548	0.0	0.0106425	3	0.005268	-1.33715E-06	1.346783722		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847607	0.0227804	0.85655	0.0	0.0106413	4	0.005268	4.8042E-09	1.341928202		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847606	0.0227804	0.85655	0.0	0.0106413	5	0.005268	-3.46131E-11	1.337124666		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847607	0.0227804	0.85655	0.0	0.0106413	6	0.005268	3.74618E-13	1.332320943		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847607	0.0227804	0.85655	0.0	0.0106413	7	0.005268	-5.41867E-15	1.327517222		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847607	0.0227804	0.85655	0.0	0.0106413	8	0.005268	9.42849E-17	1.322713501		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847607	0.0227804	0.85655	0.0	0.0106413	9	0.005268	-2.85958E-18	1.317909779		
	1.7448151	0.025297919	0.020237838	0.12000	0.00012	0.0059295	0.0253	0.0003166	-0.000317	-0.58	0.02847607	0.0227804	0.85655	0.0	0.0106413	2	0.005268	4.07931E-18	1.351535828		

Tabla D - 14 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 80 segundos

80 segundos

		n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m	delta*2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.00621307		0.00497035	0.812338	0.0	0.253711	2	0.009657	-0.072970495	40.23164631		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.00802682		0.00642133	0.81594	0.0	0.1086697	2	0.007475	-0.029096646	13.98360104		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.01010759		0.00808591	0.820072	0.0	0.0507404	3	0.005936	-0.010217413	5.780659955		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.0187511		0.0094999	0.823582	0.0	0.0298214	4	0.005053	-0.002383872	3.371365589		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.0125822		0.01006556	0.824987	0.0	0.0246481	5	0.004769	-0.000176678	2.835757743		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.01264451		0.01011541	0.82511	0.0	0.0242504	6	0.004745	9.3575E-07	2.785604013		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.01264417		0.01011514	0.82511	0.0	0.0242526	7	0.004745	-1.5347E-08	2.774444081		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.01264418		0.01011514	0.82511	0.0	0.0242525	8	0.004745	3.15015E-10	2.763075383		
	1.7448151	0.005	0.003999902	0.04800	0.00005	0.0120003	0.005007	0.0020854	-0.002091	-0.58	0.01264418	0.01	7E-06	0.01011514	0.82511	0.0	0.0242525	6	0.004745	-7.78862E-12	2.785806116	
	0.8																					
sección 2-3	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.0127988		0.01023884	0.825417	0.0	0.0233011	2	0.004688	-0.007262552	2.887748538		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01531376		0.01225076	0.830411	0.0	0.012917	2	0.003918	-0.001476943	1.872514324		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01610250		0.01288175	0.831977	0.0	0.0109534	3	0.003726	-6.97208E-05	1.697576401		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01614357		0.0129146	0.832059	0.0	0.0109622	4	0.003717	7.21705E-08	1.684485319		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01614353		0.01291457	0.832059	0.0	0.0108623	5	0.003717	-4.72712E-10	1.679010188		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01614353		0.01291457	0.832059	0.0	0.0108623	6	0.003717	4.64892E-12	1.673527171		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01614353		0.01291457	0.832059	0.0	0.0108623	7	0.003717	-6.10987E-14	1.668044205		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01614353		0.01291457	0.832059	0.0	0.0108623	8	0.003717	1.01132E-15	1.662561239		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01614353		0.01291457	0.832059	0.0	0.0108623	9	0.003717	-1.91091E-17	1.657078273		
	1.7448151	0.012644178	0.010115094	0.04800	0.00005	0.0047454	0.012645	0.0002454	-0.000245	-0.63	0.01614353	0.01	3.77E-05	0.01291457	0.832059	0.0	0.0108623	8	0.003717	-1.76183E-18	1.662561239	
sección 3-4	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01622493		0.01297969	0.83222	0.0	0.0106844	2	0.003698	-0.00305779	1.626567241		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01810484		0.01448358	0.835954	0.0	0.0074583	2	0.003314	-0.000242433	1.391263563		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01827909		0.01462298	0.8363	0.0	0.0072279	3	0.003283	-1.37795E-06	1.372159198		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.0182801		0.01462379	0.836302	0.0	0.0072266	4	0.003282	3.3513E-09	1.368730034		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01828009		0.01462378	0.836302	0.0	0.0072266	5	0.003282	-1.64591E-11	1.365389016		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01828009		0.01462378	0.836302	0.0	0.0072266	6	0.003282	1.21303E-13	1.362047783		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01828009		0.01462378	0.836302	0.0	0.0072266	7	0.003282	-1.19241E-15	1.358706552		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01828009		0.01462378	0.836302	0.0	0.0072266	8	0.003282	1.4962E-17	1.35536532		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01828009		0.01462378	0.836302	0.0	0.0072266	9	0.003282	1.0842E-18	1.352024088		
	1.7448151	0.016143532	0.012914509	0.04800	0.00005	0.0037167	0.016144	0.0001403	-0.00014	-0.58	0.01828009	0.02	2.96E-06 4.77E-05	0.01462378	0.836302	0.0	0.0072266	2	0.003282	1.0842E-18	1.375412709	

Tabla D - 15 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 90 segundos

90 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	r2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.65963598			0.52769829	2.109947	0.3	3.597E-07	2	0.000136	0.600818957	1.000000392
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05881726			0.04705287	0.916803	0.1	0.0003737	2	0.00153	-0.000107928	1.005823374
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05892456			0.04713871	0.917016	0.1	0.0003716	3	0.001527	-2.16754E-09	1.005622157
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05892456			0.04713871	0.917016	0.1	0.0003716	4	0.001527	3.4224E-13	1.005465469
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05892456			0.04713871	0.917016	0.1	0.0003716	5	0.001527	-1.11022E-16	1.005308782
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05892456			0.04713871	0.917016	0.1	0.0003716	6	0.001527	0	1.005152094
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05892456			0.04713871	0.917016	0.1	0.0003716	7	0.001527	0	1.004995407
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05892456			0.04713871	0.917016	0.1	0.0003716	8	0.001527	0	1.00483872
	1.7448151	0.001	0.00079998	0.07200	0.00007	0.0900022	0.001413	0.197945	-1.135579	-0.58	0.05892456	0.002	0.00324	0.04713871	0.917016	0.1	0.0003716	6	0.001527	0	1.005152094
sección 2-3	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05893473			0.04714685	0.917036	0.1	0.0003714	2	0.001527	-0.000102619	1.005774644
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903676			0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	2	0.001525	-1.92838E-09	1.005732733
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903677			0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	3	0.001525	3.98805E-15	1.005577023
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903677			0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	4	0.001525	-8.75493E-18	1.005421313
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903677			0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	5	0.001525	-1.81604E-18	1.005265604
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903677			0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	6	0.001525	-1.81604E-18	1.005109895
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903677			0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	7	0.001525	-1.81604E-18	1.004954185
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903677			0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	8	0.001525	-1.81604E-18	1.004798476
	1.7448151	0.058924562	0.047138493	0.07200	0.00007	0.0015274	0.058925	1.754E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05903677	0.003	0.00314	0.04722847	0.917239	0.1	0.0003694	8	0.001525	-1.81604E-18	1.004642766
sección 3-4	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.0590469			0.04723658	0.917259	0.1	0.0003692	2	0.001524	-0.000101994	1.005728592
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	2	0.001522	-1.88425E-09	1.005687345
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	3	0.001522	3.8662E-15	1.005532599
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	4	0.001522	1.23243E-18	1.005377854
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	5	0.001522	1.23243E-18	1.005231109
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	6	0.001522	1.23243E-18	1.005068363
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	7	0.001522	1.23243E-18	1.004913618
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	8	0.001522	1.23243E-18	1.004758873
	1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831	0.003	0.003153 0.009533	0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	2	0.001522	1.23243E-18	1.004604128
1.7448151	0.059036766	0.047228253	0.07200	0.00007	0.0015245	0.059037	1.747E-05	-1.75E-05	-0.58	0.05914831			0.04731771	0.91746	0.1	0.0003672	2	0.001522	1.23243E-18	1.005687345	

PERFILES

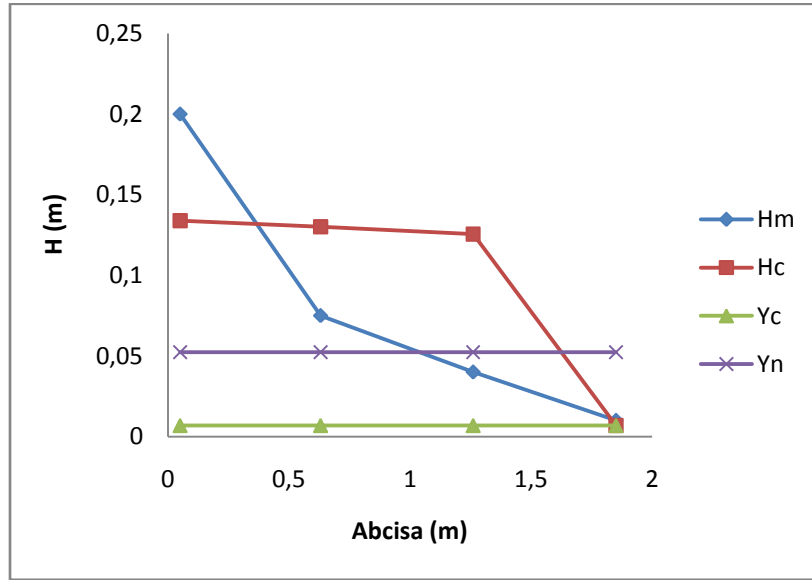


Figura D - 5 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 20 Segundos.

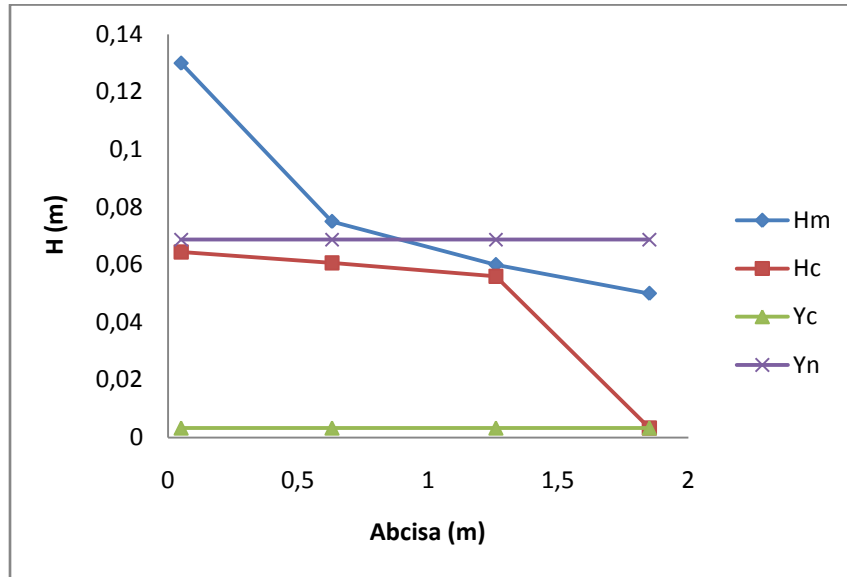


Figura D - 6 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 30 Segundos.

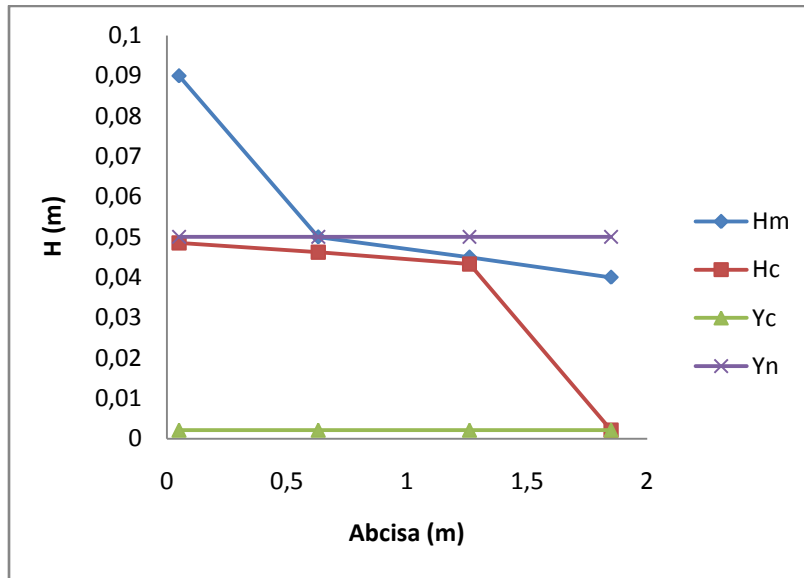


Figura D - 7 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 40 Segundos.

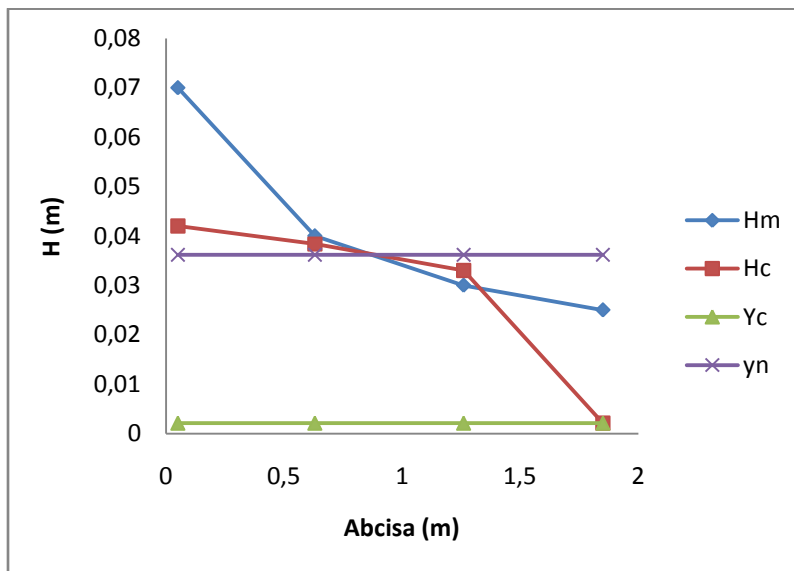


Figura D - 8 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 50 Segundos.

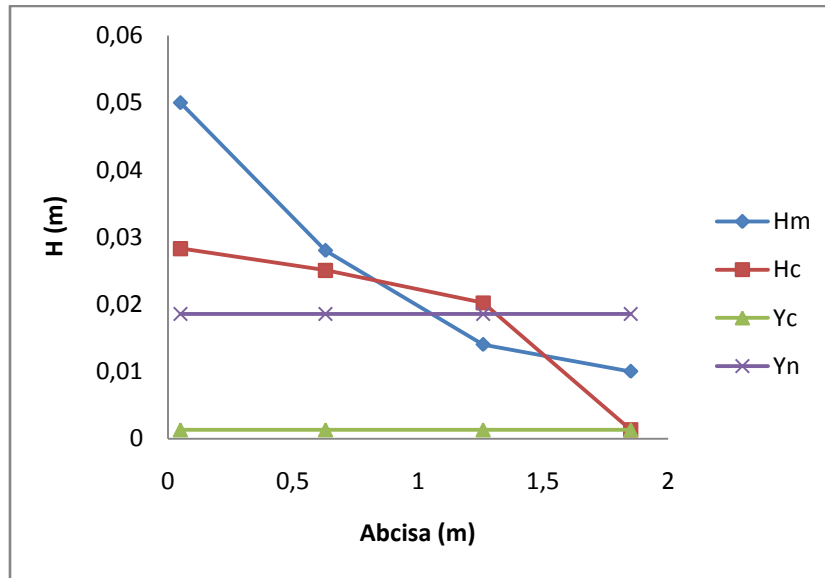


Figura D - 9 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 60 Segundos.

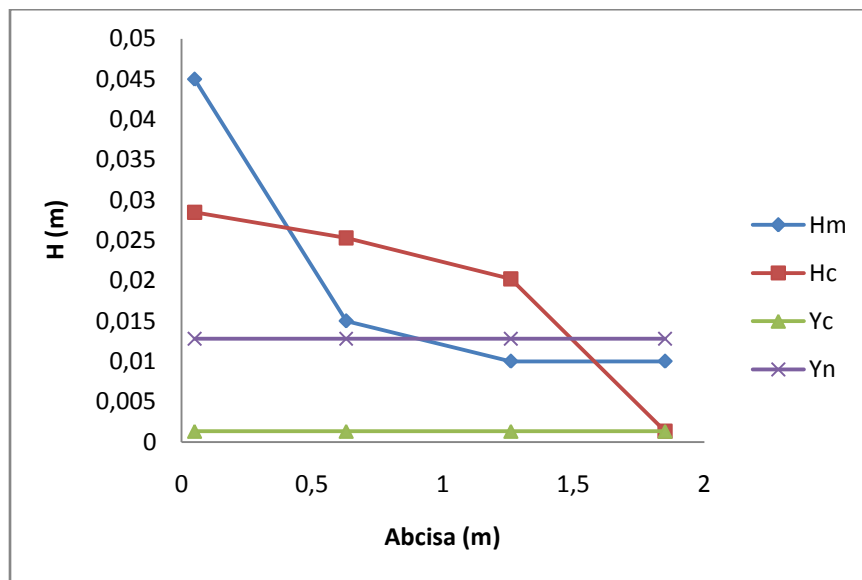


Figura D - 10 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 70 Segundos.

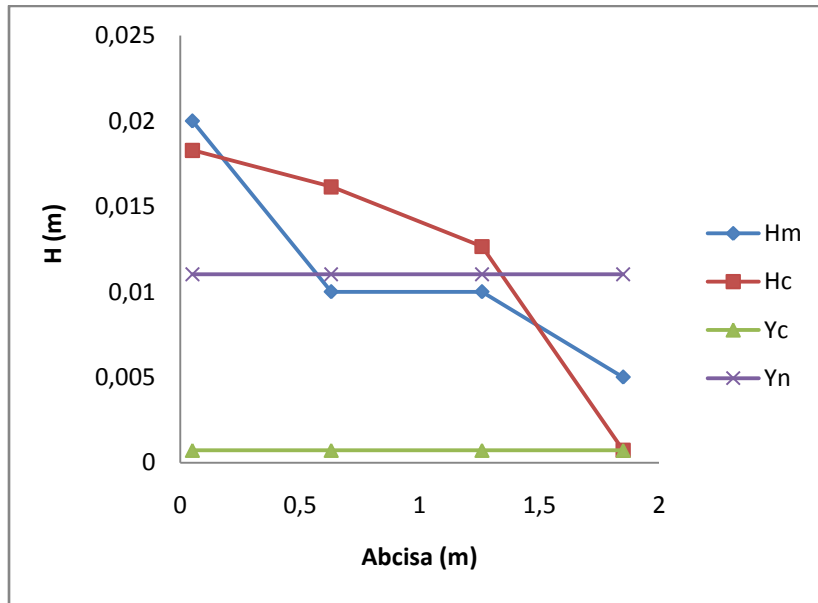


Figura D - 11 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 80 Segundos.

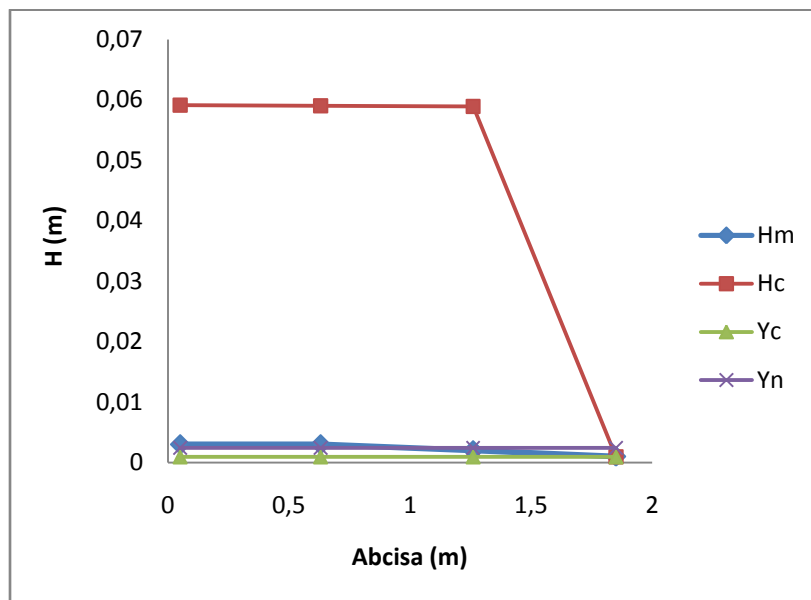


Figura D - 12 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 80 Segundos.

Evento Pluviométrico No. 5

Con el fin de generar un impulso de entrada en el tiempo para el modelo de retención, se generó una entrada de agua al modelo de 40 litros en 8 segundos simulando un caudal de entrada de $0.005 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Se generaron los siguientes datos de medición visual de alturas en el tiempo, como se muestran en la tabla D.7.

Tabla D - 16 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.

Entrada a la Trinchera (Puntos de Lectura)				
Tiempo [s]	Altura [cm]			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
10	1	4	6	41
20	3	4	7	40
30	3	5	7	37
40	3	5	6.5	28
50	2	5	6	11
60	1.5	3.5	5	7
70	1	2.8	3.5	4
80	1	2.5	3	3.5
90	1	2	2.5	3
100	1	1	2	2.7
110	0.5	1	1.5	2
120	0.5	1	1.3	1.5
130	0.3	0.5	1	1.2
140	0.1	0.2	0.5	0.8
150	0.1	0.1	0.1	0.1
160	0	0	0	0

De acuerdo a las mediciones mostradas en la tabla B.4., se genera el siguiente perfil a diferentes tiempos:

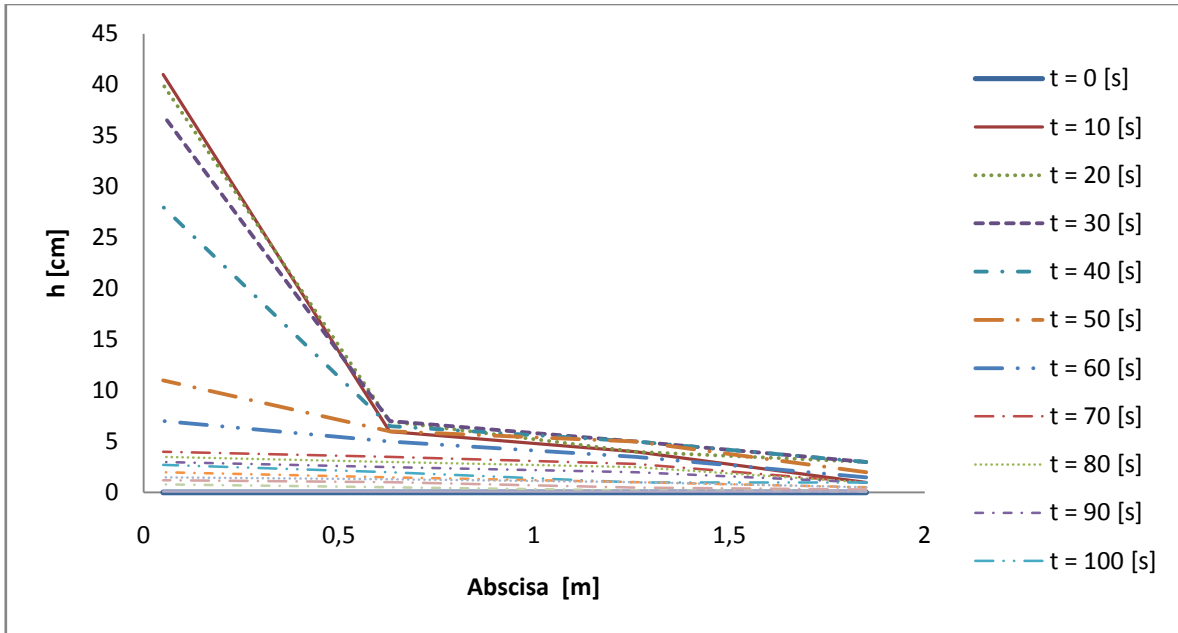


Figura D - 13 Perfil generado en el tiempo. Evento 5

Simultáneamente se hizo la medición del hidrograma de salida a través del método de aforo, con el fin de determinar la eficiencia de reducción de volúmenes de escorrentía, como se muestra en la siguiente tabla los valores de altura y tiempo para el volumen.

Tabla D - 17 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 5.

h [cm]	t [mín]	t [s]	v [L]	Q [L/s]	Q [m³/s]
0	0	0	0	0.000	0.00000
4.5	0.167	10.000	0.0108	3.888	0.00389
7.8	0.333	20.000	7.92	0.792	0.00079
8.9	0.500	30.000	2.64	0.264	0.00026
9.3	0.667	40.000	0.96	0.096	0.00010
9.7	0.833	50.000	0.96	0.096	0.00010
10.1	1.000	60.000	0.96	0.096	0.00010
10.6	1.333	80.000	1.2	0.060	0.00006
11	1.500	90.000	0.96	0.096	0.00010
11.3	1.667	100.000	0.72	0.072	0.00007
11.5	1.833	110.000	0.48	0.048	0.00005
11.6	2.000	120.000	0.24	0.024	0.00002
11.7	2.167	130.000	0.24	0.024	0.00002
11.7	2.333	140.000	0	0.000	0.00000
11.7	2.500	150.000	0	0.000	0.00000

Generando así el siguiente hidrograma de salida.

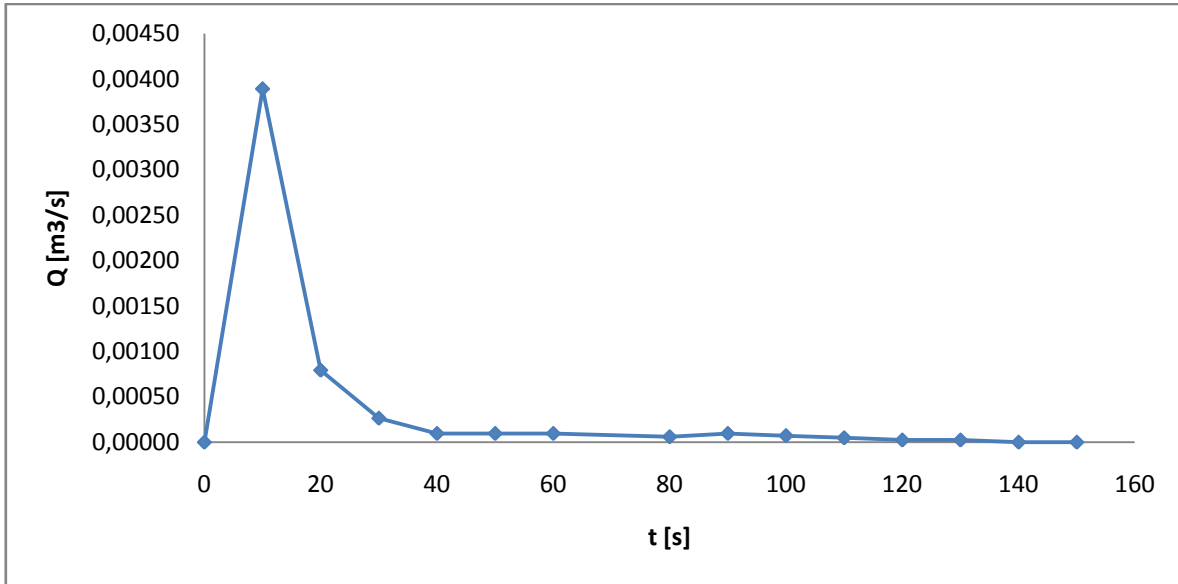


Figura D - 14 Hidrograma de Salida – Evento 5.

Tabla D - 18 Lag – tme de material 2, evento 5

Lag-time de entrada:	
4	[s]
Lag-time de salida:	
20.2504337	[s]
Lag-time (K):	
16.2504337	[s]

CALIBRACIÓN DE N DE MANNING:

Tabla D - 19. Calibración n de Manning, evento 5, Sección 4.

SECCIÓN 4									
n	t [s]	A4 [m ²]	P4 [m]	Rh4 [m]	Grad4	Qc4 [m ³ /s]	Qm4 [m ³ /s]	Qc4 [l/s]	Qm4 [l/s]
1.326999518	10	0.32799195	1.613559735	0.20327227	0.002071327	0.003888978	0.00389	3888.978098	3888
1.326999518	20	0.319992146	1.593716815	0.200783566	9.17248E-05	0.000791888	0.00079	791.8884498	792
1.326999518	30	0.295992735	1.534188054	0.192931195	1.18608E-05	0.000256489	0.00026	256.4886856	264
1.326999518	40	0.223994502	1.35560177	0.165236213	4.32101E-06	0.000105656	0.00010	105.6564286	96
1.326999518	50	0.08799784	1.018272124	0.086418785	7.03102E-05	0.000108688	0.00010	108.6882584	96
1.326999518	60	0.055998626	0.938900443	0.059642773	0.00041735	0.000131602	0.00010	131.6018916	96
1.3269995	70	0.031999215	0.879371681	0.036388725	0.001101932	8.79003E-05	0.00006	87.90031472	60
1.326999518	80	0.027999313	0.869450221	0.032203468	0.00138685	7.95353E-05	0.00010	79.5352705	96
1.326999518	90	0.023999411	0.859528761	0.027921592	0.130537067	0.000601391	0.00007	601.3909049	72

Tabla D - 20 Calibración n de Manning, evento 5, Sección 3

SECCIÓN 3									
n	t [s]	A3 [m ²]	P3 [m]	Rh3 [m]	Grad3	Qc3 [m ³ /s]	Qm3 [m ³ /s]	Qc3 [l/s]	Qm3 [l/s]
1.326999518	10	0.04799882	0.919057522	0.052226135	0.59843196	0.00390954	0.00389	3909.54119	3888
1.326999518	20	0.05599863	0.938900443	0.059642773	0.01632703	0.00082312	0.00079	823.124261	792
1.326999518	30	0.05599863	0.938900443	0.059642773	0.00174699	0.00026925	0.00026	269.250448	264
1.326999518	40	0.05199872	0.928978982	0.055974058	0.00030946	0.00010087	0.00010	100.866816	96
1.326999518	50	0.04799882	0.919057522	0.052226135	0.00034894	9.4405E-05	0.00010	94.4053908	96
1.326999518	60	0.03999902	0.899214602	0.044482172	0.00059449	9.2266E-05	0.00010	92.2659925	96
1.3269995	70	0.02799931	0.869450221	0.032203468	0.00044651	4.5129E-05	0.00006	45.1293382	60
1.326999518	80	0.02399941	0.859528761	0.027921592	0.00326683	9.5138E-05	0.00010	95.1378278	96
1.326999518	90	0.01999951	0.849607301	0.02353971	0.52565158	0.00089749	0.00007	897.494146	72

Tabla D - 21 Calibración n de Manning, evento 5, Sección 2

SECCIÓN 2									
n	t [s]	A2 [m ²]	P2 [m]	Rh2 [m]	Grad2	Qc2 [m ³ /s]	Qm2 [m ³ /s]	Qc2 [l/s]	Qm2 [l/s]
1.326999518	10	0.03199921	0.87937168	0.036388725	1.510588361	0.00325451	0.00389	3254.51429	3888
1.326999518	20	0.03199921	0.87937168	0.036388725	0.090374102	0.00079604	0.00079	796.040408	792
1.326999518	30	0.03999902	0.8992146	0.044482172	0.004854809	0.00026367	0.00026	263.666701	264
1.326999518	40	0.03999902	0.8992146	0.044482172	0.00063985	9.5721E-05	0.00010	95.7212381	96
1.326999518	50	0.03999902	0.8992146	0.044482172	0.001955202	0.00016733	0.00010	167.32664	96
1.326999518	60	0.02799931	0.86945022	0.032203468	0.00263854	0.00010971	0.00010	109.705125	96
1.3269995	70	0.02239945	0.85556018	0.026181034	2.79264E-05	7.865E-06	0.00006	7.86499146	60
1.326999518	80	0.01999951	0.8496073	0.02353971	0.006024226	9.608E-05	0.00010	96.0800592	96
1.326999518	90	0.01599961	0.83968584	0.019054278	1.093025465	0.00089925	0.00007	899.253273	72

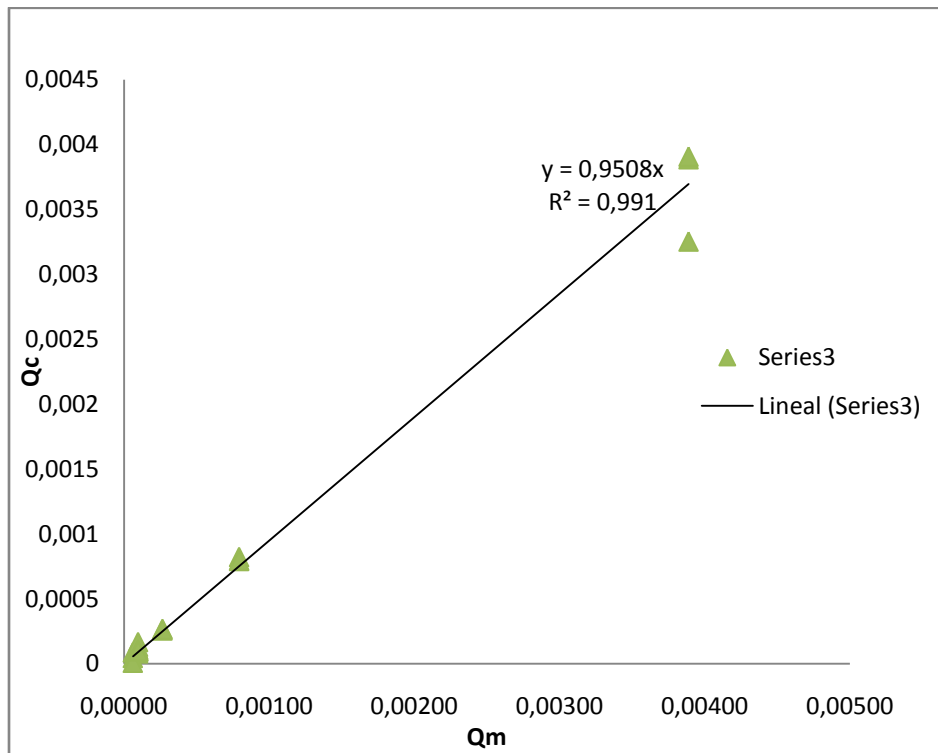


Figura D - 15 Relación caudal medido vs caudal calculado

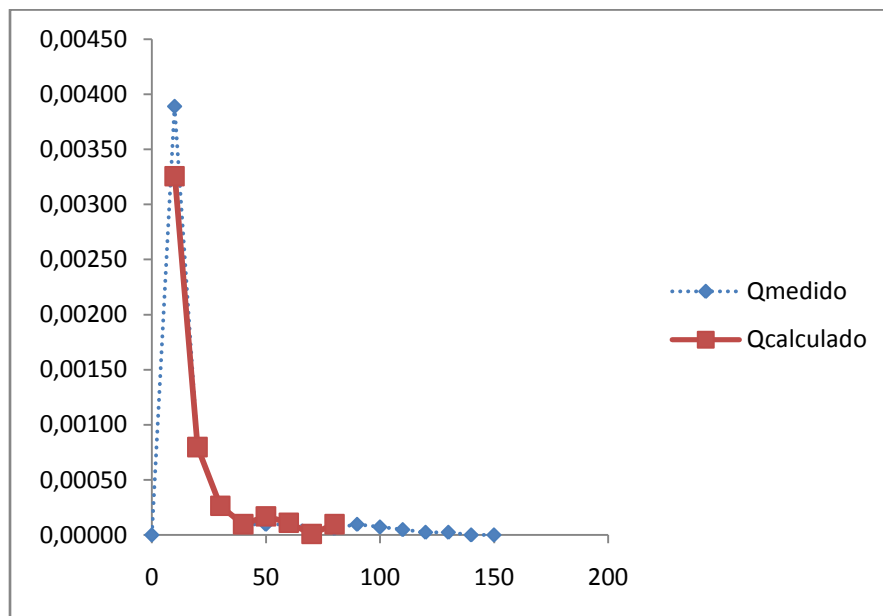


Figura D - 16 Hidrograma de Salida medido Vs Calculado

CALCULO DE PASO DIRECTO

Tabla D - 22 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 10 segundos

		10 segundos																						
	n	Y1 (m)	A1 (m²)	Q (L/s)	Q (m³/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dy			
sección 1-2	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	-0.64767295			-0.518128	-0.48619	1.1	9.11E-05	2	-0.007504	-1.132640845	1.000017794			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.484947737			0.38795	1.76304	0.2	0.001331	2	0.010022	-0.000377577	1.002048783			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.485324542			0.388252	1.763788	0.2	0.001329	3	0.010014	4.13333E-10	1.001751566			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.485324541			0.388252	1.763788	0.2	0.001329	4	0.010014	-1.21902E-13	1.001460292			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.485324541			0.388252	1.763788	0.2	0.001329	5	0.010014	0	1.001169019			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.485324541			0.388252	1.763788	0.2	0.001329	6	0.010014	0	1.000877745			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.485324541			0.388252	1.763788	0.2	0.001329	7	0.010014	0	1.000586472			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.485324541			0.388252	1.763788	0.2	0.001329	8	0.010014	0	1.000295199			
	1.326999518	0.01	0.007999804	3.888	0.00389	0.486011929	0.022039	1.5962249	1.133919	-0.58	0.485324541	0.04	0.19831	0.388252	1.763788	0.2	0.001329	6	0.010014	0	1.000877745			
sección 2-3	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.485651224			0.388513	1.764437	0.2	0.001326	2	0.010007	-0.000254454	1.002215181			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.485905116			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	2	0.010002	5.68614E-10	1.002210856			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	3	0.010002	-2.45631E-15	1.001895662			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	4	0.010002	-1.38236E-17	1.001580468			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	5	0.010002	-1.38236E-17	1.001265275			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	6	0.010002	-1.38236E-17	1.000950081			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	7	0.010002	-1.38236E-17	1.000634888			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	8	0.010002	-1.38236E-17	1.000319694			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512			0.388716	1.764941	0.2	0.001325	9	0.010002	-1.38236E-17	1.000004501			
	1.326999518	0.485324541	0.388250104	3.888	0.00389	0.010001463	0.48533	0.0005185	-0.000519	-0.63	0.48590512	0.06	0.181395	0.388716	1.764941	0.2	0.001325	8	0.010002	-1.38236E-17	1.000319694			
sección 3-4	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486205295			0.388957	1.765537	0.2	0.001322	2	0.009996	-0.000233406	1.002029033			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438229			0.389143	1.766	0.2	0.001321	2	0.009991	5.17848E-10	1.002025402			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228			0.389143	1.766	0.2	0.001321	3	0.009991	-2.10227E-15	1.001736225			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228			0.389143	1.766	0.2	0.001321	4	0.009991	7.15573E-18	1.001447048			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228			0.389143	1.766	0.2	0.001321	5	0.009991	7.15573E-18	1.00115787			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228			0.389143	1.766	0.2	0.001321	6	0.009991	7.15573E-18	1.000868693			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228			0.389143	1.766	0.2	0.001321	7	0.009991	7.15573E-18	1.000579516			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228			0.389143	1.766	0.2	0.001321	8	0.009991	7.15573E-18	1.000290339			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228			0.389143	1.766	0.2	0.001321	9	0.009991	7.15573E-18	1.000001161			
	1.326999518	0.485905115	0.388714551	3.888	0.00389	0.010002198	0.48591	0.0005175	-0.000518	-0.58	0.486438228	0.41	0.005843	0.389143	1.766	0.2	0.001321	2	0.009991	7.15573E-18	1.002025402			
													0.385652											

Tabla D - 23 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 20 segundos

20 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Fh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dg	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dg	
sección 1-2	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.033165384			0.026532	0.865862	0.0	0.163645	2	0.029851	-0.045878522	5.620928947	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.041327473			0.033061	0.882071	0.0	0.080562	2	0.023955	-0.013638537	2.812364746	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.046176964			0.036941	0.891701	0.0	0.056467	3	0.02144	-0.001807399	2.107630832	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.047034514			0.037627	0.893404	0.0	0.053243	4	0.021049	-1.57136E-05	2.001151906	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.047042367			0.037633	0.893442	0.0	0.053215	5	0.021045	3.6137E-07	1.977406318	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.047042184			0.037633	0.893419	0.0	0.053215	6	0.021045	-1.26839E-08	1.95429139	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.04704219			0.037633	0.893419	0.0	0.053215	7	0.021045	5.99853E-10	1.931359574	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.04704219			0.037633	0.893419	0.0	0.053215	8	0.021045	-3.58603E-11	1.908328353	
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.792	0.00079	0.03300081	0.030056	0.0054374	-0.005458	-0.58	0.04704219	0.04		5E-05	0.037633	0.893419	0.0	0.053215	6	0.021045	2.60246E-12	1.954390846
																	0.8					
sección 2-3	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.048306339			0.038644	0.89593	0.0	0.048896	2	0.020495	-0.014770687	2.016105706	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.056632684			0.044505	0.910479	0.0	0.031202	2	0.017796	-0.001875993	1.559542455	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.056835560			0.045468	0.912868	0.0	0.029156	3	0.017419	-2.93487E-05	1.497863334	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.05685519			0.045483	0.912907	0.0	0.029124	4	0.017413	2.59067E-07	1.483736973	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.05685502			0.045483	0.912906	0.0	0.029125	5	0.017413	-4.7109E-09	1.470343991	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.05685502			0.045483	0.912906	0.0	0.029125	6	0.017413	1.29364E-10	1.456944559	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.05685502			0.045483	0.912906	0.0	0.029125	7	0.017413	-4.77485E-12	1.443545244	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.05685502			0.045483	0.912906	0.0	0.029125	8	0.017413	2.22188E-13	1.430145926	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.05685502			0.045483	0.912906	0.0	0.029125	9	0.017413	-1.25174E-14	1.416746607	
	1.326999518	0.04704219	0.037632828	0.792	0.00079	0.021045455	0.047065	0.0020047	-0.002007	-0.63	0.05685502	0.07	0.000173	0.045483	0.912906	0.0	0.029125	8	0.017413	8.26054E-16	1.430145926	
sección 3-4	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.05762466			0.046099	0.914435	0.1	0.02791	2	0.01718	-0.00770934	1.444083605	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.062963229			0.05037	0.925036	0.1	0.021095	2	0.015724	-0.000396752	1.305836958	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.063267059			0.050613	0.925641	0.1	0.020777	3	0.015648	-8.99124E-07	1.291030258	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.063267755			0.050613	0.925641	0.1	0.020776	4	0.015648	6.12076E-09	1.282337825	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.06326775			0.050613	0.925641	0.1	0.020776	5	0.015648	-8.34066E-11	1.273659036	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.063267751			0.050613	0.925641	0.1	0.020776	6	0.015648	1.71265E-12	1.264980155	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.063267751			0.050613	0.925641	0.1	0.020776	7	0.015648	-4.71355E-14	1.256301275	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.063267751			0.050613	0.925641	0.1	0.020776	8	0.015648	1.63801E-15	1.247622395	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.063267751			0.050613	0.925641	0.1	0.020776	9	0.015648	-7.58942E-17	1.238943515	
	1.326999518	0.056855019	0.045482899	0.792	0.00079	0.017413138	0.05687	0.0013262	-0.001327	-0.58	0.063267751	0.4	0.113389 0.113611	0.050613	0.925641	0.1	0.020776	2	0.015648	-6.50521E-18	1.239695674	

Tabla D - 24 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 30 segundos

30 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(y2)	dF/dy
sección 1-2	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.030350552			0.02428	0.860272	0.0	0.024227	2	0.010873	-0.006850694	1.749478302
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034266401			0.027413	0.868048	0.0	0.016362	2	0.009631	-0.000655282	1.446739613
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034719338			0.027775	0.868948	0.0	0.015683	3	0.009505	-5.5251E-06	1.41546086
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034723242			0.027778	0.868956	0.0	0.015677	4	0.009504	2.7197E-08	1.408285142
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034723222			0.027778	0.868956	0.0	0.015677	5	0.009504	-2.71195E-10	1.401309395
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034723223			0.027778	0.868956	0.0	0.015677	6	0.009504	4.06768E-12	1.394333863
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034723223			0.027778	0.868956	0.0	0.015677	7	0.009504	-8.16775E-14	1.387357742
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034723223			0.027778	0.868956	0.0	0.015677	8	0.009504	2.06107E-15	1.38038162
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.264	0.00026	0.01100027	0.030006	0.0006042	-0.000604	-0.58	0.034723223	0.05	0.00023	0.027778	0.868956	0.0	0.015677	6	0.009504	-6.22332E-17	1.394333864
																0.8					
sección 2-3	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.034997863			0.027998	0.869501	0.0	0.015284	2	0.009429	-0.004677133	1.443528818
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.038237932			0.03059	0.875935	0.0	0.01149	2	0.00863	-0.000242784	1.304304762
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842407			0.030739	0.876305	0.0	0.011312	3	0.008589	-5.67962E-07	1.292664954
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842451			0.030739	0.876306	0.0	0.011312	4	0.008588	2.40994E-09	1.287229185
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842451			0.030739	0.876306	0.0	0.011312	5	0.008588	-2.04322E-11	1.281807759
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842451			0.030739	0.876306	0.0	0.011312	6	0.008588	2.60381E-13	1.276386274
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842451			0.030739	0.876306	0.0	0.011312	7	0.008588	-4.43506E-15	1.270964788
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842451			0.030739	0.876306	0.0	0.011312	8	0.008588	9.60332E-17	1.265543303
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842451			0.030739	0.876306	0.0	0.011312	9	0.008588	-1.11131E-18	1.260121818
	1.326999518	0.034723223	0.027777896	0.264	0.00026	0.009503959	0.034728	0.0004358	-0.000436	-0.63	0.03842451	0.07	0.000997	0.030739	0.876306	0.0	0.011312	8	0.008588	-1.11131E-18	1.265543303
sección 3-4	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.038626389			0.0309	0.876707	0.0	0.011123	2	0.008544	-0.003124614	1.268355071
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041089905			0.032871	0.881599	0.0	0.009118	2	0.008031	-8.03552E-05	1.206363729
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156515			0.032925	0.881731	0.0	0.009071	3	0.008018	-4.36994E-08	1.200971346
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156551			0.032925	0.881731	0.0	0.009071	4	0.008018	1.46625E-10	1.196992537
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156551			0.032925	0.881731	0.0	0.009071	5	0.008018	-9.80927E-13	1.193014609
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156551			0.032925	0.881731	0.0	0.009071	6	0.008018	9.84991E-15	1.189036618
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156551			0.032925	0.881731	0.0	0.009071	7	0.008018	-1.35159E-16	1.185058627
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156551			0.032925	0.881731	0.0	0.009071	8	0.008018	3.61852E-18	1.181080636
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156551			0.032925	0.881731	0.0	0.009071	9	0.008018	3.61852E-18	1.177102645
	1.326999518	0.03842451	0.030738853	0.264	0.00026	0.008588479	0.038428	0.000348	-0.000348	-0.58	0.041156551	0.37	0.108138 0.109368	0.032925	0.881731	0.0	0.009071	2	0.008018	3.61852E-18	1.204948581

Tabla D - 25 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 40 segundos

40 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(s2)	dF/dy
sección 1-2	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030046337			0.024037	0.859668	0.0	0.00331	2	0.00394	-0.000936704	1.103458461
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030895218			0.024716	0.861354	0.0	0.003024	2	0.003884	-5.02767E-06	1.091861215
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030899823			0.024719	0.861363	0.0	0.003023	3	0.003884	-5.47523E-11	1.090445892
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030899823			0.024719	0.861363	0.0	0.003023	4	0.003884	6.90029E-14	1.089088959
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030899823			0.024719	0.861363	0.0	0.003023	5	0.003884	-1.7438E-16	1.087732026
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030899823			0.024719	0.861363	0.0	0.003023	6	0.003884	-9.08019E-19	1.086375093
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030899823			0.024719	0.861363	0.0	0.003023	7	0.003884	-9.08019E-19	1.085018161
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030899823			0.024719	0.861363	0.0	0.003023	8	0.003884	-9.08019E-19	1.083661228
	1.326999518	0.03	0.023999411	0.096	0.00010	0.004000098	0.030001	7.989E-05	-7.99E-05	-0.58	0.030899823	0.05	0.00036	0.024719	0.861363	0.0	0.003023	6	0.003884	-9.08019E-19	1.086375093
sección 2-3	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.030946932			0.024757	0.861456	0.0	0.003008	2	0.003878	-0.000923939	1.099075118
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.031787583			0.02543	0.863126	0.0	0.002758	2	0.003775	-4.5898E-06	1.089372046
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180			0.025433	0.863134	0.0	0.002757	3	0.003775	-3.30396E-11	1.086980625
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180			0.025433	0.863134	0.0	0.002757	4	0.003775	4.12933E-14	1.085639185
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180			0.025433	0.863134	0.0	0.002757	5	0.003775	-1.07583E-16	1.084297746
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180			0.025433	0.863134	0.0	0.002757	6	0.003775	-3.49994E-18	1.082956306
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180			0.025433	0.863134	0.0	0.002757	7	0.003775	-3.49994E-18	1.081614866
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180			0.025433	0.863134	0.0	0.002757	8	0.003775	-3.49994E-18	1.080273427
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180	0.065	0.001103	0.025433	0.863134	0.0	0.002757	9	0.003775	-3.49994E-18	1.078931987
	1.326999518	0.030899823	0.024719252	0.096	0.00010	0.003883613	0.030901	7.477E-05	-7.48E-05	-0.63	0.03179180	0.065	0.001103	0.025433	0.863134	0.0	0.002757	8	0.003775	-3.49994E-18	1.080273427
sección 3-4	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.031832496			0.025465	0.863215	0.0	0.002745	2	0.00377	-0.000775813	1.080866376
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032550266			0.02604	0.86464	0.0	0.002554	2	0.003687	-2.67286E-06	1.073532199
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756			0.026042	0.864645	0.0	0.002554	3	0.003686	6.60401E-12	1.072366217
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756			0.026042	0.864645	0.0	0.002554	4	0.003686	-7.1211E-15	1.071224208
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756			0.026042	0.864645	0.0	0.002554	5	0.003686	1.9021E-17	1.070082198
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756			0.026042	0.864645	0.0	0.002554	6	0.003686	-8.7346E-18	1.068940189
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756			0.026042	0.864645	0.0	0.002554	7	0.003686	5.14318E-18	1.067798179
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756			0.026042	0.864645	0.0	0.002554	8	0.003686	-8.7346E-18	1.06665617
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756			0.026042	0.864645	0.0	0.002554	9	0.003686	5.14318E-18	1.065514161
	1.326999518	0.0317918	0.025432816	0.096	0.00010	0.003774651	0.031793	7.016E-05	-7.02E-05	-0.58	0.032552756	0.28	0.06123	0.026042	0.864645	0.0	0.002554	2	0.003686	-8.7346E-18	1.073508226
																					0.062698

Tabla D - 26 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 50 segundos

50 segundos

n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy	
sección 1-2	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.020217417		0.016174	0.840149	0.0	0.022597	2	0.008137	-0.006444458	2.058330757	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023346812		0.018677	0.846364	0.0	0.014125	2	0.007046	-0.000858935	1.571716463	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023893306		0.019114	0.847449	0.0	0.013099	3	0.006885	-1.4993E-05	1.511817372	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023903224		0.019122	0.847469	0.0	0.013081	4	0.006882	5.54444E-08	1.504938244	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023903187		0.019122	0.847468	0.0	0.013081	5	0.006882	-4.42548E-10	1.498973259	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023903187		0.019122	0.847468	0.0	0.013081	6	0.006882	5.30797E-12	1.493004897	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023903187		0.019122	0.847468	0.0	0.013081	7	0.006882	-8.51406E-14	1.487036563	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023903187		0.019122	0.847468	0.0	0.013081	8	0.006882	1.72052E-15	1.481068228	
	1.326999518	0.02	0.015999607	0.131601892	0.000131602	0.00822532	0.020003	0.0003747	-0.000375	-0.58	0.023903187	0.05	0.00068	0.019122	0.847468	0.0	0.013081	6	0.006882	-4.54281E-17	1.493004898
sección 2-3																				0.8	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02406089		0.019248	0.847782	0.0	0.012804	2	0.006837	-0.003954318	1.545869684	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02661888		0.021295	0.852861	0.0	0.009216	2	0.00618	-0.000266589	1.354307947	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681573		0.021452	0.853252	0.0	0.008998	3	0.006135	-1.0772E-06	1.33889311	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681653		0.021453	0.853254	0.0	0.008997	4	0.006134	3.59035E-09	1.334420972	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681653		0.021453	0.853254	0.0	0.008997	5	0.006134	-2.39805E-11	1.329992566	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681653		0.021453	0.853254	0.0	0.008997	6	0.006134	2.4055E-13	1.325564015	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681653		0.021453	0.853254	0.0	0.008997	7	0.006134	-3.22412E-15	1.321135465	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681653		0.021453	0.853254	0.0	0.008997	8	0.006134	5.10388E-17	1.316706915	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681653		0.021453	0.853254	0.0	0.008997	9	0.006134	-1.00289E-18	1.312278364	
	1.326999518	0.023903187	0.01912208	0.131601892	0.000131602	0.006882195	0.023906	0.0002503	-0.00025	-0.63	0.02681653	0.06	0.001101	0.021453	0.853254	0.0	0.008997	8	0.006134	-1.00289E-18	1.316706915
sección 3-4	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.026928555		0.021542	0.853476	0.0	0.008876	2	0.006109	-0.00251797	1.310440633	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028850023		0.02308	0.857292	0.0	0.007096	2	0.005702	-8.06058E-05	1.231251177	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.02891549		0.023132	0.857422	0.0	0.007044	3	0.005689	-7.04219E-08	1.225846898	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028915547		0.023132	0.857422	0.0	0.007044	4	0.005689	1.84743E-10	1.222668407	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028915547		0.023132	0.857422	0.0	0.007044	5	0.005689	-9.66026E-13	1.219491844	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028915547		0.023132	0.857422	0.0	0.007044	6	0.005689	7.58067E-15	1.216315275	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028915547		0.023132	0.857422	0.0	0.007044	7	0.005689	-7.29329E-17	1.213138707	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028915547		0.023132	0.857422	0.0	0.007044	8	0.005689	-7.45389E-20	1.209962138	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028915547		0.023132	0.857422	0.0	0.007044	9	0.005689	-7.45389E-20	1.20678557	
	1.326999518	0.026816527	0.021452695	0.131601892	0.000131602	0.006134516	0.026818	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.028915547	0.11	0.006575 0.008357	0.023132	0.857422	0.0	0.007044	2	0.005689	-7.45389E-20	1.22902155

Tabla D - 27 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 60 segundos

60 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Fh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g)	dF/dg	
sección 1-2	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	0.00010	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.015222813			0.012178	0.83023	0.0	0.030476	2	0.007883	-0.008726748	2.906511724	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.018225295			0.01458	0.836193	0.0	0.016885	2	0.006584	-0.001783825	1.879747881	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.019174265			0.015339	0.838077	0.0	0.0143	3	0.006259	-8.52946E-05	1.700933888	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.019224411			0.015379	0.838177	0.0	0.014178	4	0.006242	1.36622E-07	1.686565087	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.019224433			0.015379	0.838177	0.0	0.014178	5	0.006242	-1.06651E-09	1.680036856	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.019224433			0.015379	0.838177	0.0	0.014178	6	0.006242	1.25061E-11	1.673496061	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.019224433			0.015379	0.838177	0.0	0.014178	7	0.006242	-1.961E-13	1.666955365	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.019224433			0.015379	0.838177	0.0	0.014178	8	0.006242	3.85462E-15	1.660414668	
	1.326999518	0.015	0.011999705	0.096	9.6E-05	0.008000196	0.015003	0.000384	-0.000384	-0.58	0.019224433		0.035	0.00025	0.015379	0.838177	0.0	0.014178	6	0.006242	-9.18726E-17	1.673496063
																	0.8					
sección 2-3	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.019361791			0.015489	0.83845	0.0	0.013852	2	0.006198	-0.00429451	1.737110315	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.021834006			0.017467	0.843359	0.0	0.009352	2	0.005496	-0.000405461	1.440305975	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211552			0.017692	0.843918	0.0	0.008969	3	0.005426	-3.33209E-06	1.41232357	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211788			0.017694	0.843923	0.0	0.008966	4	0.005426	1.04356E-08	1.407672465	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211787			0.017694	0.843923	0.0	0.008966	5	0.005426	-6.65678E-11	1.403210821	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211787			0.017694	0.843923	0.0	0.008966	6	0.005426	6.37653E-13	1.398748584	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211787			0.017694	0.843923	0.0	0.008966	7	0.005426	-8.16383E-15	1.394286352	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211787			0.017694	0.843923	0.0	0.008966	8	0.005426	1.31622E-16	1.389824119	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211787			0.017694	0.843923	0.0	0.008966	9	0.005426	3.25261E-18	1.385361887	
	1.326999518	0.01922433	0.015379087	0.096	9.6E-05	0.006242243	0.019226	0.0002181	-0.000218	-0.63	0.02211787		0.05	0.000777	0.017694	0.843923	0.0	0.008966	8	0.005426	-3.68629E-18	1.389824119
sección 3-4	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.022209942			0.017768	0.844106	0.0	0.008945	2	0.005403	-0.002519134	1.376757431	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024039701			0.019231	0.84774	0.0	0.006833	2	0.004992	-0.000105942	1.268422533	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123224			0.019298	0.847905	0.0	0.006756	3	0.004975	-1.62495E-07	1.261385904	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123352			0.019298	0.847906	0.0	0.006756	4	0.004975	4.01422E-10	1.258293045	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123352			0.019298	0.847906	0.0	0.006756	5	0.004975	-1.9779E-12	1.255218191	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123352			0.019298	0.847906	0.0	0.006756	6	0.004975	1.46251E-14	1.252137322	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123352			0.019298	0.847906	0.0	0.006756	7	0.004975	-1.44321E-16	1.249056453	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123352			0.019298	0.847906	0.0	0.006756	8	0.004975	-2.07354E-18	1.245975584	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123352			0.019298	0.847906	0.0	0.006756	9	0.004975	-2.07354E-18	1.242894715	
	1.326999518	0.022117868	0.01769386	0.096	9.6E-05	0.005425611	0.022119	0.0001587	-0.000159	-0.58	0.024123352		0.07	0.002105 0.003131	0.019298	0.847906	0.0	0.006756	2	0.004975	-2.07354E-18	1.264460797

Tabla D - 28 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 70 segundos

70 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m ²)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/ds	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta ²	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g ²)	dF/dy
sección 1-2	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.010220608			0.008176	0.820297	0.0	0.044206	2	0.007338	-0.012709412	5.138854216
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.012693807			0.010155	0.825208	0.0	0.021638	2	0.005909	-0.003692552	2.627267717
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.014099928			0.011279	0.827999	0.0	0.015316	3	0.00532	-0.000454138	2.028471862
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.014323162			0.011458	0.828444	0.0	0.014543	4	0.005236	-6.08302E-06	1.954191324
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.014326274			0.011461	0.82845	0.0	0.014533	5	0.005235	-4.10892E-08	1.946513987
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.014326253			0.011461	0.82845	0.0	0.014533	6	0.005235	-4.31226E-10	1.939736998
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.014326254			0.011461	0.82845	0.0	0.014533	7	0.005235	6.04875E-12	1.932953918
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.014326254			0.011461	0.82845	0.0	0.014533	8	0.005235	-1.06368E-13	1.926170902
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.06	0.00006	0.007500184	0.010003	0.0003801	-0.00038	-0.58	0.014326254	0.028	0.00019	0.011461	0.82845	0.0	0.014533	6	0.005235	2.25044E-15	1.939736936
																					08
sección 2-3	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.014431241			0.011545	0.828658	0.0	0.014188	2	0.005197	-0.004416806	2.017765588
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.0166202			0.013296	0.833005	0.0	0.008923	2	0.004513	-0.000569673	1.554615278
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01698664			0.013589	0.833733	0.0	0.008307	3	0.004415	-9.24452E-06	1.500829462
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01699280			0.013594	0.833745	0.0	0.008297	4	0.004414	2.36569E-08	1.495868871
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01699278			0.013594	0.833745	0.0	0.008297	5	0.004414	-1.32939E-10	1.491691099
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01699278			0.013594	0.833745	0.0	0.008297	6	0.004414	1.12231E-12	1.487511326
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01699278			0.013594	0.833745	0.0	0.008297	7	0.004414	-1.26528E-14	1.483331565
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01699278			0.013594	0.833745	0.0	0.008297	8	0.004414	1.85859E-16	1.479151803
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01699278			0.013594	0.833745	0.0	0.008297	9	0.004414	-1.49078E-18	1.474972042
	1.326999518	0.014326254	0.011460722	0.06	0.00006	0.005235272	0.014328	0.0001666	-0.000167	-0.63	0.01699278	0.035	0.000324	0.013594	0.833745	0.0	0.008297	8	0.004414	-1.49078E-18	1.479151803
sección 3-4	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.017058237			0.013646	0.833875	0.0	0.008193	2	0.004397	-0.002343343	1.456599981
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018667013			0.014933	0.83707	0.0	0.006098	2	0.004018	-0.000127159	1.310081035
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764075			0.015011	0.837263	0.0	0.005996	3	0.003997	-3.29545E-07	1.300486436
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764328			0.015011	0.837263	0.0	0.005995	4	0.003997	7.07778E-10	1.297700214
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764328			0.015011	0.837263	0.0	0.005995	5	0.003997	-3.03824E-12	1.294931481
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764328			0.015011	0.837263	0.0	0.005995	6	0.003997	1.95691E-14	1.292162711
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764328			0.015011	0.837263	0.0	0.005995	7	0.003997	-1.68593E-16	1.289393994
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764328			0.015011	0.837263	0.0	0.005995	8	0.003997	1.40946E-18	1.28662517
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764328			0.015011	0.837263	0.0	0.005995	9	0.003997	1.40946E-18	1.2838564
	1.326999518	0.016992784	0.013593893	0.06	0.00006	0.004413747	0.016994	0.0001128	-0.000113	-0.58	0.018764328	0.04	0.000451	0.015011	0.837263	0.0	0.005995	2	0.003997	1.40946E-18	1.303237792
																					0.000962

Tabla D - 29 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 80 segundos

		80 segundos																				
		n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(y2)	dF/dy
sección 1-2	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.010565262											
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.013425965											
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.015817109				0.012653	0.831411	0.0	0.026875	3	0.007587	-0.002263169	2.604618179
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.016686015				0.013349	0.833136	0.0	0.022549	4	0.007192	-0.000140085	2.264168927
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.016747886				0.013398	0.833259	0.0	0.022277	5	0.007165	6.73299E-07	2.233815059
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.016747584				0.013398	0.833258	0.0	0.022278	6	0.007165	-9.3985E-09	2.223573027
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.016747589				0.013398	0.833258	0.0	0.022278	7	0.007165	1.75291E-10	2.213233722
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.016747588				0.013398	0.833258	0.0	0.022278	8	0.007165	-4.10346E-12	2.202895779
	1.326999518	0.01	0.007999804	0.096	0.00010	0.012000295	0.010007	0.0009732	-0.000975	-0.58	0.016747588	0.025	6.8E-05	0.013398	0.833258	0.0	0.022278	6	0.007165	1.15761E-13	2.223571715	
	1.326999518																0.8					
sección 2-3	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.016920827				0.013536	0.833602	0.0	0.021539	2	0.007092	-0.00615963	2.210220265
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.019707712				0.015766	0.839137	0.0	0.013072	2	0.006089	-0.000918021	1.628948861
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02027128				0.016217	0.840256	0.0	0.01192	3	0.00592	-2.0651E-05	1.551821329
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02028459				0.016227	0.840282	0.0	0.01895	4	0.005916	6.34518E-08	1.54479339
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02028455				0.016227	0.840282	0.0	0.01895	5	0.005916	-4.52465E-10	1.539324534
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02028455				0.016227	0.840282	0.0	0.01895	6	0.005916	4.84612E-12	1.533850893
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02028455				0.016227	0.840282	0.0	0.01895	7	0.005916	-6.93818E-14	1.528377285
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02028455				0.016227	0.840282	0.0	0.01895	8	0.005916	1.23876E-15	1.522903677
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02028455				0.016227	0.840282	0.0	0.01895	9	0.005916	-2.75929E-17	1.51743007
	1.326999518	0.016747588	0.013397742	0.096	0.00010	0.007165387	0.01675	0.0002986	-0.000299	-0.58	0.02028455	0.03	9.44E-05	0.016227	0.840282	0.0	0.01895	8	0.005916	1.6263E-19	1.522903677	
sección 3-4	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.020396571				0.016317	0.840505	0.0	0.011683	2	0.005883	-0.003331975	1.54277319
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022556302				0.018045	0.844794	0.0	0.00841	2	0.00532	-0.00022344	1.35259032
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022721496				0.018177	0.845123	0.0	0.008212	3	0.005281	-8.94273E-07	1.337982599
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022722164				0.018177	0.845123	0.0	0.008211	4	0.005281	2.5277E-09	1.33483058
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022722162				0.018177	0.845123	0.0	0.008211	5	0.005281	-1.43228E-11	1.330426327
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022722162				0.018177	0.845123	0.0	0.008211	6	0.005281	1.21833E-13	1.326969475
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022722162				0.018177	0.845123	0.0	0.008211	7	0.005281	-1.38423E-15	1.32212623
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022722162				0.018177	0.845123	0.0	0.008211	8	0.005281	2.08912E-17	1.319155772
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022722162				0.018177	0.845123	0.0	0.008211	9	0.005281	-3.39491E-18	1.31539892
	1.326999518	0.020284546	0.016227238	0.096	0.00010	0.005915979	0.020286	0.0001931	-0.000193	-0.58	0.022722162	0.035	0.000151	0.018177	0.845123	0.0	0.008211	2	0.005281	3.54399E-18	1.31696881	

PERFILES

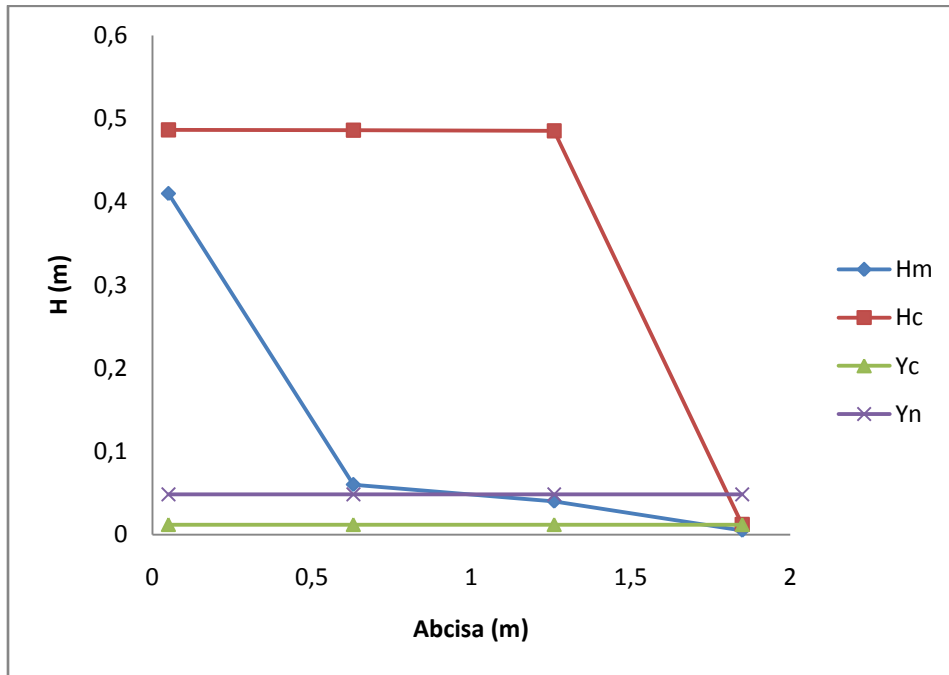


Figura D - 17 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 10 Segundos.

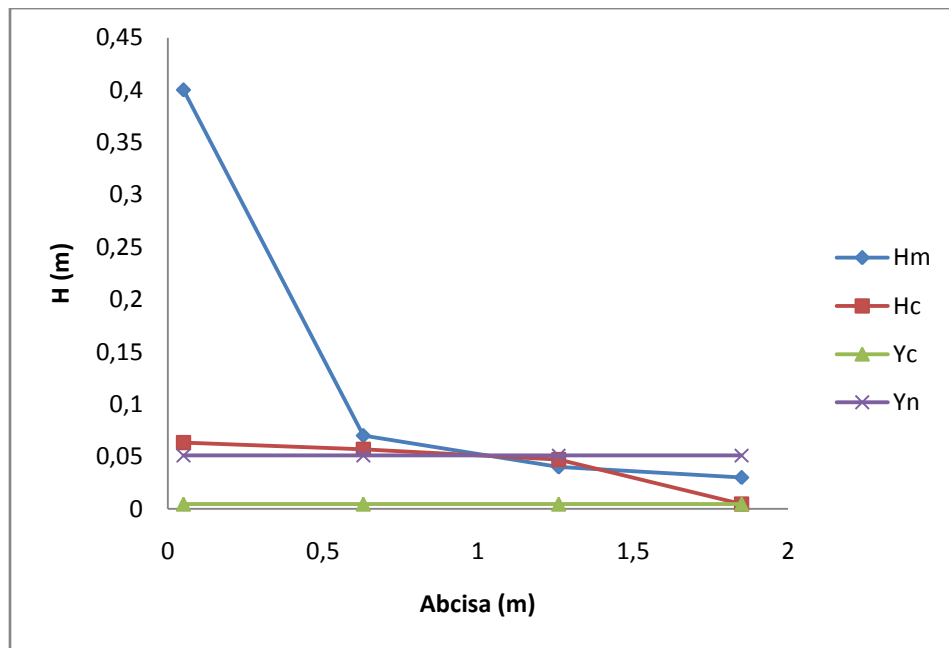


Figura D - 18 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 20 Segundos.

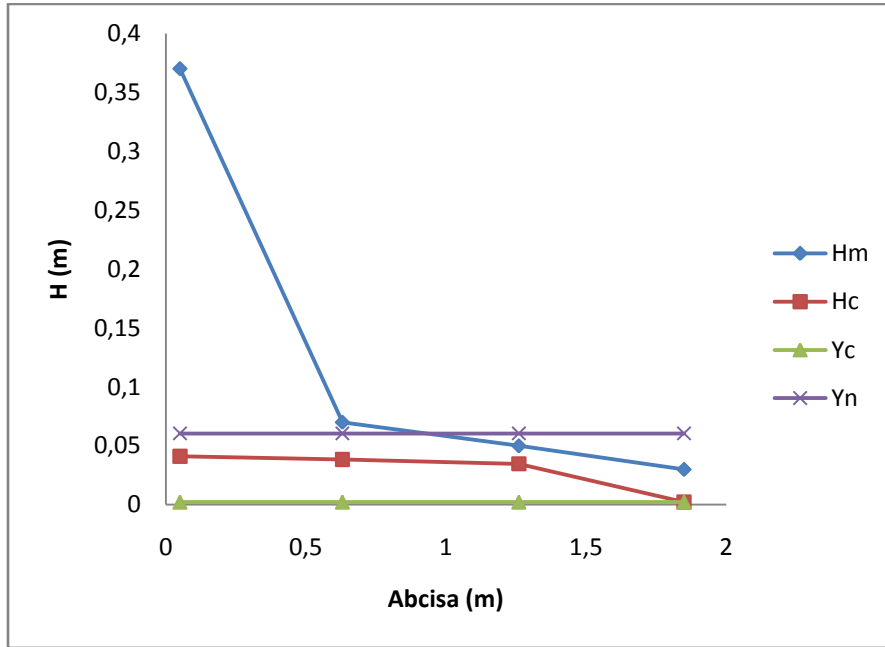


Figura D - 19 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 30 Segundos.

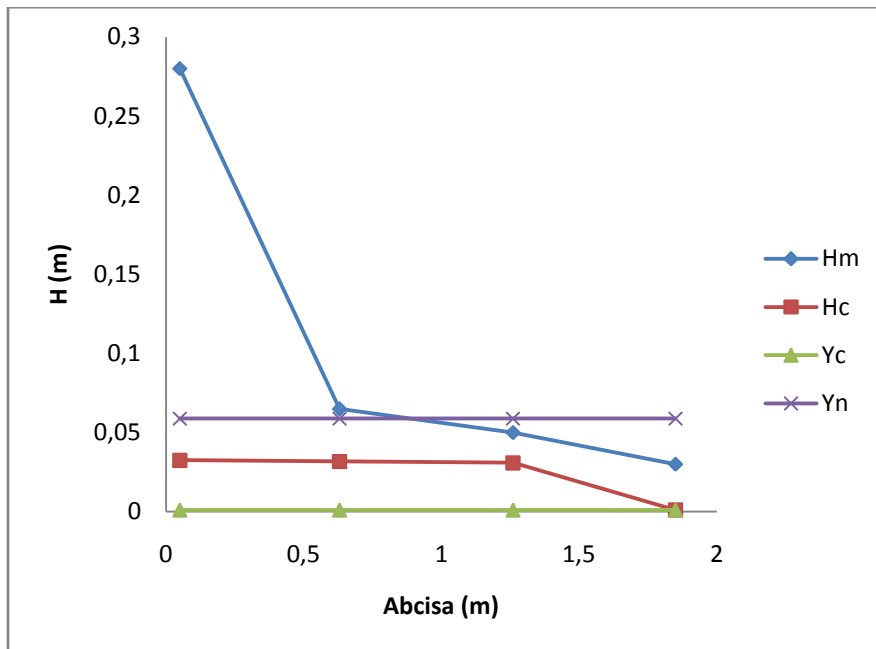


Figura D - 20 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 40 Segundos.

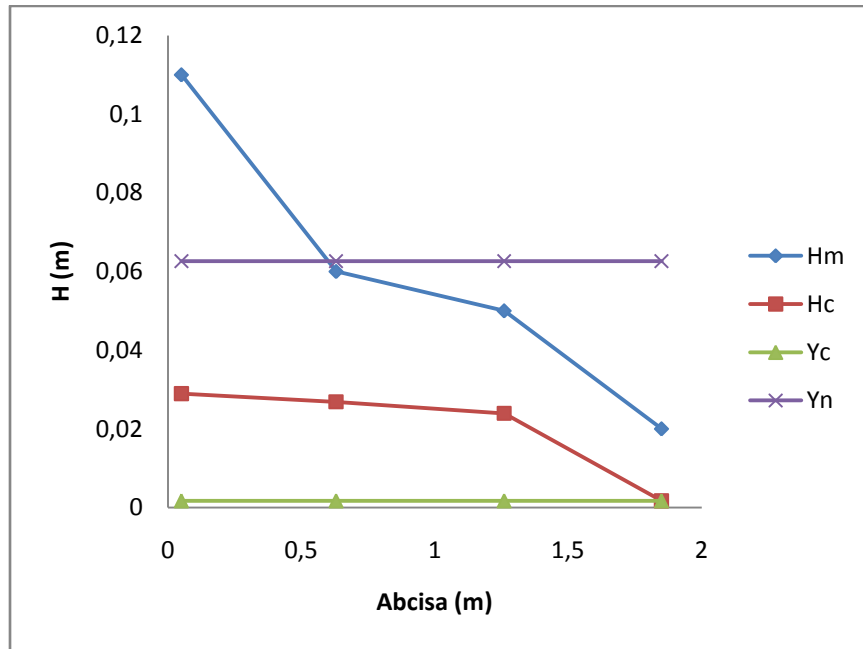


Figura D - 21 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 50 Segundos.

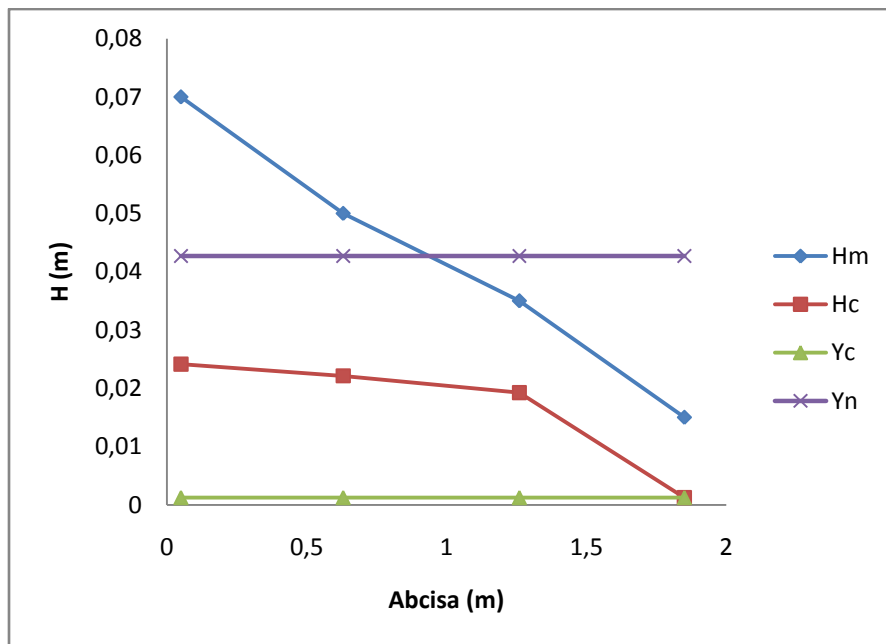


Figura D - 22 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 60 Segundos.

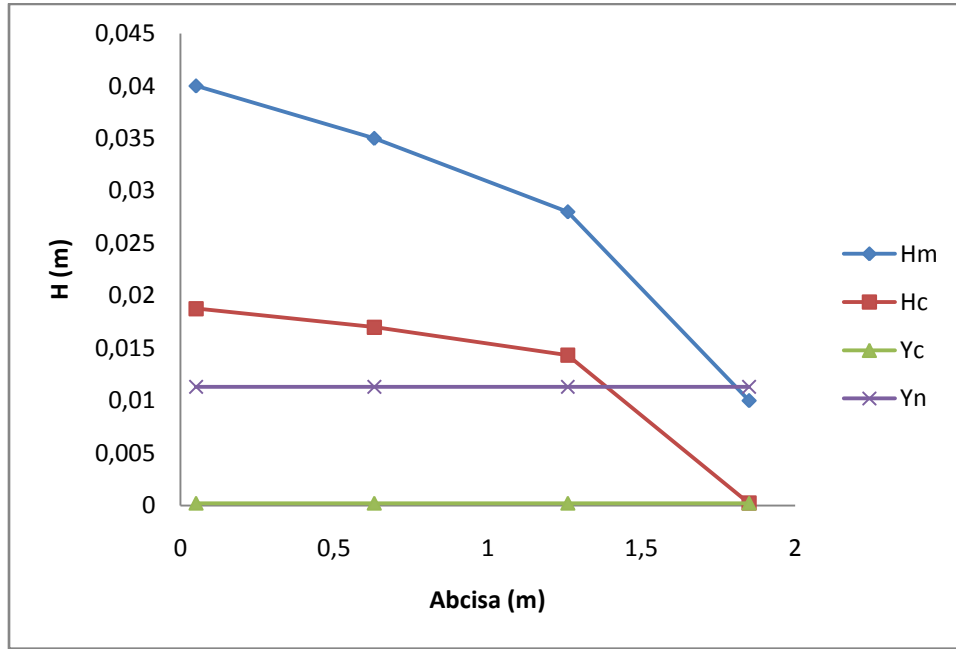


Figura D - 23 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 70 Segundos.

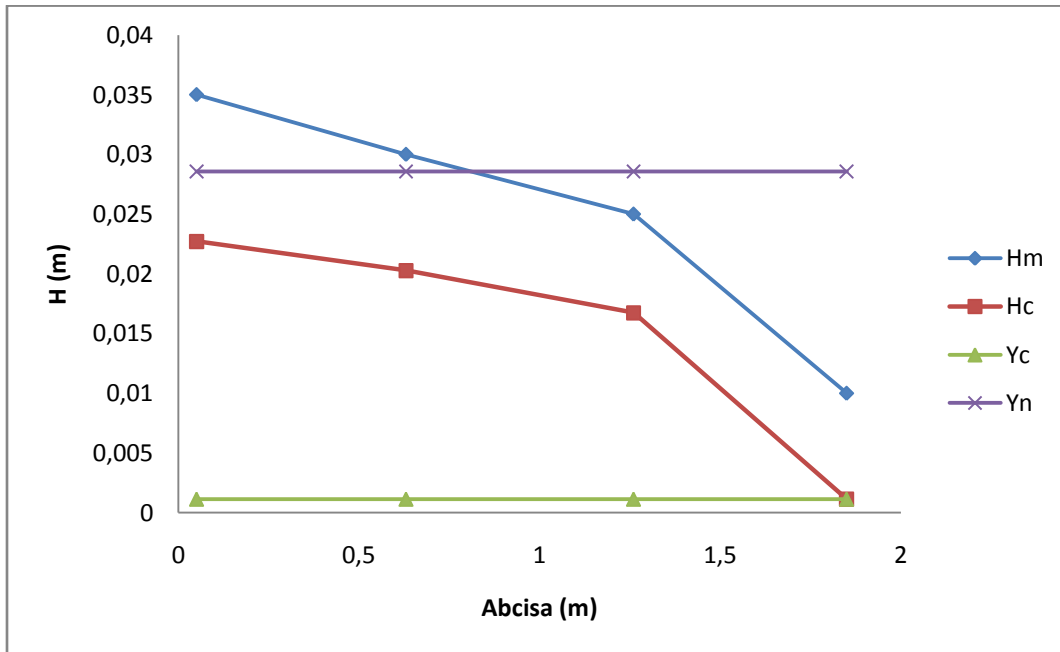


Figura D - 24 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 80 Segundos.

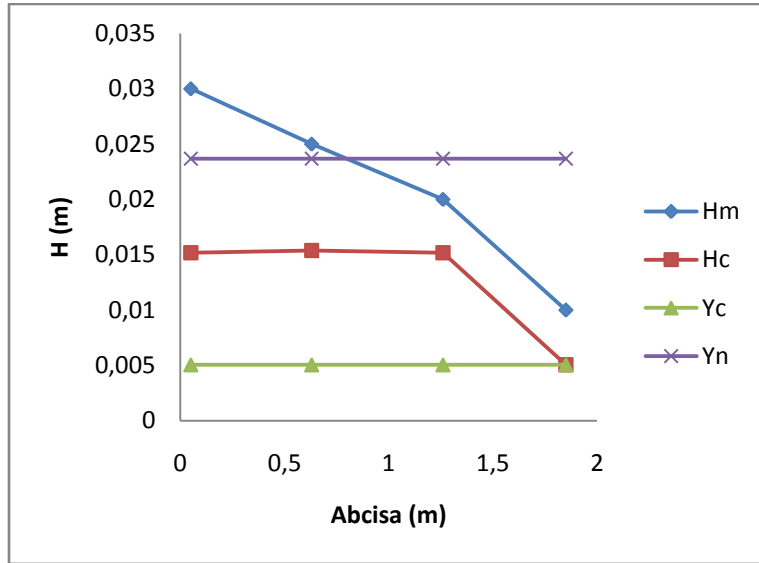


Figura D - 25 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 90 Segundos.

CALCULO DE SÍNTESIS DEL MODELO DE RETENCIÓN

Tabla D - 30 Datos de entrada Iniciales para 100 metros

C	1
Lvia (m)	100
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.00036
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003068748
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	10.31908245
Tc (min)	13.20912341

T (hr)	0.220152057
I(mm/hr)	75.41596353
Qp (m3/s)	0.007547630

Tabla D - 31 Hidrograma de entrada real para evento 5, 100 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.00754763	7.54762963
2	0.00754763	15.09525926
3	0.00754763	22.64288889
4	0.00754763	30.19051852
5	0.00754763	37.73814815
6	0.00754763	45.28577778
7	0.00754763	
8	0.00754763	
9	0.00754763	
10	0.00754763	
11	0.00754763	
12	0.00754763	
13	0.00754763	
14	0.00754763	
15	0.00754763	
16	0.00000000	
17	0.00000000	

Tabla D - 32 Cálculo de hidrograma de salida para evento 5, 100 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	Y (L)	Q0	Q1	sQ1	Q2	sQ2	Q3	sQ3	Q4	sQ4	Q5	sQ5	Q6	sQ6	Q7	sQ7
0		0.00000000	0			0.00000	0.00000		0.00000		0.00000	0.00000	0.00000		0.00000		0.00000
1	0.00754763	7.54762963	0.003888			0.00389	0.00389		0.00389		0.00389	0.00389	0.00389		0.00389		0.00389
2	0.00754763	15.09525926	0.000792			0.00079	0.00079		0.00079		0.00079	0.00079	0.00079		0.00079		0.00079
3	0.00754763	22.64288889	0.000264			0.00026	0.00026		0.00026		0.00026	0.00026	0.00026		0.00026		0.00026
4	0.00754763	30.19051852	9.6E-05			0.00010	0.00010		0.00010		0.00010	0.00010	0.00010		0.00010		0.00010
5	0.00754763	37.73814815	9.6E-05	0		0.00010	0.00010		0.00010		0.00010	0.00010	0.00010		0.00010		0.00010
6	0.00754763	45.28577778	9.6E-05	0.003888		0.00398	0.00398		0.00398		0.00398	0.00398	0.00398		0.00398		0.00398
7	0.00754763		0.00006	0.000792		0.00085	0.00085		0.00085		0.00085	0.00085	0.00085		0.00085		0.00085
8	0.00754763		9.6E-05	0.000264		0.00036	0.00036		0.00036		0.00036	0.00036	0.00036		0.00036		0.00036
9	0.00754763		7.2E-05	9.6E-05		0.00017	0.00017		0.00017		0.00017	0.00017	0.00017		0.00017		0.00017
10	0.00754763		4.8E-05	9.6E-05		0.00014	0	0.00014	0.00014		0.00014	0.00014	0.00014		0.00014		0.00014
11	0.00754763		2.4E-05	9.6E-05		0.00012	0.003888	0.00401	0.00401		0.00401	0.00401	0.00401		0.00401		0.00401
12	0.00754763		2.4E-05	0.00006		0.00008	0.000792	0.00088	0.00088		0.00088	0.00088	0.00088		0.00088		0.00088
13	0.00754763		0	9.6E-05		0.00010	0.000264	0.00036	0.00036		0.00036	0.00036	0.00036		0.00036		0.00036
14	0.00754763		0	7.2E-05		0.00007	9.6E-05	0.00017	0.00017		0.00017	0.00017	0.00017		0.00017		0.00017
15	0.00754763			4.8E-05		0.00005	9.6E-05	0.00014	0	0.00014	0.00014	0.00014	0.00014		0.00014		0.00014
16	0.00000000			2.4E-05		0.00002	9.6E-05	0.00012	0.003888	0.00401	0.00401	0.00401	0.00401		0.00401		0.00401
17	0.00000000			2.4E-05		0.00002	0.00006	0.00008	0.000792	0.00088	0.00088	0.00088	0.00088		0.00088		0.00088
18	0.00000000			0		0.00000	9.6E-05	0.00010	0.000264	0.00036	0.00036	0.00036	0.00036		0.00036		0.00036
19	0.00000000			0		0.00000	7.2E-05	0.00007	9.6E-05	0.00017	0.00017	0.00017	0.00017		0.00017		0.00017
20	0.00000000					0.00000	4.8E-05	0.00005	9.6E-05	0.00014	0	0.00014	0.00014		0.00014		0.00014
21	0.00000000						2.4E-05	0.00002	9.6E-05	0.00012	0.003888	0.00401	0.00401		0.00401		0.00401
22	0.00000000						2.4E-05	0.00002	0.00006	0.00008	0.000792	0.00088	0.00088		0.00088		0.00088
23	0.00000000						0	0.00000	9.6E-05	0.00010	0.000264	0.00036	0.00036		0.00036		0.00036
24	0.00000000						0	0.00000	7.2E-05	0.00007	9.6E-05	0.00017	0.00017		0.00017		0.00017
25	0.00000000							0.00000	4.8E-05	0.00005	9.6E-05	0.00014	0	0.00014	0.00014		0.00014
26	0.00000000								2.4E-05	0.00002	9.6E-05	0.00012	0.003888	0.00401	0.00401		0.00401
27	0.00000000								2.4E-05	0.00002	0.00006	0.00008	0.000792	0.00088	0.00088		0.00088
28	0.00000000								0	0.00000	9.6E-05	0.00010	0.000264	0.00036	0.00036		0.00036
29	0.00000000								0	0.00000	7.2E-05	0.00007	9.6E-05	0.00017	0.00017		0.00017
30	0.00000000									4.8E-05	0.00005	9.6E-05	0.00014	0	0.00014		0.00014
31	0.00000000									2.4E-05	0.00002	9.6E-05	0.00012	0.003888	0.00401		0.00401
32	0.00000000									2.4E-05	0.00002	0.00006	0.00008	0.000792	0.00088		0.00088
33	0.00000000									0	0.00000	9.6E-05	0.00010	0.000264	0.00036		0.00036
34	0.00000000									0	0.00000	7.2E-05	0.00007	9.6E-05	0.00017		0.00017
35	0.00000000										4.8E-05	0.00005	9.6E-05	0.00014	0		0.00014
36											2.4E-05	0.00002	9.6E-05	0.00012	0.003888		0.00401
37											2.4E-05	0.00002	0.00006	0.00008	0.000792		0.00088

Para observar con mayor detalle el cálculo de cada hidrograma de salida, se recomienda ver el anexo en medio magnetico.

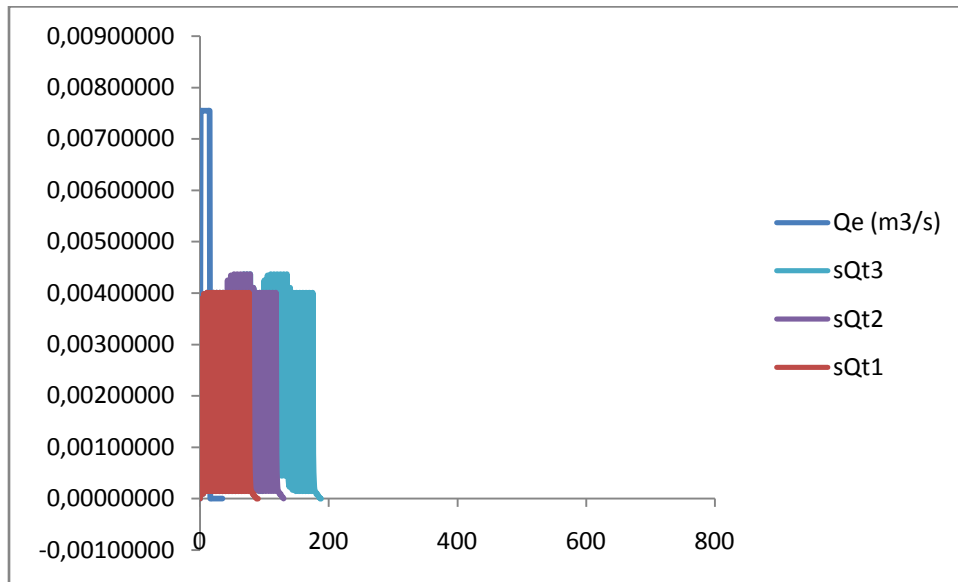


Figura D - 26 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 100 metros.

Tabla D - 33 Datos de entrada Iniciales para 130 metros

C	1
Lvia (m)	130
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.000468
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003068748
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	10.31908245
Tc (min)	13.20912341
T (hr)	0.220152057
I(mm/hr)	75.41596353
Qp (m3/s)	0.009811919

Tabla D - 34 Hidrograma de entrada real para evento 5, 130 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.00998296	9.98296147
2	0.00998296	19.96592294
3	0.00998296	29.94888441
4	0.00998296	39.93184588
5	0.00998296	49.91480735
6	0.00998296	
7	0.00998296	
8	0.00998296	
9	0.00998296	
10	0.00998296	
11	0.00998296	
12	0.00998296	
13	0.00998296	
14	0.00998296	
15	0.00998296	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	
20	0.00000000	
21	0.00000000	

Calculo de hidrograma de salida ver cd

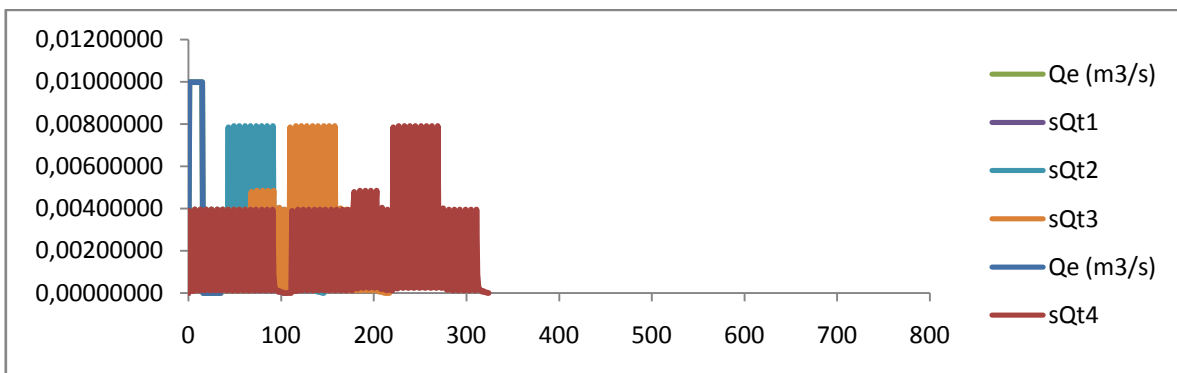


Figura D - 27 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 130 metros.

Tabla D - 35 Datos de entrada Iniciales para 160 metros

C	1
Lvia (m)	160
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.000576
S(m/m)	0.00100000
Vs(m/s)	0.205548048
Vt(m/s)	0.003086453
Te(min)	0.291902553
Te (min)	1.341438183
Te(min)	2.114641582
Tt (min)	10.25988808
Tc (min)	11.60132626

Material	n
G1	1.96318475
G2	1.326999518
G3	0.863723398

T (hr)	0.193355438
I(mm/hr)	78.54303732
Qp (m3/s)	0.012576939

Tabla D - 36 Hidrograma de entrada real para evento 5, 160 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.01228672	12.28672181
2	0.01228672	24.57344362
3	0.01228672	36.86016542
4	0.01228672	49.14688723
5	0.01228672	
6	0.01228672	
7	0.01228672	
8	0.01228672	
9	0.01228672	
10	0.01228672	
11	0.01228672	
12	0.01228672	

13	0.01228672	
14	0.01228672	
15	0.01228672	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	

Calculo de hidrograma de salida ver cd

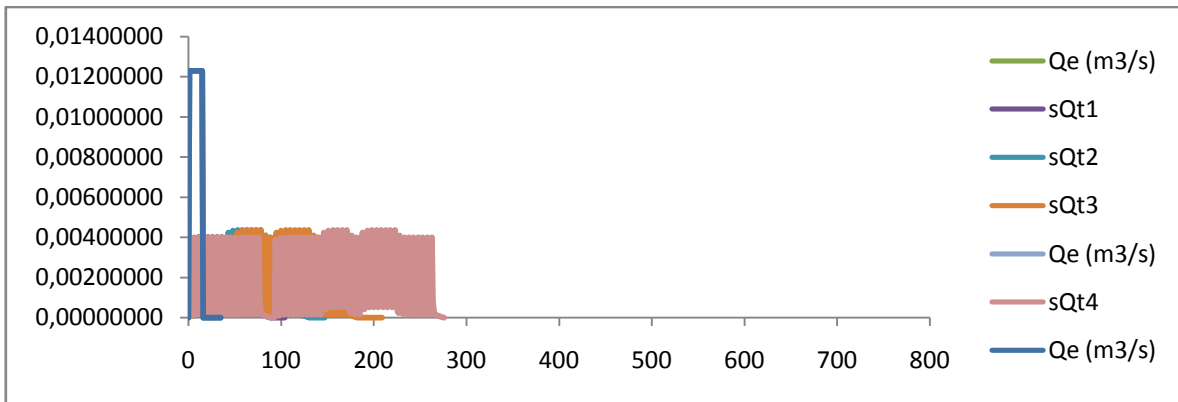


Figura D - 28 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 160 metros.

Tabla D - 37 Datos de entrada Iniciales para 190 metros

C	1
Lvia (m)	190
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.000684
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003086447
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043

Tt (min)	10.25990935
Tc (min)	13.1499503

T (hr)	0.219165838
I(mm/hr)	75.5264945
Qp (m3/s)	0.014361514

Tabla D - 38 Hidrograma de entrada real para evento 5, 190 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.01436151	14.36151398
2	0.01436151	28.72302796
3	0.01436151	43.08454195
4	0.01436151	57.44605593
5	0.01436151	
6	0.01436151	
7	0.01436151	
8	0.01436151	
9	0.01436151	
10	0.01436151	
11	0.01436151	
12	0.01436151	
13	0.01436151	
14	0.01436151	
15	0.01436151	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	

Calculo de hidrograma de salida ver cd

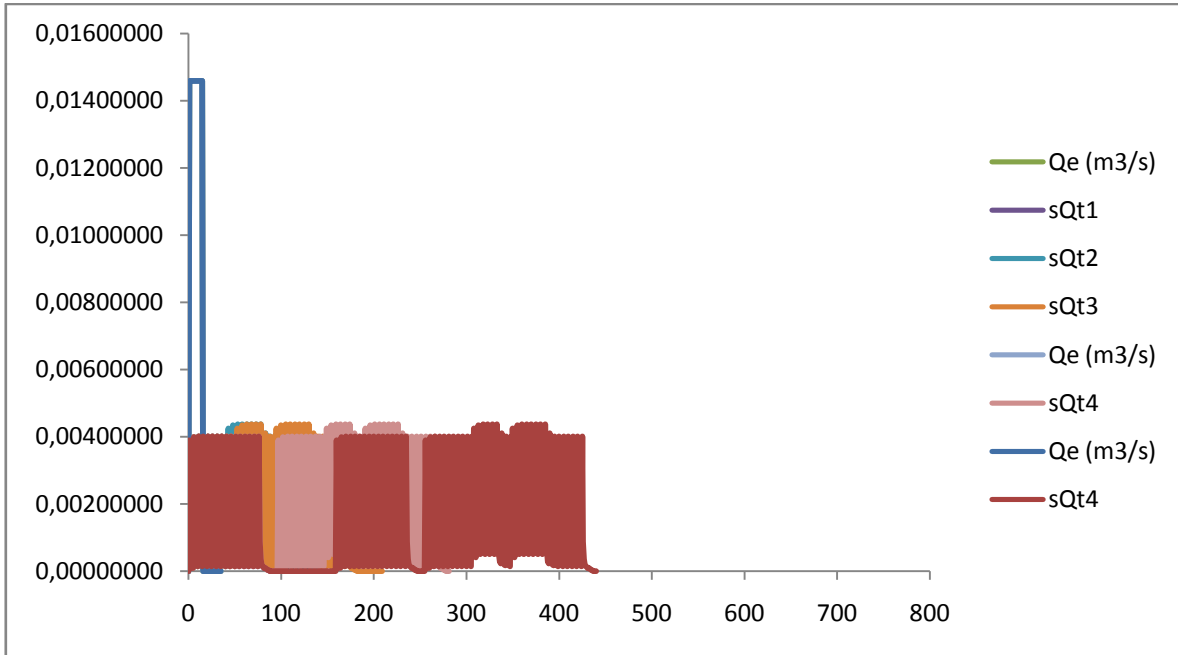


Figura D - 29 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 190 metros.

ANEXO E. RESULTADOS HIDRÁULICOS DEL MATERIAL 3

En este anexo, se encuentran consignados todos los cálculos hidráulicos asociados a los eventos lluviosos 6 y 7. Inicialmente se encuentra todos los cálculos asociados al evento No. 6 y después todos los cálculos asociados al evento No. 7.

Evento Lluvioso No. 6

Con el fin de generar un impulso de entrada en el tiempo para el modelo de retención, se generó una entrada de agua al modelo de 40 litros en 8 segundos simulando un caudal de entrada de $0.005 \text{ m}^3/\text{s}$.

Luego se midió el nivel del agua en el tiempo, en cuatro (4) puntos diferentes localizados a las distancias mostradas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla E - 1 Abscisas medidas a lo largo del modelo.

Abscisado nodos			
[m]			
4	3	2	1
1.85	1.26	0.63	0.05

Lo cual generó los siguientes datos de medición visual de alturas en el tiempo, como se muestran en la tabla E.2.

+

Tabla E - 2 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.

Entrada a la Trinchera (Puntos de Lectura)				
Tiempo [s]	Altura [cm]			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
10	0	0	9	13
20	0	0	4	44
30	6	6	6	8
40	5	5.5	6	7.5
50	4	5	5.8	6.7
60	3	4	4.5	6
70	3	3.5	4	4.5
80	2	3	3	3.5
90	1.4	1.8	2.4	3
100	2	2	2	3
110	0	0	0	0

De acuerdo a las mediciones mostradas en la tabla E.2., se genera el siguiente perfil a diferentes tiempos:

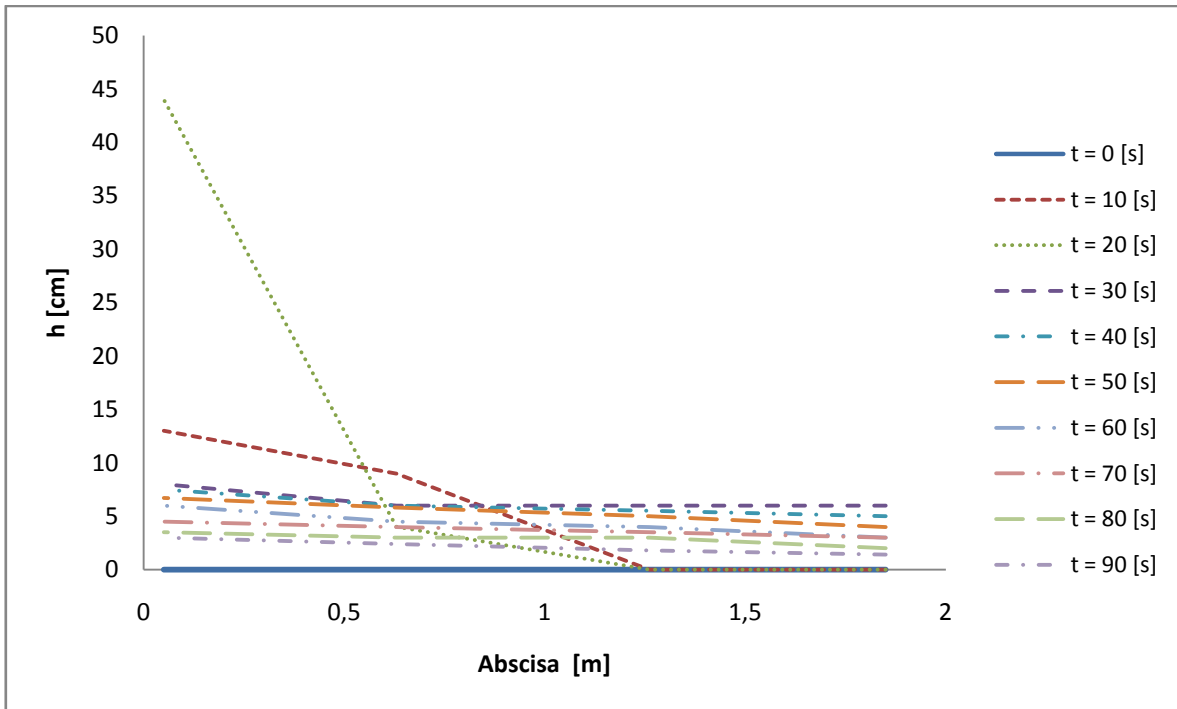


Figura E - 1 Perfil generado en el tiempo. Evento 6

Simultáneamente se hizo la medición del hidrograma de salida a través del método de aforo, con el fin de determinar la eficiencia de reducción de volúmenes de escorrentía, como se muestra en la siguiente tabla los valores de altura y tiempo para el volumen.

Tabla E - 3 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 6.

h [cm]	t [mín]	t [s]	v [L]	Q [L/s]	Q [m³/s]
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.00000
0	0.1667	10.000	0.0000	0.000	0.00000
0	0.3333	20.000	0.0000	0.000	0.00000
1	0.5000	30.000	2.4000	0.240	0.00024
1.5	0.6667	40.000	1.2000	0.120	0.00012
2	0.8333	50.000	1.2000	0.120	0.00012
2.5	1.0000	60.000	1.2000	0.120	0.00012

3	1.3333	80.000	1.2000	0.060	0.00006
3.7	1.5000	90.000	1.6800	0.168	0.00017
3.8	1.6667	100.000	0.2400	0.024	0.00002
3.9	1.8333	110.000	0.2400	0.024	0.00002
3.9	2.0000	120.000	0.0000	0.000	0.00000
4	2.1667	130.000	0.2400	0.024	0.00002
4	2.3333	140.000	0.0000	0.000	0.00000
4.1	2.5000	150.000	0.2400	0.024	0.00002
4.1	2.6667	160.000	0.0000	0.000	0.00000
4.1	2.8333	170.000	0.0000	0.000	0.00000
4.1	3.0000	180.000	0.0000	0.000	0.00000
4.2	3.1667	190.000	0.2400	0.024	0.00002
4.2	3.3333	200.000	0.0000	0.000	0.00000
4.2	3.5000	210.000	0.0000	0.000	0.00000
4.2	3.6667	220.000	0.0000	0.000	0.00000
4.2	3.8333	230.000	0.0000	0.000	0.00000
4.3	4.0000	240.000	0.2400	0.024	0.00002
4.3	4.1667	250.000	0.0000	0.000	0.00000
4.3	4.3333	260.000	0.0000	0.000	0.00000
4.4	4.5000	270.000	0.2400	0.024	0.00002
4.4	4.6667	280.000	0.0000	0.000	0.00000
4.4	4.8333	290.000	0.0000	0.000	0.00000
4.4	5.0000	300.000	0.0000	0.000	0.00000
4.5	5.1667	310.000	0.2400	0.024	0.00002
4.5	5.3333	320.000	0.0000	0.000	0.00000
4.5	5.5000	330.000	0.0000	0.000	0.00000
4.5	5.6667	340.000	0.0000	0.000	0.00000
4.5	5.8333	350.000	0.0000	0.000	0.00000
4.6	6.0000	360.000	0.2400	0.024	0.00002
4.6	6.1667	370.000	0.0000	0.000	0.00000

4.6	6.3333	380.000	0.0000	0.000	0.00000
4.6	6.5000	390.000	0.0000	0.000	0.00000
4.6	6.6667	400.000	0.0000	0.000	0.00000
4.6	6.8333	410.000	0.0000	0.000	0.00000
4.7	7.0000	420.000	0.2400	0.024	0.00002
4.7	7.1667	430.000	0.0000	0.000	0.00000
4.7	7.3333	440.000	0.0000	0.000	0.00000
4.7	7.5000	450.000	0.0000	0.000	0.00000
4.7	7.6667	460.000	0.0000	0.000	0.00000

Generando así el siguiente hidrograma de salida.

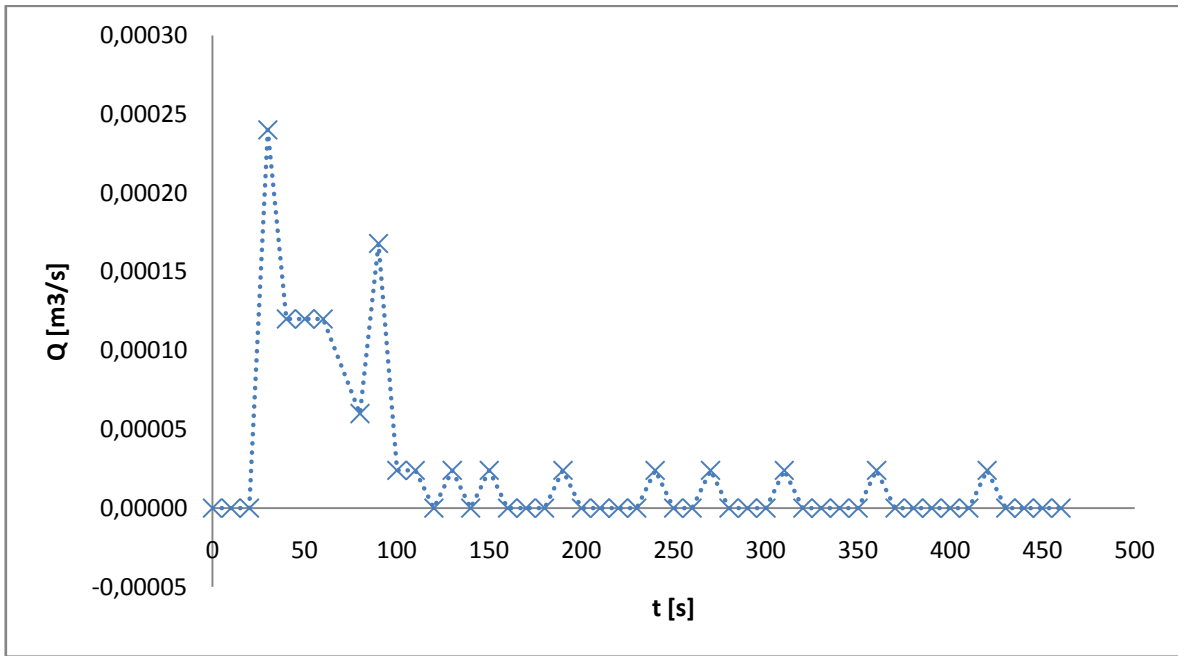


Figura E - 2 Hidrograma de Salida – Evento 6.

Tabla E - 4 Lag – time Material 3, evento 6

Lag-time de entrada:	
4	[s]
Lag-time de salida:	
86.7857143	[s]
Lag-time (K):	
82.7857143	[s]

CALIBRACIÓN N DE MANNING

Tabla E - 5 Calibracion n de Manning, evento 6, Seccion 4.

SECCIÓN 4									
n	t [s]	A4 [m ²]	P4 [m]	Rh4 [m]	Grad4	Qc4 [m ³ /s]	Qm4 [m ³ /s]	Qc4 [l/s]	Qm4 [l/s]
3.89976838	20	0.351995767	1.675161947	0.21012641	0.0000001	1.0088E-05	0.00000	10.08832475	0
3.89976838	30	0.06399923	0.959120354	0.066727007	0.006677666	0.00022062	0.00024	220.6222882	240
3.89976838	40	0.059999278	0.949175332	0.063212008	0.001939077	0.00010751	0.00012	107.5072731	120
3.89976838	50	0.053599355	0.933263297	0.05743219	0.003920996	0.00012811	0.00012	128.1118269	120
3.89976838	60	0.047999423	0.919340266	0.052210726	0.005526207	0.00012782	0.00012	127.81562	120
3.89976838	70	0.035999567	0.889505199	0.040471452	0.006653216	8.8758E-05	0.00009	88.7578579	90
3.89976838	80	0.035999567	0.889505199	0.040471452	0.004312956	7.1463E-05	0.00006	71.46254771	60
3.89976838	90	0.027999663	0.869615155	0.032197764	0.031212899	0.00012838	0.00017	128.3802421	168
3.89976838	100	0.023999711	0.859670133	0.027917349	0.005067525	4.0316E-05	0.00002	40.31635647	24

Tabla E - 6 Calibracion n de Manning, evento 6, Seccion 3

SECCIÓN 3									
n	t [s]	A3 [m ²]	P3 [m]	Rh3 [m]	Grad3	Qc3 [m ³ /s]	Qm3 [m ³ /s]	Qc3 [l/s]	Qm3 [l/s]
3.89976838	20	0.03199962	0.879560177	0.036381382	1E-07	2.849E-07	0.00000	0.28489975	0
3.89976838	30	0.04799942	0.919340266	0.052210726	0.01959708	0.00024069	0.00024	240.694457	240
3.89976838	40	0.04799942	0.919340266	0.052210726	0.00455876	0.00011609	0.00012	116.089698	120
3.89976838	50	0.04639944	0.915362257	0.050689704	0.00526735	0.00011827	0.00012	118.272363	120
3.89976838	60	0.03599957	0.889505199	0.040471452	0.01216002	0.00011999	0.00012	119.993602	120
3.89976838	70	0.03199962	0.879560177	0.036381382	0.01138248	9.6119E-05	0.00009	96.1192935	90

3.89976838	80	0.03199962	0.879560177	0.036381382	0.01268151	0.00010146	0.00006	101.455967	60
3.89976838	90	0.02399971	0.859670133	0.027917349	0.03141234	0.00010038	0.00017	100.376834	168
3.89976838	100	0.01919977	0.847736106	0.022648285	0.044567	8.32E-05	0.00002	83.1995159	24

Tabla E - 7 Calibración n de Manning, evento 6, Sección 2

SECCIÓN 2									
n	t [s]	A2 [m ²]	P2 [m]	Rh2 [m]	Grad2	Qc2 [m ³ /s]	Qm2 [m ³ /s]	Qc2 [l/s]	Qm2 [l/s]
3.89976838	20	0	0.8	0	0.247152722	0	0.00000	0	0
3.89976838	30	0.04799942	0.91934027	0.052210726	0.019483865	0.00024	0.00024	239.998158	240
3.89976838	40	0.04399947	0.90939524	0.048383221	0.00641622	0.00012	0.00012	119.999137	120
3.89976838	50	0.03999952	0.89945022	0.044471076	0.008687616	0.00012	0.00012	120.000951	120
3.89976838	60	0.03199962	0.87956018	0.036381382	0.017755787	0.00012005	0.00012	120.049966	120
3.89976838	70	0.02799966	0.86961515	0.032197764	0.02123767	0.0001059	0.00009	105.897223	90
3.89976838	80	0.02799966	0.86961515	0.032197764	0.03630856	0.00013846	0.00006	138.463609	60
3.89976838	90	0.02399971	0.85967013	0.027917349	0.02860948	9.5794E-05	0.00017	95.7939999	168
3.89976838	100	0.01439983	0.83580208	0.017228752	0.022864059	3.7245E-05	0.00002	37.2446876	24

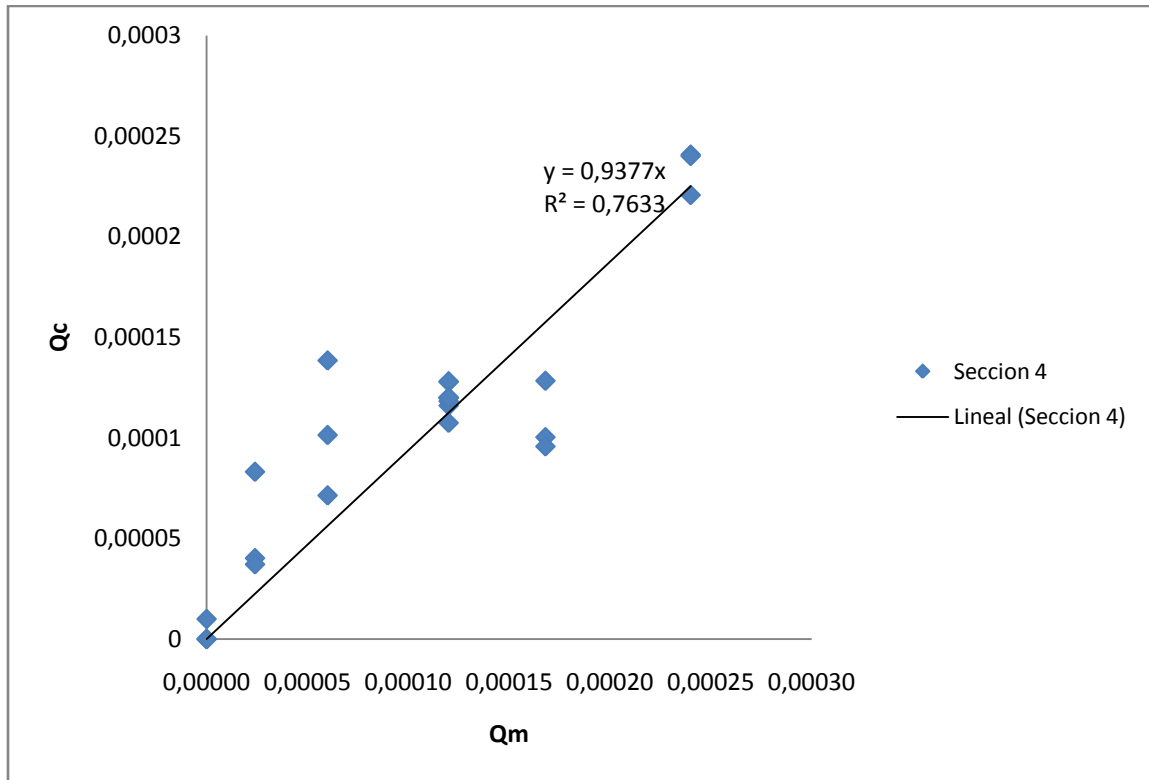


Figura E - 3 Relacion caudal medido vs caudal calculado

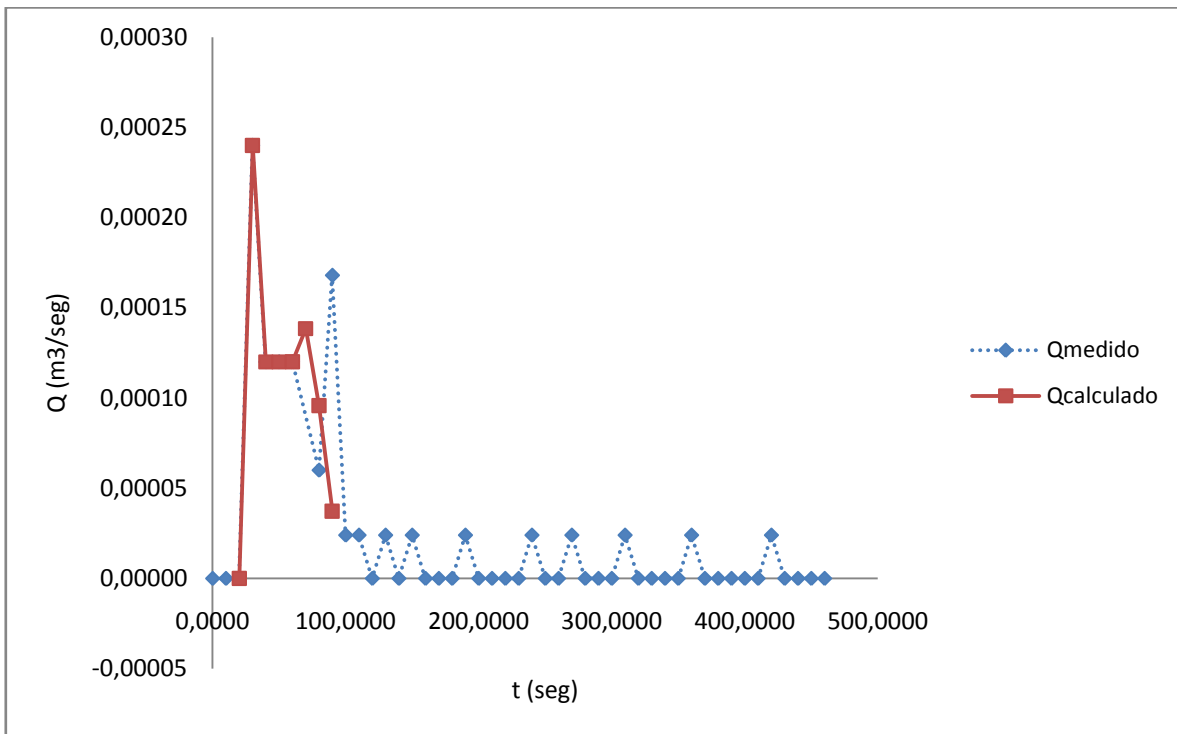


Figura E - 4 Hidrograma de Salida medido Vs Calculado

CALCULO DE PASO DIRECTO

Tabla E - 8 Cálculo de paso directo, evento 6 aos 20 segundos

20 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(y2)	dF/dy	
sección 1-2	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	2	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	2	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	3	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	4	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	5	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	6	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	7	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	8	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005	0	2.5E-05	0.004	0.809929	0.0	0	6	0	0	0	1
sección 2-3	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	2	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	2	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000			0.004	0.809929	0.0	0	3	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000			0.004	0.809929	0.0	0	4	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000			0.004	0.809929	0.0	0	5	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000			0.004	0.809929	0.0	0	6	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000			0.004	0.809929	0.0	0	7	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000			0.004	0.809929	0.0	0	8	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000	0.04	0.001225	0.004	0.809929	0.0	0	9	0	0	0	1
3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.63	0.00500000			0.004	0.809929	0.0	0	8	0	0	0	1	
sección 3-4	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	2	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	2	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	3	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	4	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	5	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	6	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	7	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	8	0	0	0	1
	3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005			0.004	0.809929	0.0	0	9	0	0	0	1
3.899768	0.005	0.003999902	0	0.00000	0	0.005	0	0	-0.58	0.005	0.44	0.189225	0.004	0.809929	0.0	0	2	0	0	0	1	
													0.190475									

Tabla E - 9 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 30 segundos

30 segundos																					
	n	Y1 (m)	A1 (m²)	Q (L/s)	Q (m³/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta*2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(y₂)	dF/dy
sección 1-2	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.060542991			0.048433	0.92023	0.1	0.018933	2	0.004955	-0.005218983	1.286344499
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064600211			0.051679	0.928287	0.1	0.01543	2	0.004644	-0.000146076	1.218004617
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064720141			0.051775	0.928525	0.1	0.01534	3	0.004635	-3.12896E-08	1.209924948
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064720217			0.051775	0.928525	0.1	0.01534	4	0.004635	4.88409E-10	1.203535931
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064720216			0.051775	0.928525	0.1	0.01534	5	0.004635	-5.21944E-12	1.197147953
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064720216			0.051775	0.928525	0.1	0.01534	6	0.004635	8.39172E-14	1.19075997
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064720216			0.051775	0.928525	0.1	0.01534	7	0.004635	-1.79197E-15	1.184371987
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064720216			0.051775	0.928525	0.1	0.01534	8	0.004635	5.37764E-17	1.177984005
	3.899768	0.06	0.047998822	0.24	0.00024	0.005	0.060001	0.0009362	-0.000936	-0.58	0.064720216	0.06	2.2E-05	0.051775	0.928525	0.1	0.01534	6	0.004635	-1.73472E-18	1.19075997
0.8																					
sección 2-3	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.065221256			0.052176	0.92952	0.1	0.014972	2	0.0046	-0.004465638	1.227475091
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068859324			0.055086	0.936745	0.1	0.012624	2	0.004357	-8.79513E-05	1.181145935
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933379			0.055146	0.936893	0.1	0.012581	3	0.004352	-2.48537E-08	1.174687193
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933381			0.055146	0.936893	0.1	0.012581	4	0.004352	1.2093E-10	1.169047119
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933381			0.055146	0.936893	0.1	0.012581	5	0.004352	-1.17465E-12	1.163407273
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933381			0.055146	0.936893	0.1	0.012581	6	0.004352	1.7596E-14	1.157767426
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933381			0.055146	0.936893	0.1	0.012581	7	0.004352	-3.40331E-16	1.152127579
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933381			0.055146	0.936893	0.1	0.012581	8	0.004352	6.61363E-18	1.146487732
	3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933381			0.055146	0.936893	0.1	0.012581	9	0.004352	6.61363E-18	1.140847885
3.899768	0.064720216	0.051774902	0.24	0.00024	0.004635	0.064721	0.0007953	-0.000795	-0.63	0.068933381	0.06	7.98E-05	0.055146	0.936893	0.1	0.012581	8	0.004352	6.61363E-18	1.146487732	
sección 3-4	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.069336774			0.055468	0.937693	0.1	0.012353	2	0.004327	-0.003380828	1.162005998
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.07224625			0.057796	0.943471	0.1	0.01086	2	0.004153	-3.84228E-05	1.136381222
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280061			0.057823	0.943538	0.1	0.010844	3	0.004151	-2.48512E-09	1.131670534
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280063			0.057823	0.943538	0.1	0.010844	4	0.004151	9.89015E-12	1.12722669
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280063			0.057823	0.943538	0.1	0.010844	5	0.004151	-7.95173E-14	1.122782864
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280063			0.057823	0.943538	0.1	0.010844	6	0.004151	9.46888E-16	1.118339037
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280063			0.057823	0.943538	0.1	0.010844	7	0.004151	-1.06794E-17	1.113895211
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280063			0.057823	0.943538	0.1	0.010844	8	0.004151	3.1984E-18	1.109451384
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280063			0.057823	0.943538	0.1	0.010844	9	0.004151	3.1984E-18	1.105007558
	3.899768	0.068933808	0.055145693	0.24	0.00024	0.004352	0.068935	0.0006947	-0.000695	-0.58	0.072280063	0.08	5.96E-05	0.057823	0.943538	0.1	0.010844	2	0.004151	3.1984E-18	1.136114344
	0.000162																				

Tabla E - 10 Cálculo de paso directo, evento 6 aos 40 segundos

40 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta*2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dg	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dg
sección 1-2	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.050201721			0.040161	0.899694	0.0	0.008575	2	0.002988	-0.002385886	1.157713336
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.0522856255			0.041809	0.903786	0.0	0.007544	2	0.00287	-2.62066E-05	1.133074117
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.0522856678			0.041828	0.903832	0.0	0.007534	3	0.002869	-1.88353E-09	1.129602696
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.052285668			0.041828	0.903832	0.0	0.007534	4	0.002869	5.44544E-12	1.126379688
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.052285668			0.041828	0.903832	0.0	0.007534	5	0.002869	-3.13723E-14	1.123156697
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.052285668			0.041828	0.903832	0.0	0.007534	6	0.002869	2.69072E-16	1.119933706
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.052285668			0.041828	0.903832	0.0	0.007534	7	0.002869	-8.48388E-18	1.116710715
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.052285668			0.041828	0.903832	0.0	0.007534	8	0.002869	5.39391E-18	1.113487725
	3.899768	0.05	0.039999018	0.12	0.00012	0.003	0.05	0.0003478	-0.000348	-0.58	0.052285668	0.055	7.4E-06	0.041828	0.903832	0.0	0.007534	6	0.002869	-8.48388E-18	1.119933706
sección 2-3																					
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.052484427			0.041987	0.904227	0.0	0.007443	2	0.002858	-0.002245295	1.141984331
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.054450562			0.04356	0.908131	0.0	0.006623	2	0.002755	-2.06295E-05	1.121569085
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896			0.043574	0.908168	0.0	0.006615	3	0.002754	-8.43162E-10	1.118336526
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896			0.043574	0.908168	0.0	0.006615	4	0.002754	2.33733E-12	1.115277069
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896			0.043574	0.908168	0.0	0.006615	5	0.002754	-1.28971E-14	1.11217618
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896			0.043574	0.908168	0.0	0.006615	6	0.002754	1.06347E-16	1.109158168
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896			0.043574	0.908168	0.0	0.006615	7	0.002754	-4.67562E-18	1.106098717
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896			0.043574	0.908168	0.0	0.006615	8	0.002754	2.26327E-18	1.103039266
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896			0.043574	0.908168	0.0	0.006615	9	0.002754	2.26327E-18	1.099979816
	3.899768	0.05228568	0.041827517	0.12	0.00012	0.002869	0.052286	0.0003155	-0.000315	-0.63	0.05446896	0.06	3.06E-05	0.043574	0.908168	0.0	0.006615	8	0.002754	2.26327E-18	1.103039266
sección 3-4																					
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.054636342			0.043708	0.9085	0.0	0.006551	2	0.002745	-0.001816197	1.110322818
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056272208			0.045017	0.911749	0.0	0.005966	2	0.002666	-1.07689E-05	1.097417549
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893			0.045025	0.911768	0.0	0.005963	3	0.002665	-2.03512E-11	1.094817223
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893			0.045025	0.911768	0.0	0.005963	4	0.002665	4.76369E-14	1.092288479
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893			0.045025	0.911768	0.0	0.005963	5	0.002665	-2.20649E-16	1.089759735
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893			0.045025	0.911768	0.0	0.005963	6	0.002665	1.39591E-18	1.087230992
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893			0.045025	0.911768	0.0	0.005963	7	0.002665	1.39591E-18	1.084702248
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893			0.045025	0.911768	0.0	0.005963	8	0.002665	1.39591E-18	1.082173504
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893			0.045025	0.911768	0.0	0.005963	9	0.002665	1.39591E-18	1.079644476
	3.899768	0.054468956	0.043574095	0.12	0.00012	0.002754	0.054469	0.0002886	-0.000289	-0.58	0.056281893	0.075	0.00035	0.045025	0.911768	0.0	0.005963	2	0.002665	1.39591E-18	1.097345966
																					0.000388

Tabla E - 11 Cálculo de paso directo, evento 6 aos 50 segundos

50 segundos																							
	n	Y1 (m)	A1 (m²)	Q (L/s)	Q (m³/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dz	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g²)	dF/dy		
sección 1-2	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.04032951			0.032263	0.880089	0.0	0.017277	2	0.003719	-0.004845498	1.398901505		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043793298			0.035034	0.886967	0.0	0.013264	2	0.003425	-0.000218241	1.281203423		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043963639			0.03517	0.887306	0.0	0.013101	3	0.003412	-3.79441E-07	1.270904164		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043963937			0.03517	0.887306	0.0	0.0131	4	0.003412	1.72564E-09	1.265187571		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043963936			0.03517	0.887306	0.0	0.0131	5	0.003412	-1.56751E-11	1.259478848		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043963936			0.03517	0.887306	0.0	0.0131	6	0.003412	2.14074E-13	1.253770089		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043963936			0.03517	0.887306	0.0	0.0131	7	0.003412	-3.91156E-15	1.248061331		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043963936			0.03517	0.887306	0.0	0.0131	8	0.003412	9.91232E-17	1.242352573		
	3.899768	0.04	0.031993215	0.12	0.00012	0.00375	0.040001	0.0005681	-0.000568	-0.58	0.043963936	0.05	3.6E-05	0.03517	0.887306	0.0	0.0131	6	0.003412	-4.96022E-18	1.253770089		
sección 2-3	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.044254484			0.035403	0.887883	0.0	0.012827	2	0.00339	-0.00389518	1.292179025		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.047268912			0.037814	0.89387	0.0	0.01039	2	0.003173	-0.000113227	1.221015676		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736164			0.037889	0.894054	0.0	0.010325	3	0.003167	-7.88503E-08	1.214339277		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736171			0.037889	0.894054	0.0	0.010325	4	0.003167	3.19069E-10	1.209487582		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736171			0.037889	0.894054	0.0	0.010325	5	0.003167	-2.57603E-12	1.204637142		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736171			0.037889	0.894054	0.0	0.010325	6	0.003167	3.12546E-14	1.199786696		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736171			0.037889	0.894054	0.0	0.010325	7	0.003167	-5.04723E-16	1.194936251		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736171			0.037889	0.894054	0.0	0.010325	8	0.003167	1.56938E-17	1.190085806		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736171			0.037889	0.894054	0.0	0.010325	9	0.003167	-5.12286E-18	1.18523536		
	3.899768	0.043963936	0.035170285	0.12	0.00012	0.003412	0.043965	0.0004612	-0.000461	-0.63	0.04736171	0.058	0.000113	0.037889	0.894054	0.0	0.010325	8	0.003167	1.81604E-18	1.190085806		
sección 3-4	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.047588841			0.03807	0.894505	0.0	0.010169	2	0.003152	-0.002835337	1.197745745		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049356068			0.039964	0.899206	0.0	0.00871	2	0.003003	-4.51677E-05	1.161036412		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994971			0.039995	0.899283	0.0	0.008688	3	0.003	-8.37174E-09	1.15677151		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994979			0.039995	0.899283	0.0	0.008688	4	0.003	2.73943E-11	1.153035617		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994978			0.039995	0.899283	0.0	0.008688	5	0.003	-1.78679E-13	1.149299821		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994978			0.039995	0.899283	0.0	0.008688	6	0.003	1.75288E-15	1.145564024		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994978			0.039995	0.899283	0.0	0.008688	7	0.003	-3.04119E-17	1.141828228		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994978			0.039995	0.899283	0.0	0.008688	8	0.003	4.2826E-18	1.138092431		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994978			0.039995	0.899283	0.0	0.008688	9	0.003	-2.8563E-18	1.134356635		
	3.899768	0.047361708	0.037888436	0.12	0.00012	0.003167	0.047362	0.0003916	-0.000392	-0.58	0.049994978	0.067	0.000289 0.000439	0.039995	0.899283	0.0	0.008688	2	0.003	-2.8563E-18	1.16050721		

Tabla E - 12 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 60 segundos

60 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.030625319			0.0245	0.860818	0.0	0.041987	2	0.004898	-0.01863603	2.28751755
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.035811854			0.028649	0.871117	0.0	0.025324	2	0.004189	-0.001845329	1.661048666
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.036922496			0.029537	0.873323	0.0	0.022949	3	0.004063	-4.58043E-05	1.570313215
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.036951664			0.029561	0.873381	0.0	0.022891	4	0.004059	2.71807E-07	1.558258883
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.03695149			0.029561	0.873381	0.0	0.022891	5	0.004059	-3.55937E-09	1.54813573
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.036951492			0.029561	0.873381	0.0	0.022891	6	0.004059	7.02032E-11	1.538001131
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.036951492			0.029561	0.873381	0.0	0.022891	7	0.004059	-1.85637E-12	1.527866683
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.036951492			0.029561	0.873381	0.0	0.022891	8	0.004059	6.17342E-14	1.517732231
	3.899768	0.03	0.023999411	0.12	0.00012	0.005	0.030001	0.001078	-0.001078	-0.58	0.036951492	0.04	9.3E-06	0.029561	0.873381	0.0	0.022891	6	0.004059	-2.47832E-15	1.538001134
sección 2-3	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.037378162			0.029902	0.874228	0.0	0.02206	2	0.004013	-0.006735626	1.598469881
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.041591958			0.033273	0.882596	0.0	0.015649	2	0.003607	-0.000502476	1.380145708
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195603			0.033564	0.883319	0.0	0.015218	3	0.003575	-2.49697E-06	1.35180668
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195787			0.033566	0.883323	0.0	0.015215	4	0.003575	1.34049E-08	1.351805083
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195786			0.033566	0.883323	0.0	0.015215	5	0.003575	-1.44421E-10	1.344570855
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195786			0.033566	0.883323	0.0	0.015215	6	0.003575	2.34138E-12	1.337336266
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195786			0.033566	0.883323	0.0	0.015215	7	0.003575	-5.08333E-14	1.330101682
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195786			0.033566	0.883323	0.0	0.015215	8	0.003575	1.38881E-15	1.322867098
	3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195786	0.045	9.25E-06	0.033566	0.883323	0.0	0.015215	9	0.003575	-4.06034E-17	1.315632513
3.899768	0.036951492	0.029560468	0.12	0.00012	0.004059	0.036952	0.0006772	-0.000677	-0.63	0.04195786	0.045	9.25E-06	0.033566	0.883323	0.0	0.015215	8	0.003575	-5.9089E-18	1.322867098	
sección 3-4	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.042254352			0.033803	0.883911	0.0	0.014876	2	0.00355	-0.004165695	1.327276638
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.04539288			0.036314	0.890144	0.0	0.01826	2	0.003305	-0.000142743	1.241539657
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507852			0.036406	0.890372	0.0	0.01173	3	0.003296	-1.40598E-07	1.233870735
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507966			0.036406	0.890373	0.0	0.01173	4	0.003296	5.87973E-10	1.228774095
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507966			0.036406	0.890373	0.0	0.01173	5	0.003296	-4.90722E-12	1.223679957
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507966			0.036406	0.890373	0.0	0.01173	6	0.003296	6.15524E-14	1.21858581
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507966			0.036406	0.890373	0.0	0.01173	7	0.003296	-1.0295E-15	1.213491662
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507966			0.036406	0.890373	0.0	0.01173	8	0.003296	1.82688E-17	1.208397514
	3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507966			0.036406	0.890373	0.0	0.01173	9	0.003296	4.39102E-18	1.203303367
3.899768	0.04195786	0.033565464	0.12	0.00012	0.003575	0.041959	0.0005112	-0.000511	-0.58	0.045507966	0.06	0.00021	0.036406	0.890373	0.0	0.01173	2	0.003296	-2.54788E-18	1.2389624	

Tabla E - 13 Cálculo de paso directo, evento 6 aos 70 segundos

70 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.030351729			0.024281	0.860274	0.0	0.024314	2	0.003707	-0.006875305	1.752495462
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.03427488			0.027419	0.868065	0.0	0.01641	2	0.003282	-0.000660038	1.448174574
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.034730653			0.027784	0.86897	0.0	0.015725	3	0.003239	-5.60965E-06	1.416661798
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.034734613			0.027787	0.868978	0.0	0.015719	4	0.003239	-2.76571E-08	1.409464329
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.034734593			0.027787	0.868978	0.0	0.015719	5	0.003239	-2.76277E-10	1.402470815
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.034734593			0.027787	0.868978	0.0	0.015719	6	0.003239	4.15138E-12	1.395476298
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.034734593			0.027787	0.868978	0.0	0.015719	7	0.003239	-8.35031E-14	1.388481792
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.034734593			0.027787	0.868978	0.0	0.015719	8	0.003239	2.10549E-15	1.381487285
	3.899768	0.03	0.023999411	0.09	0.00009	0.00375	0.030001	0.0006064	-0.000606	-0.58	0.034734593	0.035	7E-08	0.027787	0.868978	0.0	0.015719	6	0.003239	-6.29108E-17	1.395476298
sección 2-3	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03500999			0.028007	0.869525	0.0	0.015324	2	0.003213	-0.004689242	1.44475279
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.038255695			0.030604	0.875971	0.0	0.011516	2	0.002941	-0.000244133	1.305010718
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844277			0.030754	0.876342	0.0	0.011336	3	0.002926	-5.74671E-07	1.29331818
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844321			0.030754	0.876343	0.0	0.011336	4	0.002926	2.44228E-09	1.287870792
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844321			0.030754	0.876343	0.0	0.011336	5	0.002926	-2.07397E-11	1.282437933
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844321			0.030754	0.876343	0.0	0.011336	6	0.002926	2.64729E-13	1.277005013
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844321			0.030754	0.876343	0.0	0.011336	7	0.002926	-4.51429E-15	1.271572093
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844321			0.030754	0.876343	0.0	0.011336	8	0.002926	1.00072E-16	1.266139174
	3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844321	0.04	2.42E-06	0.030754	0.876343	0.0	0.011336	9	0.002926	-4.01155E-18	1.260706254
3.899768	0.034734593	0.027786993	0.09	0.00009	0.003239	0.034735	0.0004371	-0.000437	-0.63	0.03844321			0.030754	0.876343	0.0	0.011336	8	0.002926	-4.01155E-18	1.266139174	
sección 3-4	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.038645588			0.030916	0.876745	0.0	0.011146	2	0.002911	-0.003131181	1.268956108
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041113113			0.032289	0.881645	0.0	0.009136	2	0.002736	-8.07333E-05	1.206777511
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041180013			0.032943	0.881778	0.0	0.009088	3	0.002732	-4.41481E-08	1.201369953
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.04118005			0.032943	0.881778	0.0	0.009088	4	0.002732	1.48352E-10	1.197383911
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041180049			0.032943	0.881778	0.0	0.009088	5	0.002732	-9.93971E-13	1.193398638
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041180049			0.032943	0.881778	0.0	0.009088	6	0.002732	9.98947E-15	1.189413362
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041180049			0.032943	0.881778	0.0	0.009088	7	0.002732	-1.27434E-16	1.185428086
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041180049			0.032943	0.881778	0.0	0.009088	8	0.002732	-2.53432E-18	1.18144281
	3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041180049	0.045	1.46E-05	0.032943	0.881778	0.0	0.009088	9	0.002732	-2.53432E-18	1.177457534
3.899768	0.038443211	0.030753814	0.09	0.00009	0.002926	0.038444	0.0003489	-0.000349	-0.58	0.041180049			0.032943	0.881778	0.0	0.009088	2	0.002732	-2.53432E-18	1.205354466	

Tabla E - 14 Cálculo de paso directo, evento 6 aos 80 segundos

80 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.020390202			0.016312	0.840492	0.0	0.039453	2	0.003678	-0.011246335	2.834080717
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.02435845			0.019486	0.848373	0.0	0.022083	2	0.003079	-0.002240953	1.856214924
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.02556572			0.020452	0.85077	0.0	0.018865	3	0.002934	-0.000100599	1.687576476
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.025625332			0.0205	0.850888	0.0	0.018723	4	0.002927	3.11995E-07	1.672234318
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.025625146			0.0205	0.850888	0.0	0.018723	5	0.002927	-3.19049E-09	1.663746915
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.025625148			0.0205	0.850888	0.0	0.018723	6	0.002927	4.91521E-11	1.655238288
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.025625148			0.0205	0.850888	0.0	0.018723	7	0.002927	-1.01379E-12	1.646729878
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.025625148			0.0205	0.850888	0.0	0.018723	8	0.002927	2.62608E-14	1.638221464
	3.899768	0.02	0.015999607	0.06	0.00006	0.00375	0.020001	0.0006727	-0.000673	-0.58	0.025625148	0.03	1.9E-05	0.0205	0.850888	0.0	0.018723	6	0.002927	-8.18247E-16	1.655238291
sección 2-3																					
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.025867105			0.020693	0.851369	0.0	0.01816	2	0.002899	-0.005993	1.719200727
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.029124025			0.023299	0.857836	0.0	0.012354	2	0.002575	-0.000513729	1.433286264
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948245			0.023585	0.858548	0.0	0.011874	3	0.002544	-3.96645E-06	1.405432259
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948527			0.023588	0.858554	0.0	0.01187	4	0.002544	1.6364E-08	1.399459385
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948526			0.023588	0.858554	0.0	0.01187	5	0.002544	-1.36662E-10	1.393653348
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948526			0.023588	0.858554	0.0	0.01187	6	0.002544	1.71545E-12	1.387846624
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948526			0.023588	0.858554	0.0	0.01187	7	0.002544	-2.88063E-14	1.382038907
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948526			0.023588	0.858554	0.0	0.01187	8	0.002544	6.11111E-16	1.376233189
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948526			0.023588	0.858554	0.0	0.01187	9	0.002544	-1.68593E-17	1.370426471
	3.899768	0.025625148	0.020499615	0.06	0.00006	0.002927	0.025626	0.000384	-0.000384	-0.63	0.02948526	0.03	2.65E-07	0.023588	0.858554	0.0	0.01187	8	0.002544	7.42678E-18	1.376233189
sección 3-4																					
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.029647765			0.023718	0.858876	0.0	0.01166	2	0.00253	-0.00330024	1.369671407
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032057277			0.025645	0.863661	0.0	0.009053	2	0.00234	-0.000134771	1.264880846
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163825			0.025731	0.863873	0.0	0.008957	3	0.002332	-1.93302E-07	1.25715106
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163979			0.025731	0.863873	0.0	0.008957	4	0.002332	6.23915E-10	1.253136859
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163978			0.025731	0.863873	0.0	0.008957	5	0.002332	-4.01752E-12	1.249127933
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163978			0.025731	0.863873	0.0	0.008957	6	0.002332	3.88486E-14	1.245118991
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163978			0.025731	0.863873	0.0	0.008957	7	0.002332	-5.08762E-16	1.241110048
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163978			0.025731	0.863873	0.0	0.008957	8	0.002332	4.71628E-18	1.23701106
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163978			0.025731	0.863873	0.0	0.008957	9	0.002332	-2.22261E-18	1.233092163
	3.899768	0.029485263	0.023587631	0.06	0.00006	0.002544	0.029486	0.0002802	-0.00028	-0.58	0.032163978	0.035	8.04E-06 2.74E-05	0.025731	0.863873	0.0	0.008957	2	0.002332	-2.22261E-18	1.26115476

Tabla E - 15 Cálculo de paso directo, evento 6 aos 90 segundos

90 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m ²)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(y2)	dF/dy
sección 1-2	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.00017	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.020908645			0.016727	0.841522	0.0	0.284944	2	0.010044	-0.079180038	13.91168357
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.026600266			0.02128	0.852824	0.0	0.130002	2	0.007895	-0.028557377	5.606319826
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.031694049			0.025355	0.86294	0.0	0.073644	3	0.006626	-0.007120738	3.147059215
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.033956713			0.027165	0.867433	0.0	0.058928	4	0.006184	-0.000590562	2.572384872
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.034186291			0.027348	0.867889	0.0	0.057659	5	0.006143	6.82931E-06	2.501891395
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.034183561			0.027346	0.867884	0.0	0.057674	6	0.006143	-2.12001E-07	2.476702567
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.034183647			0.027346	0.867884	0.0	0.057674	7	0.006143	8.82558E-09	2.450991235
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.034183643			0.027346	0.867884	0.0	0.057674	8	0.006143	-4.63814E-10	2.425296552
	3.899768	0.014	0.011199725	0.168	0.000168	0.015	0.014011	0.0118919	-0.011911	-0.58	0.034183644	0.018	0.00026	0.027346	0.867884	0.0	0.057674	6	0.006143	2.95472E-11	2.47668721
sección 2-3	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.035178123			0.028142	0.869859	0.0	0.052575	2	0.00597	-0.016064012	2.518428189
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.041556709			0.033245	0.882526	0.0	0.030756	2	0.005053	-0.00281276	1.747771547
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.043166005			0.034532	0.885722	0.0	0.027228	3	0.004865	-9.2276E-05	1.623532947
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.04322289			0.034578	0.885835	0.0	0.027113	4	0.004859	6.42666E-07	1.607191963
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.04322249			0.034577	0.885834	0.0	0.027114	5	0.004859	-1.03532E-08	1.594360403
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.04322249			0.034577	0.885834	0.0	0.027114	6	0.004859	2.51533E-10	1.581504419
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.04322249			0.034577	0.885834	0.0	0.027114	7	0.004859	-8.20537E-12	1.568648828
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.04322249			0.034577	0.885834	0.0	0.027114	8	0.004859	3.3712E-13	1.555793227
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.04322249			0.034577	0.885834	0.0	0.027114	9	0.004859	-1.67708E-14	1.542937626
	3.899768	0.034183644	0.027346244	0.168	0.000168	0.006143	0.034186	0.0015784	-0.001579	-0.63	0.04322249	0.024	0.00037	0.034577	0.885834	0.0	0.027114	8	0.004859	9.85865E-16	1.555793227
sección 3-4	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.043766799			0.035013	0.886915	0.0	0.026049	2	0.004798	-0.007281966	1.552574968
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048445705			0.038785	0.896229	0.0	0.018813	2	0.004334	-0.000493627	1.359036061
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048820268			0.039055	0.89695	0.0	0.01837	3	0.004302	-2.00242E-06	1.339951852
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048821763			0.039057	0.896953	0.0	0.018368	4	0.004301	1.19573E-08	1.331989163
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048821754			0.039057	0.896953	0.0	0.018368	5	0.004301	-1.4311E-10	1.324070969
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048821754			0.039057	0.896953	0.0	0.018368	6	0.004301	2.57887E-12	1.316152511
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048821754			0.039057	0.896953	0.0	0.018368	7	0.004301	-6.22729E-14	1.308234057
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048821754			0.039057	0.896953	0.0	0.018368	8	0.004301	1.89101E-15	1.300315602
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048821754			0.039057	0.896953	0.0	0.018368	9	0.004301	-7.26958E-17	1.292397147
	3.899768	0.043222493	0.034577146	0.168	0.000168	0.004859	0.043224	0.0009384	-0.000938	-0.58	0.048821754	0.03	0.000354 0.000986	0.039057	0.896953	0.0	0.018368	2	0.004301	-3.30682E-18	1.34782633

PERFILES

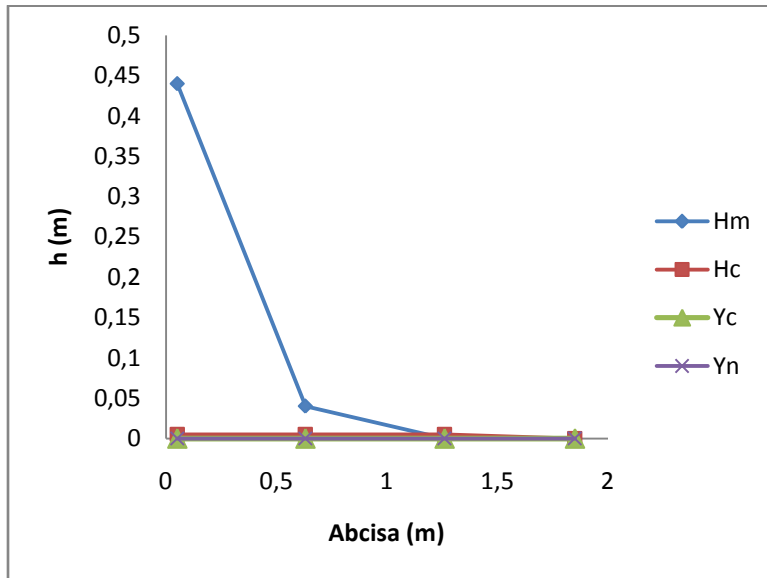


Figura E - 5 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 20 Segundos.

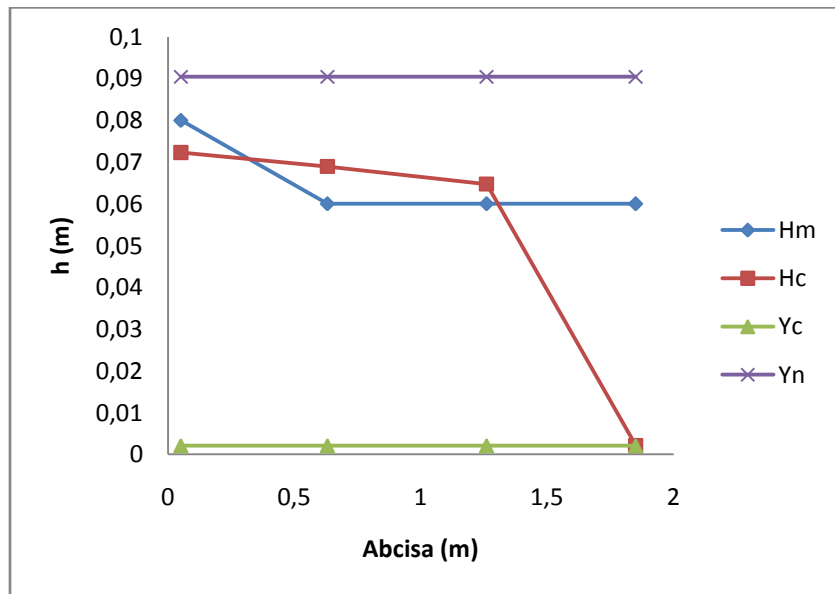


Figura E - 6 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 30 segundos.

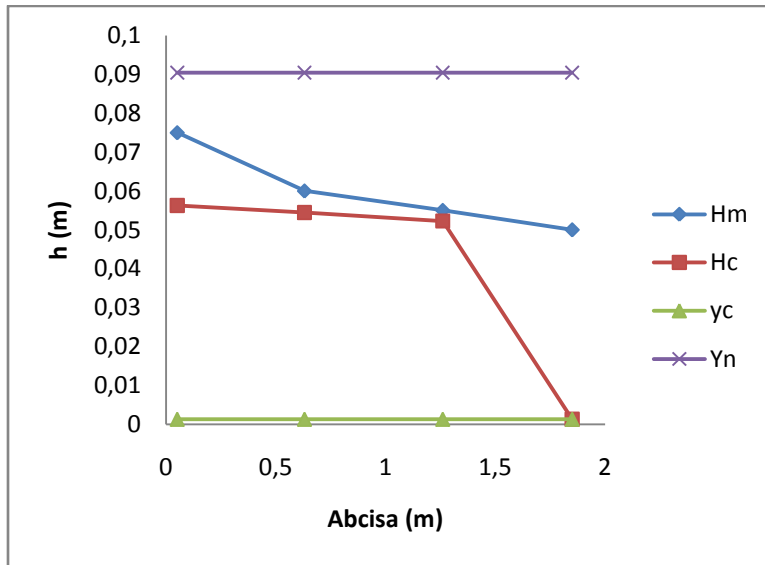


Figura E - 7 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 40 segundos.

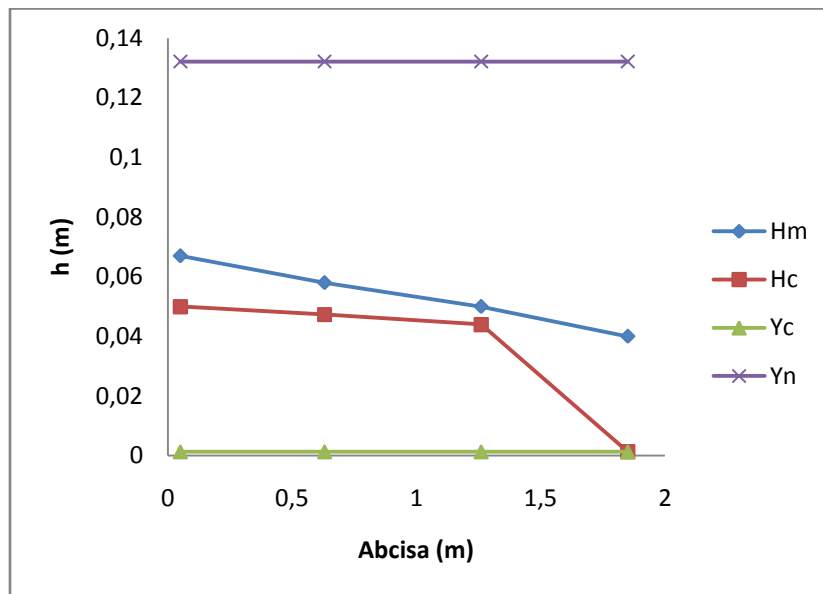


Figura E - 8 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 50 segundos.

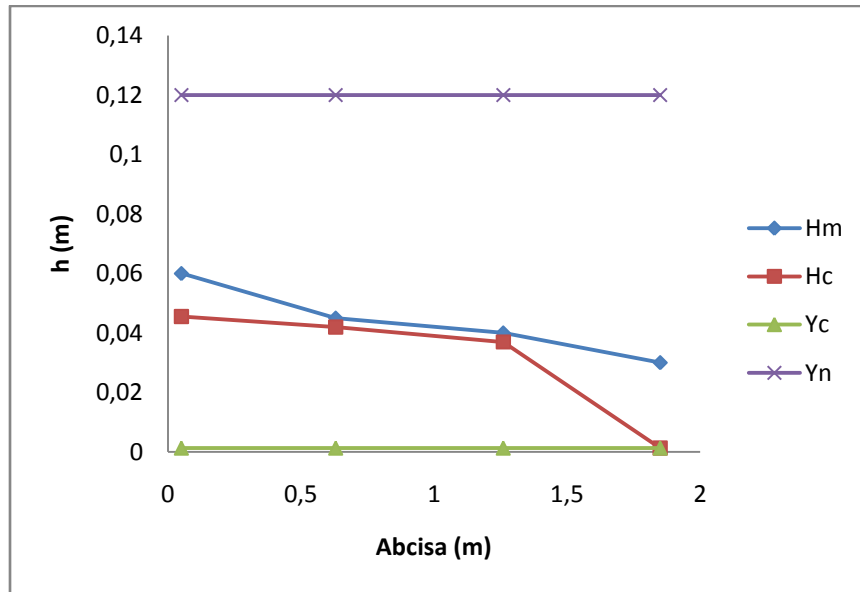


Figura E - 9 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 60 segundos.

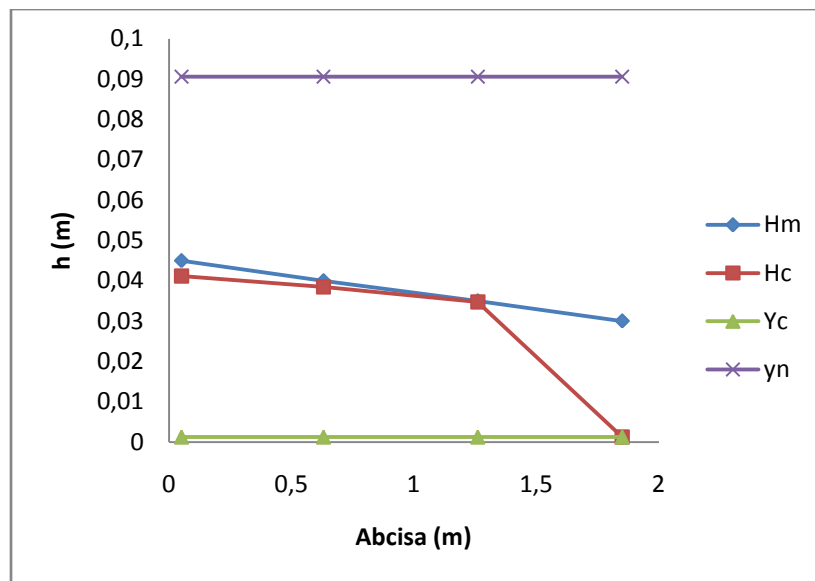


Figura E - 10 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 70 segundos.

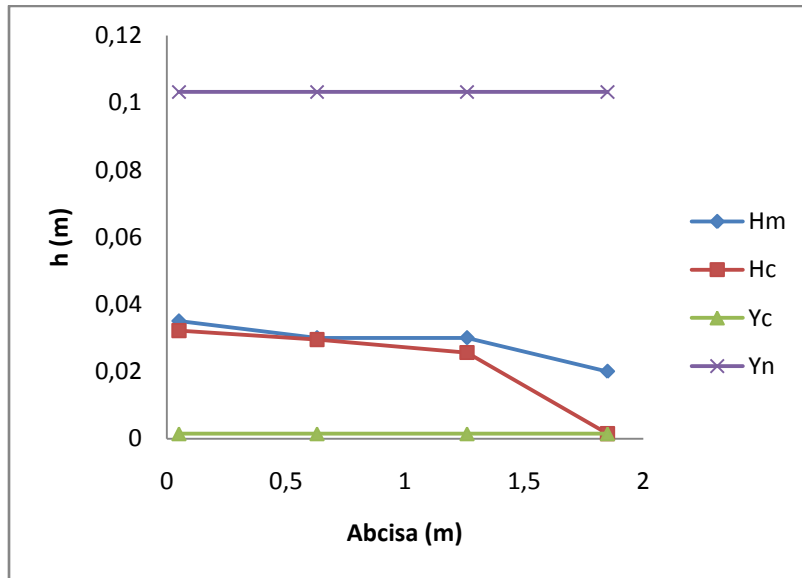


Figura E - 11 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 80 segundos.

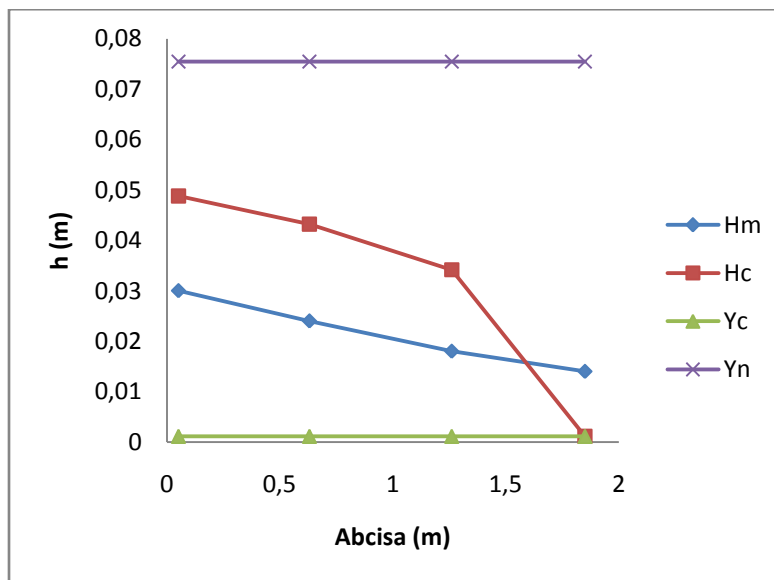


Figura E - 12 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 80 segundos.

Evento Pluviométrico No. 7

Con el fin de generar un impulso de entrada en el tiempo para el modelo de retención, se generó una entrada de agua al modelo de 60 litros en 12 segundos simulando un caudal de entrada de $0.005 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Se generaron los siguientes datos de medición visual de alturas en el tiempo, como se muestran en la tabla E.7.

Tabla E - 16 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.

Entrada a la Trinchera (Puntos de Lectura)				
Tiempo [s]	Altura [cm]			
	1	2	3	4
0	0	0	0	0
10	0	5	11	21
20	3	5	7	14
30	2	4.5	6	13
40	1	3	3	12
50	0.5	1	2.5	8
60	0.1	0.5	1.5	6.3
70	0.1	0.3	1	3.5
80	0.1	0.3	0.8	2.3
90	0.05	0.1	0.2	0.5
100	0.01	0.01	0.03	0.1
110	0	0	0	0

De acuerdo a las mediciones mostradas en la tabla E.7., se genera el siguiente perfil a diferentes tiempos:

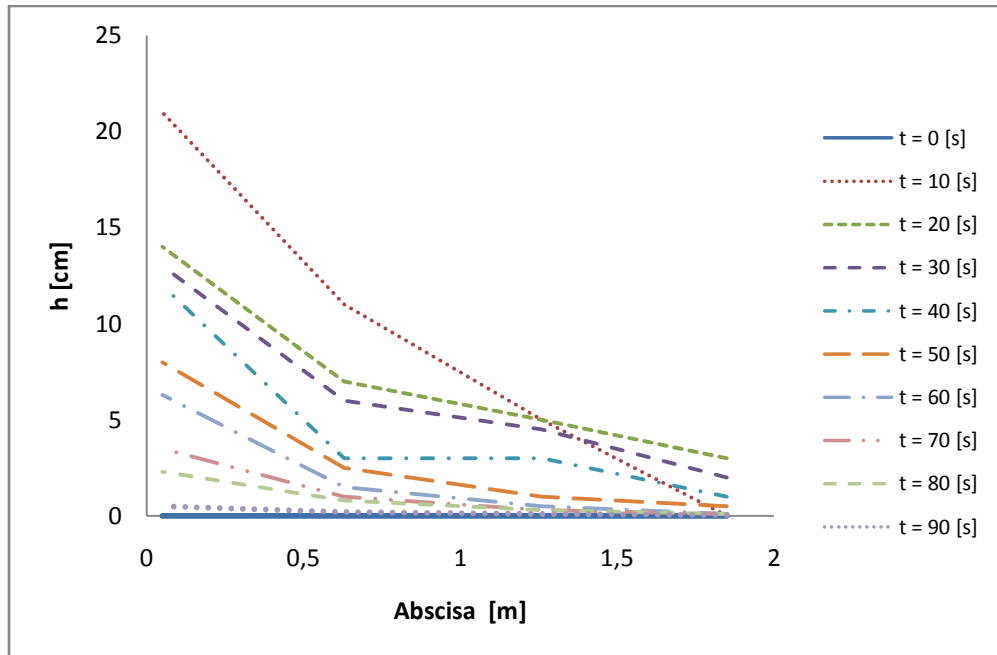


Figura E - 13. Perfil generado en el tiempo. Evento 7

Simultáneamente se hizo la medición del hidrograma de salida a través del método de aforo, con el fin de determinar la eficiencia de reducción de volúmenes de escorrentía, como se muestra en la siguiente tabla los valores de altura y tiempo para el volumen.

Tabla E - 17 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 7.

h [cm]	t [mín]	t [s]	v [L]	Q [L/s]	Q [m ³ /s]
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.00000
0	0.1667	10.000	0.0000	0.000	0.00000
0	0.3333	20.000	0.0000	0.000	0.00000
2.5	0.5000	30.000	6.0000	0.600	0.00060
5	0.6667	40.000	6.0000	0.600	0.00060
6.3	0.8333	50.000	3.1200	0.312	0.00031
6.9	1.0000	60.000	1.4400	0.144	0.00014
7.3	1.1667	70.000	0.9600	0.096	0.00010
7.9	1.3333	80.000	1.4400	0.144	0.00014
8.3	1.5000	90.000	0.9600	0.096	0.00010
8.8	1.6667	100.000	1.2000	0.120	0.00012
9.3	1.8333	110.000	1.2000	0.120	0.00012
9.8	2.0000	120.000	1.2000	0.120	0.00012
10.4	2.1667	130.000	1.4400	0.144	0.00014
10.7	2.3333	140.000	0.7200	0.072	0.00007
10.8	2.5000	150.000	0.2400	0.024	0.00002
10.8	2.6667	160.000	0.0000	0.000	0.00000
10.9	2.8333	170.000	0.2400	0.024	0.00002
10.9	3.0000	180.000	0.0000	0.000	0.00000
11	3.1667	190.000	0.2400	0.024	0.00002
11	3.3333	200.000	0.0000	0.000	0.00000
11	3.5000	210.000	0.0000	0.000	0.00000
11.2	3.6667	220.000	0.4800	0.048	0.00005
11.2	3.8333	230.000	0.0000	0.000	0.00000
11.3	4.0000	240.000	0.2400	0.024	0.00002
11.4	4.1667	250.000	0.2400	0.024	0.00002
11.4	4.3333	260.000	0.0000	0.000	0.00000

Generando así el siguiente hidrograma de salida.

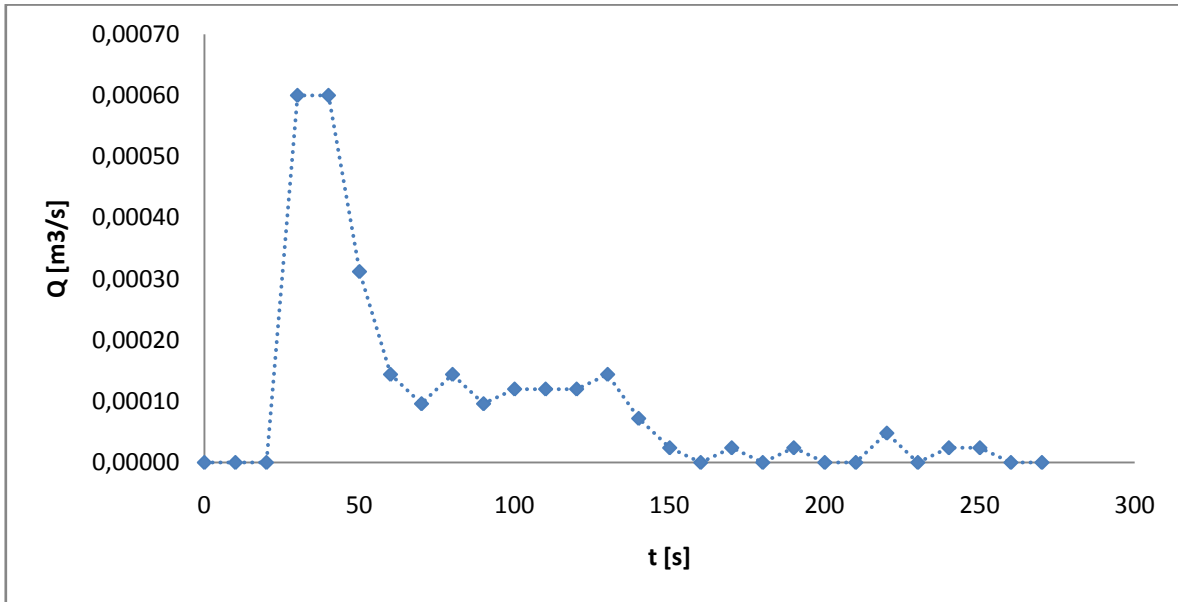


Figura E - 14 Hidrograma de Salida – Evento 7

Tabla E - 18 Lag-time Material 3, evento 7

Lag-time de entrada:	
6	[s]
Lag-time de salida:	
70.3005464	[s]
Lag-time (K):	
64.3005464	[s]

Tabla E - 19 Caudales medidos y calculados sección 4 Grava No 3, evento lluvioso No 7

SECCIÓN 4									
n	t [s]	A4 [m ²]	P4 [m]	Rh4 [m]	Grad4	Qc4 [m ³ /s]	Qm4 [m ³ /s]	Qc4 [l/s]	Qm4 [l/s]
0.863723398	20	0.111998653	1.07846062	0.10385048	1E-07	9.05963E-06	0.00000	9.05962985	0
0.863723398	30	0.103998749	1.058570575	0.098244512	0.000547837	0.000600046	0.00060	600.0461113	600
0.863723398	40	0.095998845	1.038680531	0.092423842	0.000695571	0.000599218	0.00060	599.2177923	600
0.863723398	50	0.06399923	0.959120354	0.066727007	0.000656931	0.000312436	0.00031	312.4360077	312
0.863723398	60	0.050399394	0.925307279	0.054467737	0.000295668	0.000144171	0.00014	144.1714468	144
0.863723398	70	0.027999663	0.869615155	0.032197764	0.000877074	9.71658E-05	0.00010	97.16577702	96
0.863723398	80	0.018399779	0.845747102	0.021755651	0.007488607	0.000143666	0.00014	143.6657165	144
0.863723398	90	0.003999952	0.809945022	0.004938547	0.506946792	9.56226E-05	0.00010	95.62264628	96

Tabla E - 20 Caudales medidos y calculados sección 3 Grava No 3, evento lluvioso No 7

SECCIÓN 3									
n	t [s]	A3 [m ²]	P3 [m]	Rh3 [m]	Grad3	Qc3 [m ³ /s]	Qm3 [m ³ /s]	Qc3 [l/s]	Qm3 [l/s]
0.863723398	20	0.055999327	0.93923031	0.059622572	0.0000001	3.12907E-06	0.00000	3.12906984	0
0.863723398	30	0.047999423	0.919340266	0.052210726	0.00597265	0.000599954	0.00060	599.95433	600
0.863723398	40	0.023999711	0.859670133	0.027917349	0.05504611	0.000599944	0.00060	599.944098	600
0.863723398	50	0.019999759	0.849725111	0.023536741	0.0269493	0.000312192	0.00031	312.191698	312
0.863723398	60	0.011999856	0.829835066	0.014460531	0.03025609	0.000143438	0.00014	143.4379	144
0.863723398	70	0.007999904	0.819890044	0.009757289	0.05096695	9.54788E-05	0.00010	95.4788438	96
0.863723398	80	0.006399923	0.815912035	0.007843888	0.24210169	0.000143931	0.00014	143.930638	144
0.863723398	90	0.001599981	0.803978009	0.00199008	10.6638663	9.57072E-05	0.00010	95.7071713	96

Tabla E - 21 Caudales medidos y calculados sección 2 Grava No 3, evento lluvioso No 7

SECCIÓN 2									
n	t [s]	A2 [m ²]	P2 [m]	Rh2 [m]	Grad2	Qc2 [m ³ /s]	Qm2 [m ³ /s]	Qc2 [l/s]	Qm2 [l/s]
0.863723398	20	0.039999519	0.89945022	0.044471076	1E-07	1.8382E-06	0.00000	1.83822432	0
0.863723398	30	0.035999567	0.8895052	0.040471452	0.014908111	0.00059988	0.00060	599.882826	600
0.863723398	40	0.023999711	0.85967013	0.027917349	0.055105886	0.00060027	0.00060	600.269738	600
0.863723398	50	0.007999904	0.81989004	0.009757289	0.546404035	0.00031262	0.00031	312.622186	312
0.863723398	60	0.003999952	0.80994502	0.004938547	1.155449813	0.00014436	0.00014	144.362739	144
0.863723398	70	0.002399971	0.80596701	0.002977754	2.803675755	9.6299E-05	0.00010	96.2988413	96
0.863723398	80	0.002399971	0.80596701	0.002977754	6.20620579	0.00014327	0.00014	143.274946	144
0.863723398	90	0.00079999	0.801989	0.000997508	70.72554988	7.7764E-05	0.00010	77.7635024	96

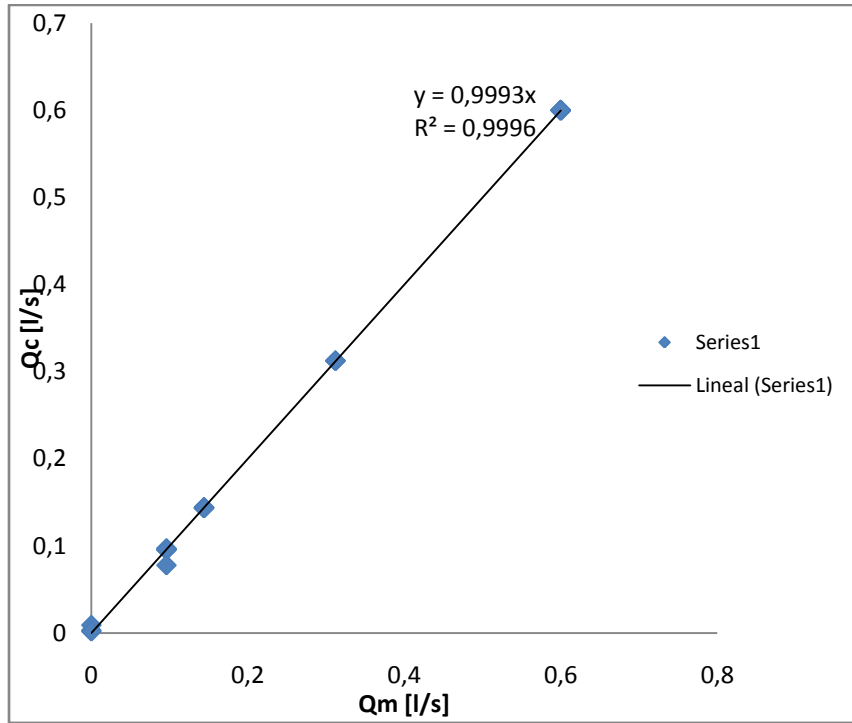


Figura E - 15 Relacion caudal medido Vs Caudal calculado Evento 7

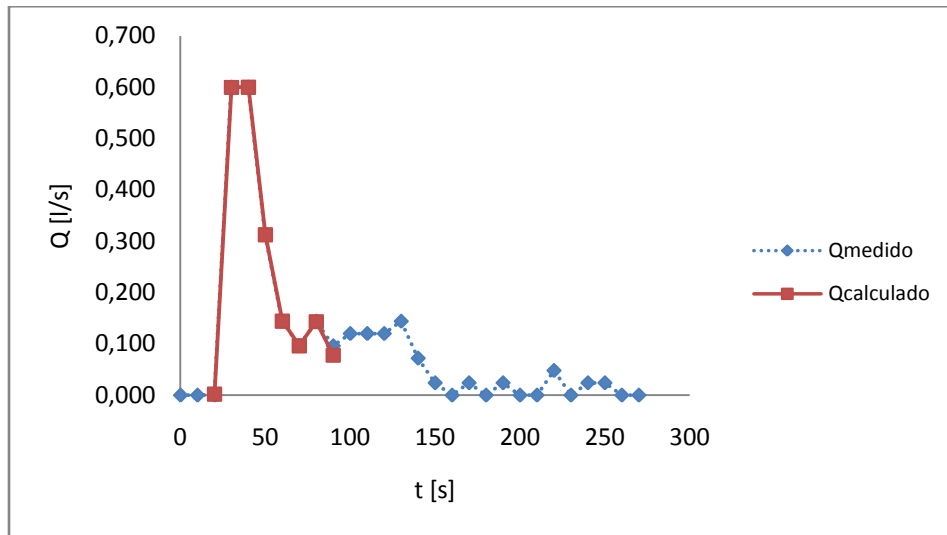


Figura E - 16 Relacion Caudal medido Vs Caudal Calculado evento 7.

CALCULO DE PASO DIRECTO

Tabla E - 22 Cálculo paso directo, evento 7 a los 20 segundos.

20 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dg	V2 (m/s)	F(y2)	dF/dg
sección 1-2	0.8637234	0.03	0.023999411	0.00000	0.00000	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	2	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	2	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	3	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	4	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	5	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	6	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	7	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	8	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03	0.05	0.0004	0.0239995	0.8595759	0.0	0	6	0	0	1
sección 2-3	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	2	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	2	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03000000			0.0239995	0.8595759	0.0	0	3	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03000000			0.0239995	0.8595759	0.0	0	4	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03000000			0.0239995	0.8595759	0.0	0	5	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03000000			0.0239995	0.8595759	0.0	0	6	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03000000			0.0239995	0.8595759	0.0	0	7	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03000000			0.0239995	0.8595759	0.0	0	8	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.63	0.03000000	0.07	0.0016	0.0239995	0.8595759	0.0	0	9	0	0	1
sección 3-4	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	2	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	2	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	3	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	4	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	5	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	6	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	7	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	8	0	0	1
	0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03			0.0239995	0.8595759	0.0	0	9	0	0	1
0.8637234	0.03	0.023999411	0	0	0	0.03	0	0	-0.58	0.03	0.14	0.0121 0.0141	0.0239995	0.8595759	0.0	0	2	0	0	1	

Tabla E - 23 Cálculo paso directo, evento 7 a los 30 segundos.

30 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m ²)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g ₂)	dF/dy	
sección 1-2	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.00060	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.021927767			0.0175419	0.8435455	0.0	0.15262	2	0.034204	-0.043300984	7.582988349	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.027639122			0.0221101	0.8548855	0.0	0.071828	2	0.027137	-0.014183235	3.44461668	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.031755629			0.025404	0.8630623	0.0	0.04579	3	0.023618	-0.002523606	2.330568423	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.032838458			0.0262702	0.8652127	0.0	0.041084	4	0.02284	-7.78568E-05	2.13434276	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.032874936			0.0262994	0.8652851	0.0	0.040936	5	0.022814	1.24712E-06	2.110654243	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.032874345			0.026299	0.8652839	0.0	0.040939	6	0.022815	-3.25916E-08	2.092446103	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.032874361			0.026299	0.865284	0.0	0.040939	7	0.022815	1.14343E-09	2.07419698	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.03287436			0.026299	0.865284	0.0	0.040939	8	0.022815	-5.05551E-11	2.055855609	
	0.8637234	0.02	0.01599607	0.6	0.0006	0.0375009	0.020072	0.0032999	-0.0033237	-0.58	0.03287436	0.045	0.00015		0.026299	0.865284	0.0	0.040939	6	0.022815	2.70498E-12	2.092443939
															0.8							
sección 2-3	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.033554238			0.0268429	0.8666341	0.0	0.038318	2	0.022352	-0.011730774	2.160438776	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.038984049			0.0311866	0.877417	0.0	0.023628	2	0.019239	-0.001680277	1.612830632	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04002587			0.0320201	0.8794859	0.0	0.021708	3	0.018738	-3.44875E-05	1.537479868	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04004830			0.032038	0.8795304	0.0	0.021669	4	0.018728	2.20949E-07	1.525848896	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04004815			0.0320379	0.8795301	0.0	0.021669	5	0.018728	-3.01686E-09	1.515509471	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04004816			0.0320379	0.8795301	0.0	0.021669	6	0.018728	6.20642E-11	1.505161788	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04004816			0.0320379	0.8795301	0.0	0.021669	7	0.018728	-1.71227E-12	1.494814217	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04004816			0.0320379	0.8795301	0.0	0.021669	8	0.018728	5.94196E-14	1.484466644	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04004816			0.0320379	0.8795301	0.0	0.021669	9	0.018728	-2.5031E-15	1.474119071	
	0.8637234	0.03287436	0.026298843	0.6	0.0006	0.0228147	0.032901	0.0010774	-0.0010792	-0.63	0.04004816	0.06	0.000398		0.0320379	0.8795301	0.0	0.021669	8	0.018728	1.33682E-16	1.484466644
sección 3-4	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.040451519			0.0323606	0.8803312	0.0	0.020983	2	0.018541	-0.005883447	1.482130863	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044421106			0.0355362	0.8882142	0.0	0.015542	2	0.016884	-0.000339073	1.324036452	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677196			0.035741	0.8887228	0.0	0.015259	3	0.016787	-9.81702E-07	1.309593947	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677946			0.0357416	0.8887243	0.0	0.015258	4	0.016787	5.03357E-09	1.30293343	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677942			0.0357416	0.8887243	0.0	0.015258	5	0.016787	-5.16291E-11	1.296295155	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677942			0.0357416	0.8887243	0.0	0.015258	6	0.016787	7.96653E-13	1.289656767	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677942			0.0357416	0.8887243	0.0	0.015258	7	0.016787	-1.64469E-14	1.28301838	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677942			0.0357416	0.8887243	0.0	0.015258	8	0.016787	4.28531E-16	1.276379993	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677942			0.0357416	0.8887243	0.0	0.015258	9	0.016787	-1.55583E-17	1.269741606	
	0.8637234	0.040048155	0.032037738	0.6	0.0006	0.0187279	0.040066	0.0006948	-0.0006955	-0.58	0.044677942	0.13	0.00728		0.0357416	0.8887243	0.0	0.015258	2	0.016787	5.25838E-18	1.316210315
													0.007825									

Tabla E - 24 Cálculo paso directo, evento 7 a los 40 segundos.

40 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.00060	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.01990888			0.0169268	0.8395363	0.0	0.209256	2	0.037672	-0.05659997	10.96049531
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.024987117			0.0199893	0.849621	0.0	0.0997	2	0.030016	-0.018836939	4.762695722
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.028942218			0.0231533	0.8574753	0.0	0.061845	3	0.025914	-0.003915626	2.979622008
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.030256353			0.0242046	0.860085	0.0	0.053553	4	0.024789	-0.00019965	2.612625168
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.03033277			0.0242657	0.8602367	0.0	0.053117	5	0.024726	-3.02179E-06	2.571363851
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.030331595			0.0242648	0.8602344	0.0	0.053123	6	0.024727	-8.46897E-08	2.547747785
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.030331628			0.0242648	0.8602345	0.0	0.053123	7	0.024727	-3.18495E-09	2.523862113
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.030331627			0.0242648	0.8602345	0.0	0.053123	8	0.024727	-15.01048E-10	2.499984054
	0.8637234	0.01	0.007999804	0.6	0.0006	0.0750018	0.010287	0.0161047	-0.0170843	-0.58	0.030331627	0.03	1.1E-07	0.0242648	0.8602345	0.0	0.053123	6	0.024727	8.67469E-12	2.547740709
sección 2-3	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.031145934			0.0249163	0.8618516	0.0	0.048755	2	0.024081	-0.014951453	2.594258466
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03690922			0.0295268	0.8732966	0.0	0.028176	2	0.020321	-0.002714299	1.7733311
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03843984			0.0307513	0.8763363	0.0	0.024721	3	0.019511	-9.70444E-05	1.638729609
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03849906			0.0307986	0.8764539	0.0	0.024599	4	0.019481	5.84884E-07	1.622757048
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03849870			0.0307983	0.8764531	0.0	0.0246	5	0.019482	-8.55729E-09	1.610993709
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03849871			0.0307984	0.8764531	0.0	0.0246	6	0.019482	1.88666E-10	1.599205012
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03849871			0.0307984	0.8764531	0.0	0.0246	7	0.019482	-5.58099E-12	1.587416686
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03849871			0.0307984	0.8764531	0.0	0.0246	8	0.019482	2.07758E-13	1.575628351
	0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03849871	0.03	7.22E-05	0.0307984	0.8764531	0.0	0.0246	9	0.019482	-9.33948E-15	1.563840017
0.8637234	0.030331627	0.024264706	0.6	0.0006	0.0247273	0.030363	0.0012899	-0.0012926	-0.63	0.03849871	0.03	7.22E-05	0.0307984	0.8764531	0.0	0.0246	8	0.019482	4.89463E-16	1.575628351	
sección 3-4	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.038938945			0.0311505	0.8773274	0.0	0.023716	2	0.019261	-0.006857855	1.566899755
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043188007			0.0345497	0.8857655	0.0	0.017008	2	0.017366	-0.000466987	1.365139718
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043530087			0.0348234	0.8864448	0.0	0.016584	3	0.01723	-2.03736E-06	1.345885111
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043531601			0.0348246	0.8864478	0.0	0.016582	4	0.017229	1.10547E-08	1.338600826
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043531593			0.0348246	0.8864478	0.0	0.016582	5	0.017229	-1.20251E-10	1.331368077
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043531593			0.0348246	0.8864478	0.0	0.016582	6	0.017229	1.96848E-12	1.324135049
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043531593			0.0348246	0.8864478	0.0	0.016582	7	0.017229	-4.31572E-14	1.316902024
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043531593			0.0348246	0.8864478	0.0	0.016582	8	0.017229	1.1962E-15	1.309668999
	0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043531593	0.12	0.005847 0.00592	0.0348246	0.8864478	0.0	0.016582	9	0.017229	-3.89229E-17	1.302435974
0.8637234	0.038498706	0.030798209	0.6	0.0006	0.0194817	0.038518	0.0007583	-0.000759	-0.58	0.043531593	0.12	0.005847 0.00592	0.0348246	0.8864478	0.0	0.016582	2	0.017229	-1.1673E-17	1.353067148	

Tabla E - 25 Cálculo paso directo, evento 7 a los 50 segundos.

50 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m ²)	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dg/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta*2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g ²)	dF/dy
sección 1-2	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.00031	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.019295485			0.0154361	0.8383182	0.0	0.062683	2	0.020212	-0.01043291	4.080357568
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.021852346			0.0174815	0.8433958	0.0	0.041735	2	0.017847	-0.001805889	2.806432234
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.022495815			0.0179963	0.8446736	0.0	0.037964	3	0.017337	-6.95628E-05	2.57786476
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.0225228			0.0180179	0.8447272	0.0	0.037815	4	0.017316	3.64314E-07	2.55245132
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.022522657			0.0180178	0.8447269	0.0	0.037816	5	0.017316	-4.37465E-09	2.535183668
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.022522659			0.0180178	0.8447269	0.0	0.037816	6	0.017316	1.02316E-10	2.517873078
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.022522659			0.0180178	0.8447269	0.0	0.037816	7	0.017316	-2.82225E-12	2.500563078
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.022522659			0.0180178	0.8447269	0.0	0.037816	8	0.017316	9.79234E-14	2.483253066
	0.8637234	0.005	0.003999902	0.312	0.000312	0.0780019	0.00531	0.0215902	-0.0246474	-0.58	0.022522659	0.01	0.00016	0.0180178	0.8447269	0.0	0.037816	6	0.017316	-4.11303E-15	2.51787309
sección 2-3	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.022952721			0.0183618	0.845581	0.0	0.035553	2	0.016992	-0.010984546	2.589861859
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.027194085			0.0217548	0.8540037	0.0	0.020472	2	0.014342	-0.001996674	1.769545478
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02832244			0.0226575	0.8562445	0.0	0.01794	3	0.01377	-7.15887E-05	1.63801224
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02836614			0.0226925	0.8563313	0.0	0.01785	4	0.013749	2.96501E-07	1.625055148
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02836596			0.0226923	0.8563309	0.0	0.017851	5	0.013749	-3.21655E-09	1.616317379
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02836596			0.0226923	0.8563309	0.0	0.017851	6	0.013749	5.2489E-11	1.607562193
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02836596			0.0226923	0.8563309	0.0	0.017851	7	0.013749	-1.14707E-12	1.598807089
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02836596			0.0226923	0.8563309	0.0	0.017851	8	0.013749	3.14868E-14	1.590052036
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02836596			0.0226923	0.8563309	0.0	0.017851	9	0.013749	-1.04964E-15	1.581296984
	0.8637234	0.022522659	0.018017685	0.312	0.000312	0.0173163	0.022538	0.0006817	-0.0006826	-0.63	0.02836596	0.025	1.13E-05	0.0226923	0.8563309	0.0	0.017851	8	0.013749	4.6702E-17	1.590052036
sección 3-4	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.028601213			0.0228805	0.8567981	0.0	0.017378	2	0.013636	-0.004922198	1.571021374
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031734332			0.025387	0.86302	0.0	0.012408	2	0.01229	-0.000349561	1.36637983
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031990163			0.0255916	0.8635281	0.0	0.01209	3	0.012191	-1.57111E-06	1.348630477
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031991328			0.0255926	0.8635304	0.0	0.012089	4	0.012191	6.35547E-09	1.343163088
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031991323			0.0255925	0.8635304	0.0	0.012089	5	0.012191	-5.15544E-11	1.337750248
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031991323			0.0255925	0.8635304	0.0	0.012089	6	0.012191	6.28497E-13	1.332337188
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031991323			0.0255925	0.8635304	0.0	0.012089	7	0.012191	-1.02493E-14	1.326924131
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031991323			0.0255925	0.8635304	0.0	0.012089	8	0.012191	2.1104E-16	1.32151073
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031991323			0.0255925	0.8635304	0.0	0.012089	9	0.012191	-7.53521E-18	1.316098015
	0.8637234	0.028365963	0.022692213	0.312	0.000312	0.0137492	0.028376	0.0004053	-0.0004056	-0.58	0.031991323	0.08	0.002305 0.002473	0.0255925	0.8635304	0.0	0.012089	2	0.012191	2.87314E-18	1.35398942

Tabla E - 26 Cálculo paso directo, evento 7 a los 60 segundos.

60 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.00014	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.040156499			0.0321246	0.8797453	0.0	0.001237	2	0.004483	0.026183919	1.028648018
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.014701806			0.0117612	0.8291958	0.0	0.032572	2	0.012244	-0.008351188	3.110281341
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.017386833			0.0139092	0.8345279	0.0	0.018781	3	0.010353	-0.001669016	2.017475034
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.018214113			0.014571	0.8361707	0.0	0.016128	4	0.009883	-7.26853E-05	1.825569551
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.018253928			0.0146029	0.8362498	0.0	0.016013	5	0.009861	4.40946E-07	1.81043059
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.018253684			0.0146027	0.8362493	0.0	0.016013	6	0.009861	-5.4371E-09	1.803073017
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.018253687			0.0146027	0.8362493	0.0	0.016013	7	0.009861	8.95734E-11	1.795668157
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.018253687			0.0146027	0.8362493	0.0	0.016013	8	0.009861	-1.85112E-12	1.788263881
	0.8637234	0.002	0.001599961	0.144	0.000144	0.0900022	0.002413	0.0386273	-0.0657871	-0.58	0.018253687	0.005	0.00018	0.0146027	0.8362493	0.0	0.016013	6	0.009861	4.6076E-14	1.803072452
sección 2-3	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.018401147			0.0147206	0.8365422	0.0	0.015597	2	0.009782	-0.004839321	1.873909199
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.020983759			0.0167867	0.8416709	0.0	0.01015	2	0.008578	-0.000541946	1.497395599
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.02134568			0.0170762	0.8423896	0.0	0.009598	3	0.008433	-6.43738E-06	1.457448315
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.02135009			0.0170797	0.8423984	0.0	0.009592	4	0.008431	2.04899E-08	1.452259631
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.02135009			0.0170797	0.8423983	0.0	0.009592	5	0.008431	-1.35768E-10	1.447478736
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.02135009			0.0170797	0.8423983	0.0	0.009592	6	0.008431	1.35111E-12	1.442696546
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.02135009			0.0170797	0.8423983	0.0	0.009592	7	0.008431	-1.79703E-14	1.437914364
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.02135009			0.0170797	0.8423983	0.0	0.009592	8	0.008431	2.9638E-16	1.433132182
	0.8637234	0.018253687	0.014602591	0.144	0.000144	0.0098613	0.018259	0.0002339	-0.0002341	-0.63	0.02135009	0.015	4.03E-05	0.0170797	0.8423983	0.0	0.009592	8	0.008431	-5.46167E-18	1.428349999
sección 3-4	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.021445184			0.0171558	0.8425872	0.0	0.009453	2	0.008394	-0.002693969	1.417122499
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023346197			0.0186766	0.8463623	0.0	0.007165	2	0.00771	-0.000123905	1.289877253
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023446908			0.0187572	0.8465623	0.0	0.007065	3	0.007677	-2.63601E-07	1.281355288
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023447114			0.0187573	0.8465628	0.0	0.007065	4	0.007677	6.70968E-10	1.278117718
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023447113			0.0187573	0.8465628	0.0	0.007065	5	0.007677	-3.40902E-12	1.274890774
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023447113			0.0187573	0.8465628	0.0	0.007065	6	0.007677	2.5992E-14	1.271663803
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023447113			0.0187573	0.8465628	0.0	0.007065	7	0.007677	-2.61286E-16	1.268436833
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023447113			0.0187573	0.8465628	0.0	0.007065	8	0.007677	5.86147E-18	1.265209862
	0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023447113	0.063	0.001564 0.00178	0.0187573	0.8465628	0.0	0.007065	9	0.007677	-1.07743E-18	1.261982891
0.8637234	0.021350087	0.017079651	0.144	0.000144	0.0084311	0.021354	0.0001639	-0.000164	-0.58	0.023447113	0.063	0.001564 0.00178	0.0187573	0.8465628	0.0	0.007065	2	0.007677	-1.07743E-18	1.284571686	

Tabla E - 27 Cálculo paso directo, evento 7 a los 70 segundos.

70 segundos																					
	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	V1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dy	V2 (m/s)	F(g2)	dF/dy
sección 1-2	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	0.00010	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.218479317			0.01747805	1.2338711	0.1	3.05E-06	2	0.000549	0.200416127	1.000011435
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	0.00010	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.018066801			0.0144526	0.8358768	0.0	0.007362	2	0.006842	-0.002129578	1.386869454
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	9.6E-05	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.019601609			0.015681	0.8389261	0.0	0.005637	3	0.006122	-9.39998E-05	1.263987013
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	9.6E-05	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.019675626			0.0157402	0.8390731	0.0	0.005567	4	0.006099	3.22323E-08	1.26308128
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	9.6E-05	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.0196756			0.0157402	0.839073	0.0	0.005568	5	0.006099	-1.3175E-10	1.260517101
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	9.6E-05	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.0196756			0.0157402	0.839073	0.0	0.005568	6	0.006099	8.07712E-13	1.257951446
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	9.6E-05	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.0196756			0.0157402	0.839073	0.0	0.005568	7	0.006099	-6.6093E-15	1.255385796
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	9.6E-05	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.0196756			0.0157402	0.839073	0.0	0.005568	8	0.006099	6.59195E-17	1.252820146
	0.8637234	0.0012	0.000959376	0.096	9.6E-05	0.1000025	0.00171	0.0563904	-0.3746205	-0.58	0.0196756	0.003	0.00028	0.0157402	0.839073	0.0	0.005568	6	0.006099	0	1.257951446
sección 2-3	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.019730845			0.0157844	0.8391828	0.0	0.005517	2	0.006082	-0.001710134	1.287868806
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.021058724			0.0168466	0.8418197	0.0	0.004459	2	0.005698	-4.32168E-05	1.217710331
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.02109917			0.016879	0.8419	0.0	0.004431	3	0.005688	-3.49922E-08	1.213717497
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.02109917			0.016879	0.8419001	0.0	0.004431	4	0.005688	6.4484E-11	1.211505836
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.02109917			0.016879	0.8419001	0.0	0.004431	5	0.005688	-2.36732E-13	1.209295431
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.02109917			0.016879	0.8419001	0.0	0.004431	6	0.005688	1.30294E-15	1.207085025
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.02109917			0.016879	0.8419001	0.0	0.004431	7	0.005688	-1.1977E-17	1.204874618
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.02109917			0.016879	0.8419001	0.0	0.004431	8	0.005688	1.90074E-18	1.2022664211
	0.8637234	0.0196756	0.015740094	0.096	9.6E-05	0.0060991	0.019677	8.767E-05	-8.769E-05	-0.63	0.02109917	0.01	0.000123	0.016879	0.8419001	0.0	0.004431	8	0.005688	1.90074E-18	1.2022664211
sección 3-4	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.021142575			0.0169137	0.8419863	0.0	0.004401	2	0.005676	-0.001254639	1.197033514
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022190699			0.0177522	0.8440677	0.0	0.003758	2	0.005408	-2.01413E-05	1.160129952
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.02220806			0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	3	0.005404	-4.28812E-09	1.15787715
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022208064			0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	4	0.005404	6.43672E-12	1.156159972
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022208064			0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	5	0.005404	-1.924E-14	1.154442907
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022208064			0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	6	0.005404	8.47744E-17	1.152725842
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022208064			0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	7	0.005404	1.50772E-18	1.151008777
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022208064			0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	8	0.005404	1.50772E-18	1.149239172
	0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022208064			0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	9	0.005404	1.50772E-18	1.147574647
0.8637234	0.021099171	0.016878922	0.096	9.6E-05	0.0056876	0.021101	7.482E-05	-7.484E-05	-0.58	0.022208064	0.035	0.000164	0.0177661	0.8441022	0.0	0.003748	2	0.005404	1.50772E-18	1.159594102	

Tabla E - 28 Cálculo paso directo, evento 7 a los 80 segundos.

80 segundos

	n	Y1 (m)	A1 (m2)	Q (L/s)	Q (m3/s)	Y1 (m/s)	H1 (m)	Sf1 (m/m)	dy/dx	X2 (m)	Y2 (m)	Y2obs (m)	delta^2	A2 (m)	P2 (m)	Rh2 (m)	Sf2 (m/m)	dP/dg	Y2 (m/s)	F(g2)	dF/dg
sección 1-2	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.00014	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	2.045941795			1.6367209	4.8629598	0.3	2.47E-08	2	8.8E-05	2.021825402	1.000000007
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.024116407			0.0192927	0.8478919	0.0	0.006446	2	0.007464	-0.001866442	1.252262872
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.025606863			0.0204851	0.8508817	0.0	0.005303	3	0.00703	-4.47519E-05	1.19275196
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.025644383			0.0205151	0.8509262	0.0	0.005277	4	0.007019	6.86486E-08	1.189146914
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.025644325			0.0205151	0.8509261	0.0	0.005277	5	0.007019	-2.78661E-10	1.186750652
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.025644325			0.0205151	0.8509261	0.0	0.005277	6	0.007019	1.69633E-12	1.18435255
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.025644325			0.0205151	0.8509261	0.0	0.005277	7	0.007019	-1.37806E-14	1.181954455
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.025644325			0.0205151	0.8509261	0.0	0.005277	8	0.007019	1.38778E-16	1.179556361
	0.8637234	0.0015	0.001199971	0.144	0.000144	0.1200029	0.002234	0.0754566	-3.5248996	-0.58	0.025644325	0.003	0.00051		0.0205151	0.8509261	0.0	0.005277	6	0.007019	0
sección 2-3	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.025712586			0.0205697	0.8510617	0.0	0.005232	2	0.007001	-0.001613947	1.208298939
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.027048304			0.0216382	0.8537142	0.0	0.004438	2	0.006855	-2.82581E-05	1.167737234
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.02707250			0.0216576	0.8537623	0.0	0.004425	3	0.006649	-7.0871E-09	1.164920473
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.02707251			0.0216576	0.8537623	0.0	0.004425	4	0.006649	1.34087E-11	1.162743592
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.02707251			0.0216576	0.8537623	0.0	0.004425	5	0.006649	-5.05196E-14	1.16056687
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.02707251			0.0216576	0.8537623	0.0	0.004425	6	0.006649	2.86961E-16	1.158390147
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.02707251			0.0216576	0.8537623	0.0	0.004425	7	0.006649	-1.00289E-18	1.156213425
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.02707251			0.0216576	0.8537623	0.0	0.004425	8	0.006649	-1.00289E-18	1.154036702
	0.8637234	0.025644325	0.020514957	0.144	0.000144	0.0070193	0.025647	0.0001083	-0.0001084	-0.63	0.02707251	0.008	0.000364		0.0216576	0.8537623	0.0	0.004425	8	0.006649	-1.00289E-18
sección 3-4	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.027128134			0.0217021	0.8538728	0.0	0.004395	2	0.006635	-0.001246846	1.152478308
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028210017			0.0225676	0.8560212	0.0	0.003871	2	0.006381	-1.3107E-05	1.129009601
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028221626			0.0225769	0.8560443	0.0	0.003866	3	0.006378	-1.0596E-09	1.127036779
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028221627			0.0225769	0.8560443	0.0	0.003866	4	0.006378	1.66246E-12	1.125290542
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028221627			0.0225769	0.8560443	0.0	0.003866	5	0.006378	-5.19409E-15	1.123544324
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028221627			0.0225769	0.8560443	0.0	0.003866	6	0.006378	2.39575E-17	1.121798106
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028221627			0.0225769	0.8560443	0.0	0.003866	7	0.006378	-3.28649E-19	1.120051888
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028221627			0.0225769	0.8560443	0.0	0.003866	8	0.006378	-3.28649E-19	1.11830567
	0.8637234	0.02707251	0.021657476	0.144	0.000144	0.006649	0.027075	9.589E-05	-9.59E-05	-0.58	0.028221627	0.023	2.73E-05	0.000904	0.0225769	0.8560443	0.0	0.003866	2	0.006378	-3.28649E-19

PERFILES

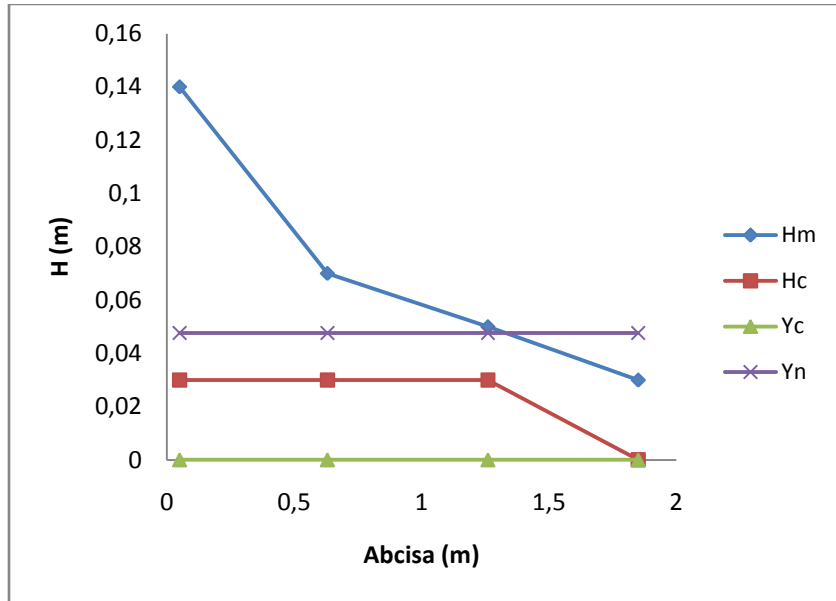


Figura E - 17 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 20 Segundos.

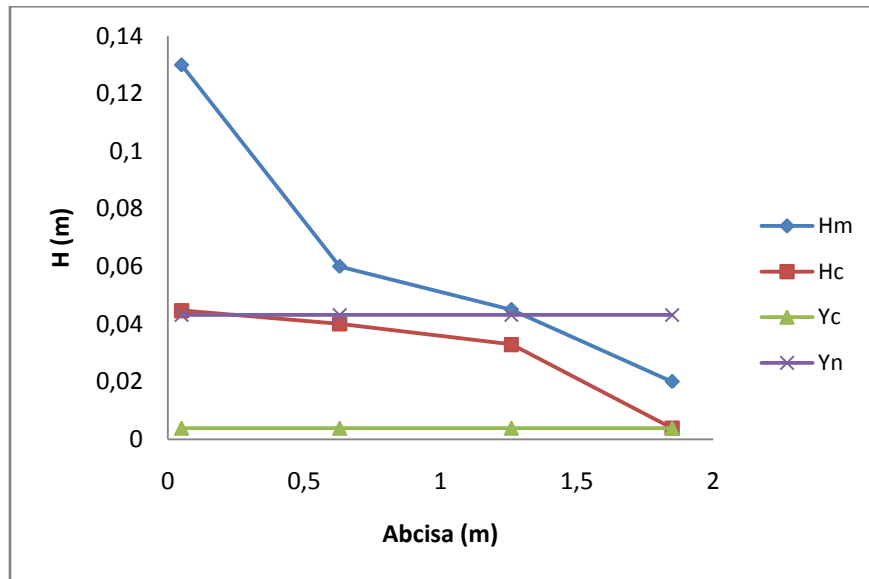


Figura E - 18 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 30 Segundos.

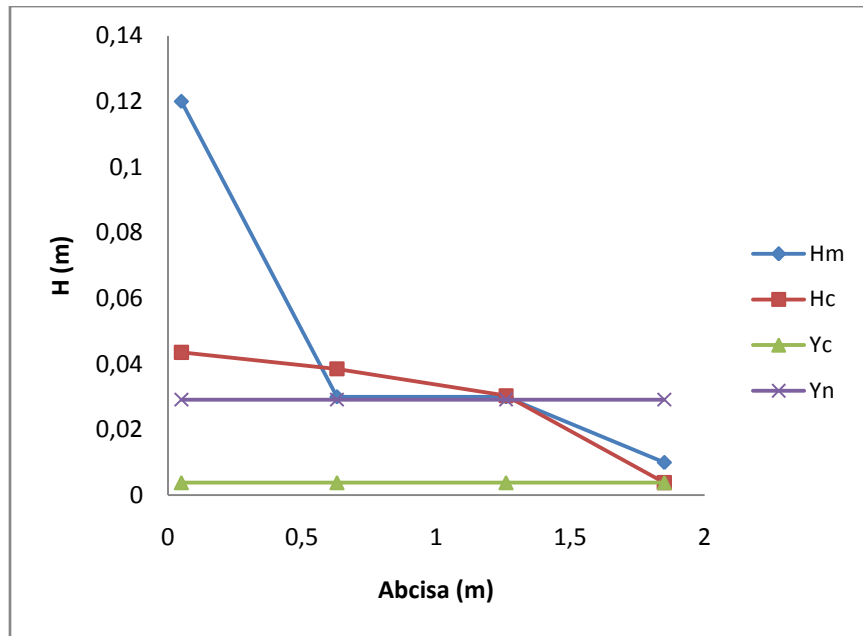


Figura E - 19 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 40 Segundos.

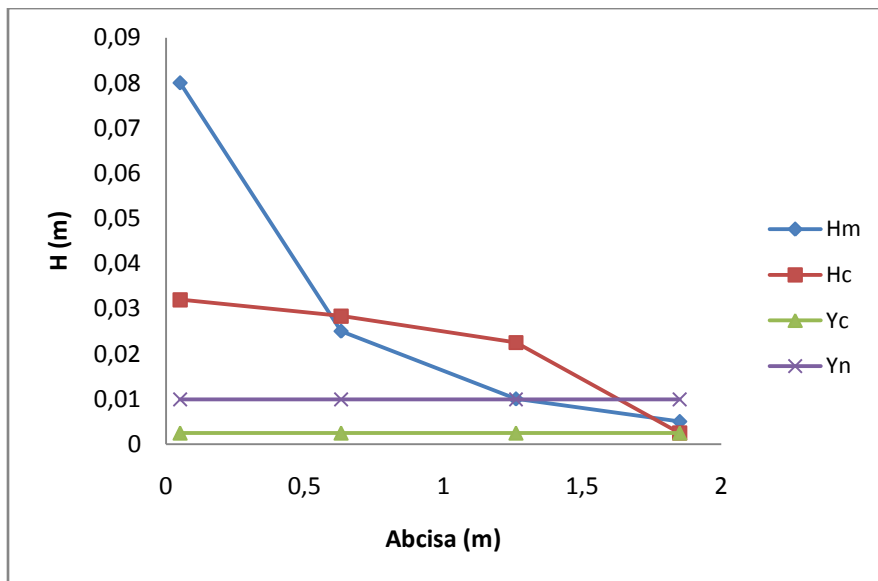


Figura E - 20 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 50 Segundos.

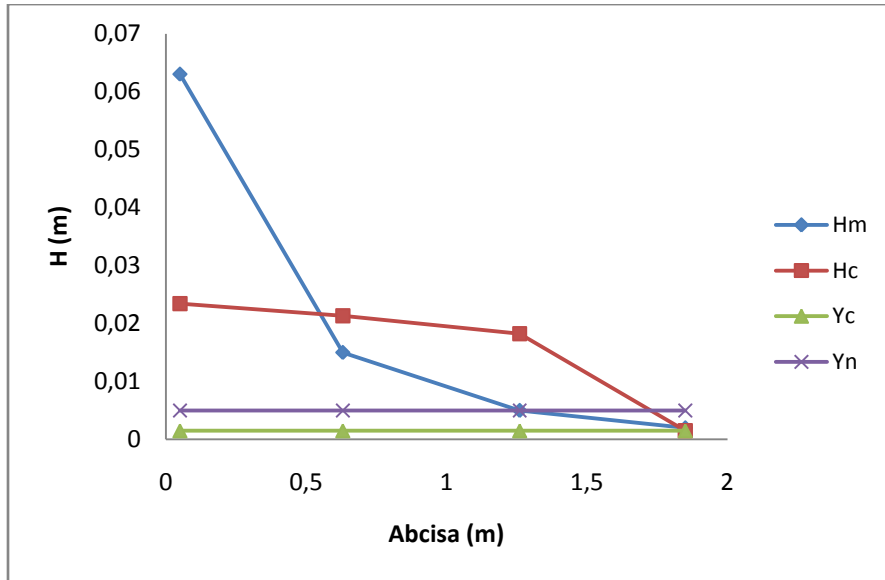


Figura E - 21 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 60 Segundos.

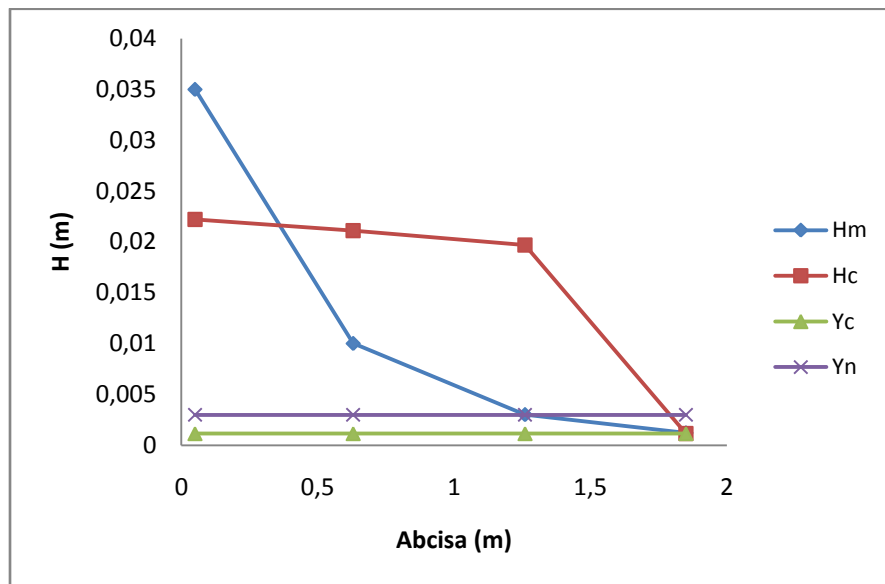


Figura E - 22 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 70 Segundos.

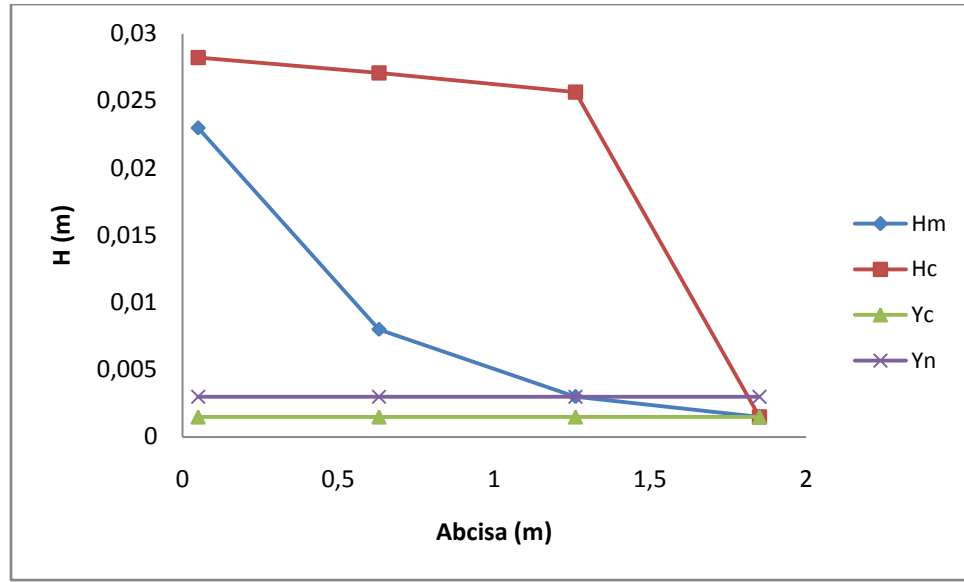


Figura E - 23 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 70 Segundos.

CALCULO DE SÍNTESIS DEL MODELO RETENCIÓN

Tabla E - 29 Datos de entrada Iniciales para 100 metros

C	1
Lvia (m)	100
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.00036
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003077512
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	10.28969865
Tc (min)	13.17973961
T (hr)	0.219662327
I(mm/hr)	75.47080852
Qp (m3/s)	0.007553119

Tabla E - 30 Hidrograma de entrada real para evento 7, 100 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.00755312	7.55311852
2	0.00755312	15.10623703
3	0.00755312	22.65935555
4	0.00755312	30.21247407
5	0.00755312	37.76559259
6	0.00755312	45.31871110
7	0.00755312	52.87182962
8	0.00755312	60.42494814
9	0.00755312	
10	0.00755312	
11	0.00755312	
12	0.00755312	
13	0.00755312	
14	0.00755312	
15	0.00755312	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	

Tabla E - 31 Cálculo hidrograma de salida de diseño, 100 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	Y (L)	Q0	Q1	sQ1	Q2	sQ2	Q3	sQ3	Q4	sQ4	Q5	sQ5	Q6	sQ6	Q7	sQ7	Q8	sQ8
0			0.00000000																
1	0.00755312	7.55311852	0.000000																
2	0.00755312	15.10623703	0.000000																
3	0.00755312	22.65935555	0.000600																
4	0.00755312	30.21247407	0.000600																
5	0.00755312	37.76559259	0.000310																
6	0.00755312	45.31871110	0.000140	0.000000															
7	0.00755312	52.87182962	0.000100	0.000000															
8	0.00755312	60.42494814	0.000140	0.000000															
9	0.00755312		0.000100	0.000600															
10	0.00755312		0.000120	0.000600															
11	0.00755312		0.000120	0.000310															
12	0.00755312		0.000120	0.000140															
13	0.00755312		0.000140	0.000100															
14	0.00755312		0.000070	0.000140															
15	0.00755312		0.000020	0.000100															
16	0.00000000		0.000000	0.000120															
17	0.00000000		0.000020	0.000120															
18	0.00000000		0.000000	0.000120															
19	0.00000000		0.000020	0.000140															
20	0.00000000		0.000000	0.000070															
21	0.00000000		0.000000	0.000020															
22	0.00000000		0.000005	0.000000															
23	0.00000000		0.000000	0.000002															
24	0.00000000		0.000002	0.000000															
25	0.00000000		0.000002	0.000002															
26	0.00000000		0.000000	0.000000															
27	0.00000000		0.000000	0.000005															
28	0.00000000		0.000000	0.000005															
29	0.00000000		0.000000	0.000002															
30	0.00000000		0.000000	0.000002															
31	0.00000000		0.000000	0.000002															
32	0.00000000		0.000000	0.000000															
33	0.00000000		0.000000	0.000000															
34	0.00000000		0.000000	0.000005															
35	0.00000000		0.000000	0.000000															
36			0.000002	2.4E-05															
37			0.000002	2.4E-05															
38			0.000000	0.000000															
39			0.000000	0.000000															
40			0.000000	0.000005															
41			0.000000	0.000000															
42			0.000000	0.000002															
43			0.000000	0.000002															

Para observar con mayor detalle el cálculo de cada hidrograma de salida, se recomienda ver el anexo en medio magnetico

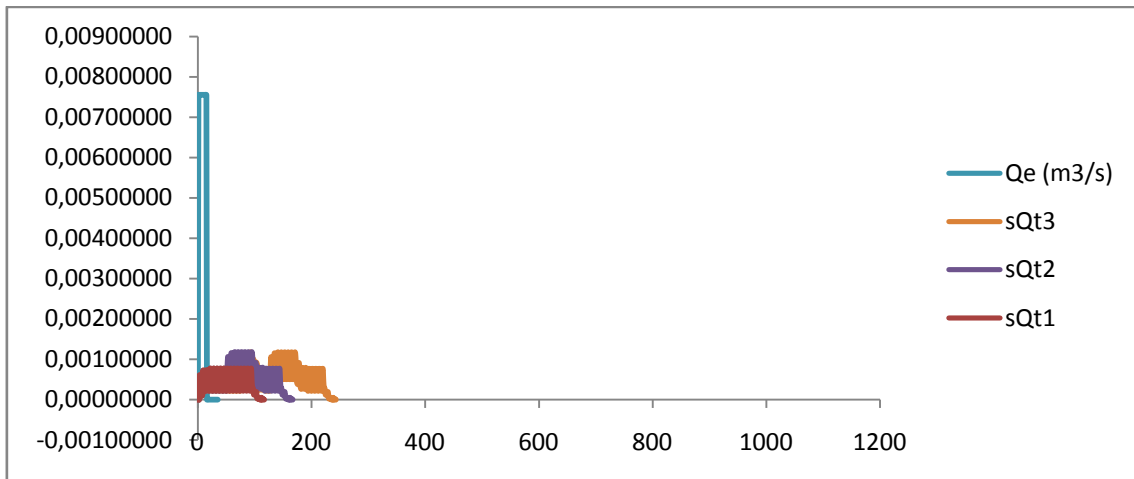


Figura E - 24 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 100 metros.

Tabla E - 32 Datos de entrada Iniciales para 130 metros

C	1
Lvia (m)	130
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km ²)	0.000468
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003077512
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	10.28969865
Tc (min)	13.17973961
T (hr)	0.219662327
I(mm/hr)	75.47080852
Qp (m ³ /s)	0.009819054

Tabla E - 33 Hidrograma de entrada real para evento 7, 130 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.00981905	9.81905407
2	0.00981905	19.63810814
3	0.00981905	29.45716222
4	0.00981905	39.27621629
5	0.00981905	49.09527036
6	0.00981905	58.91432443
7	0.00981905	
8	0.00981905	
9	0.00981905	
10	0.00981905	
11	0.00981905	
12	0.00981905	
13	0.00981905	
14	0.00981905	
15	0.00981905	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	

Calculo de hidrograma de salida ver cd

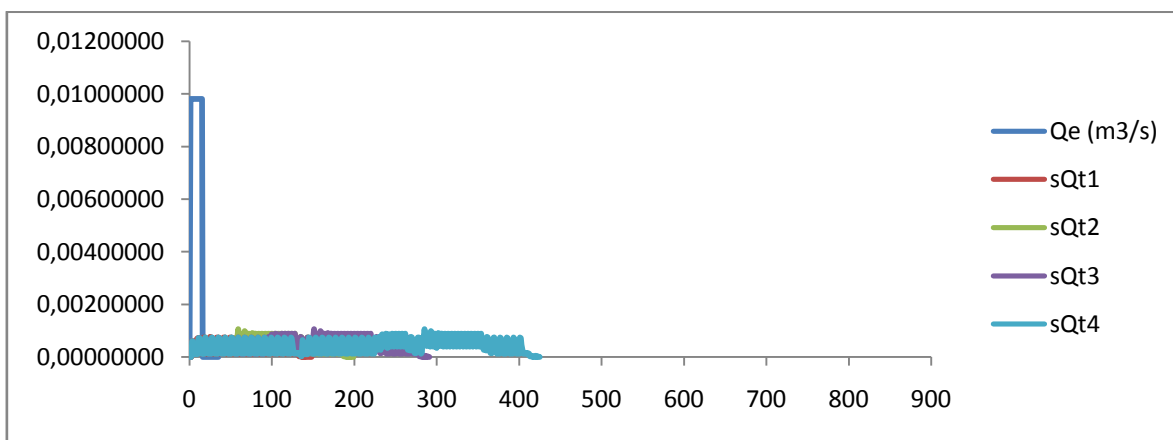


Figura E - 25 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 130 metros.

Tabla E - 34 Datos de entrada Iniciales para 160 metros

C	1
Lvia (m)	160
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.000576
S(m/m)	0.00010000

Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003077512
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	10.28969865
Tc (min)	13.17973961

T (hr)	0.219662327
I(mm/hr)	75.47080852
Qp (m3/s)	0.012084990

Tabla E - 35 Hidrograma de entrada real para evento 3, 160 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0	0.00000000	0.00000000
1	0.01208499	12.08498963
2	0.01208499	24.16997925
3	0.01208499	36.25496888
4	0.01208499	48.33995851
5	0.01208499	60.42494814
6	0.01208499	
7	0.01208499	
8	0.01208499	
9	0.01208499	
10	0.01208499	
11	0.01208499	
12	0.01208499	
13	0.01208499	
14	0.01208499	
15	0.01208499	
16	0.00000000	
17	0.00000000	
18	0.00000000	
19	0.00000000	
20	0.00000000	
21	0.00000000	

Calculo de hidrograma de salida ver cd

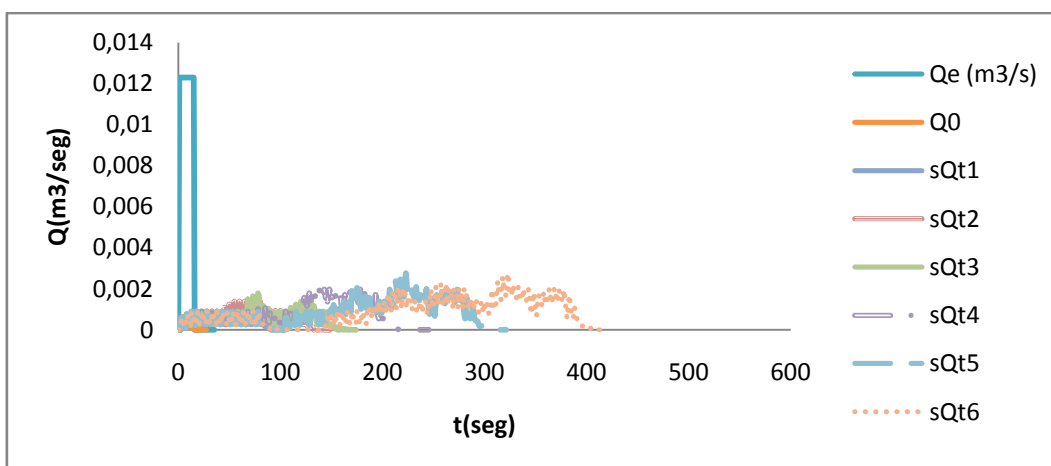


Figura E - 26 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 160 metros.

Tabla E - 36 Datos de entrada Iniciales para 190 metros

C	1
Lvia (m)	190
Ancho Via (m)	3.6
Berma (m)	1.8
Y(m)	0.9
A(km2)	0.000684
S(m/m)	0.00010000
Vs(m/s)	0.065
Vt(m/s)	0.003086437
Te(min)	0.923076923
Te (min)	2.890040957
Te(min)	3.620235043
Tt (min)	10.25994358
Tc (min)	13.14998454
T (hr)	0.219166409
I(mm/hr)	75.52643045
Qp (m3/s)	0.014361502

Tabla E - 37 Hidrograma de entrada real para evento 7, 190 metros.

t (s)	Qe (m3/s)	V (L)
0		0.00000000
1	0.01436150	14.36150180
2	0.01436150	28.72300361
3	0.01436150	43.08450541
4	0.01436150	57.44600721
5	0.01436150	
6	0.01436150	
7	0.01436150	

8	0.01436150
9	0.01436150
10	0.01436150
11	0.01436150
12	0.01436150
13	0.01436150
14	0.01436150
15	0.01436150
16	0.00000000
17	0.00000000
18	0.00000000
19	0.00000000
20	0.00000000

Calculo de hidrograma de salida ver cd

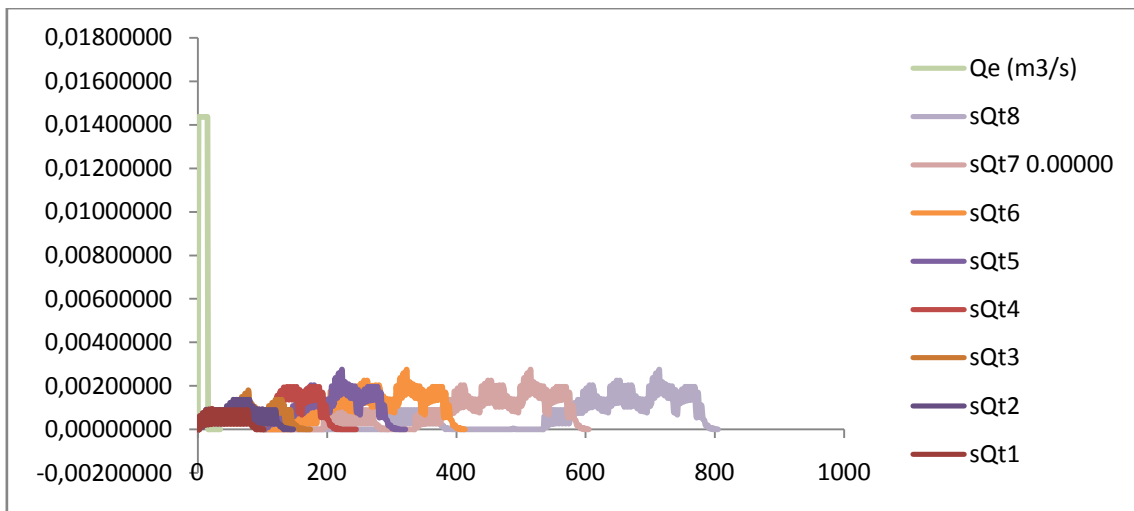


Figura E - 27 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 190 metros.

ANEXO F. RESULTADOS AMBIENTALES

Este anexo muestra todos los resultados obtenidos para la determinación de la eficiencia ambiental del modelo de trinchera de retención para diferentes materiales.

BLANCO

Tabla F-1 Resultados ambientales para el ensayo del blanco.

	SST	ST	DQO	pH	Cadmio (Cd)	Zinc (Zn)	Cobre (Cu)	Plomo (Pb)
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[Unidad]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Entrada	8	82	No detectable	7.15	No detectable	0.0967	0.0301	0.081
	6	82	No detectable	7.18	No detectable	0.1626	0.0157	0.1326
	18	78	No detectable	7.19	No detectable	0.1271	0.0248	0.1995
Salida	64	160	No detectable	6.98	No detectable	0,2608	0,0401	No detectable
	70	170	No detectable	6.99	No detectable	0,2674	0,0391	No detectable
	60	176	No detectable	7.01	No detectable	0,2697	0,0233	No detectable

MATERIAL 1

Los resultados de laboratorio obtenidos para el evento lluvioso No 2 a la entrada¹ y a la salida²:

Tabla F-2 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 2

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	21,5789	21,5854	20	325
136-1'	22,0128	22,0196	20	340
136-1''	25,5257	25,5325	20	340
136-2	24,9451	24,9826	10	3750
136-2'	21,3937	21,4299	10	3620
136-2''	24,853	24,8883	10	3530

¹ Datos de entrada: Aquellos con números: 136-1, 136-1', 136-1'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

² Datos de entrada: Aquellos con números: 136-2, 136-2', 136-2'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

Tabla F- 3 Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 2

SST				
SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(SST (%))	
340	2.778081724	2	1%	ENTRADA
3633.333333	110.795987	3	3%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-968.6274509	33.73657509	0.000372766	sí hay diferencias significativas	

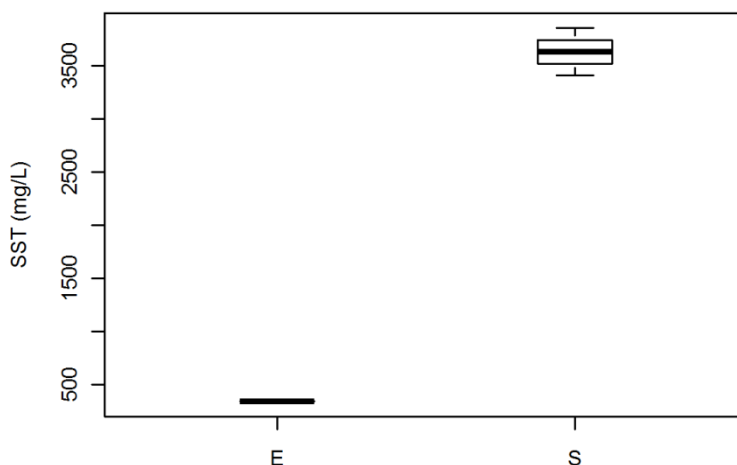


Figura F- 1 Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 1, evento 2

Tabla F- 4 Resultados de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 2

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	71,558	71,5787	50	414
136-1'	72,9683	72,9945	50	524
136-1''	78,6034	78,6278	50	488
136-2	72,322	72,5069	50	3698
136-2'	71,4717	71,6555	50	3676
136-2''	70,1496	70,355	50	4108

Tabla F- 5 Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 2

ST				
ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(ST) (%)	
475.333333 3	56.10209441	3	12%	ENTRADA
3827.333333 3	243.3241603	3	6%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
- 705.189340 8	107.9439278	0.001094217	sí hay diferencias significativas	

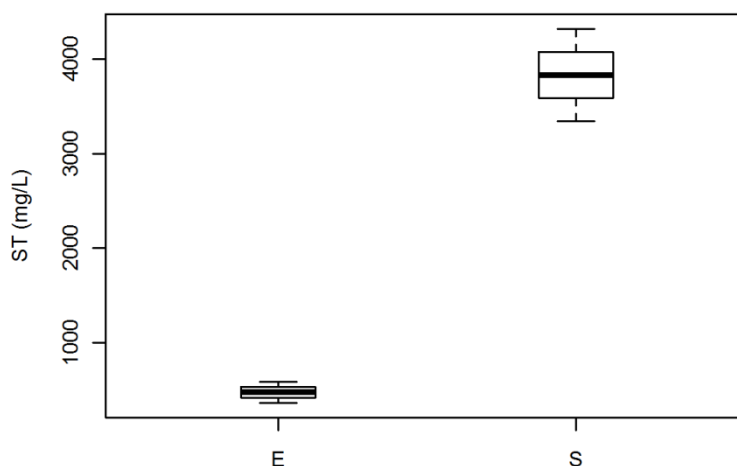


Figura F- 2 Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 1, evento 2

Tabla F- 6 Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 2

No.	Absorbancia	Concentración [mg/l]
	620 [nm]	
136-1	0,054	153,3333333
136-1'	0,054	153,3333333
136-1''	0,046	126,6666667
136-2	0,045	123,3333333
136-2'	0,038	100
136-2''	0,04	106,6666667

Tabla F-7 Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 2

DQO				
DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	Datos Escogidos	u(DQO) (%)	
153.3333333	0.133187939	2	0%	ENTRADA
110	12.01813026	3	11%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
28.26086955	7.838158744	0.024675908	sí hay diferencias significativas	

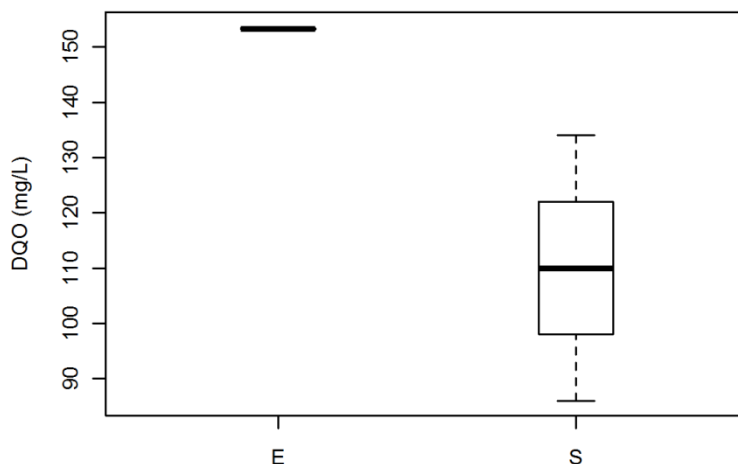


Figura F- 3 Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 1, evento 2

Tabla F- 8 Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 2

No.	pH [unidad]
136-1	8,4
136-1'	8,53
136-1''	8,59
136-2	8,16
136-2'	8,19
136-2''	8,09

Tabla F- 9 Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 2

pH				
pH (unidades)	u(pH) (unidades)	Datos Escogidos	u(pH) (%)	
8.506666667	0.097156727	3	1%	ENTRADA
8.146666667	0.051443381	3	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (Unidades)	Eficiencia	Significativo?	
0.36	0.109935668	0.010476653	sí hay diferencias significativas	

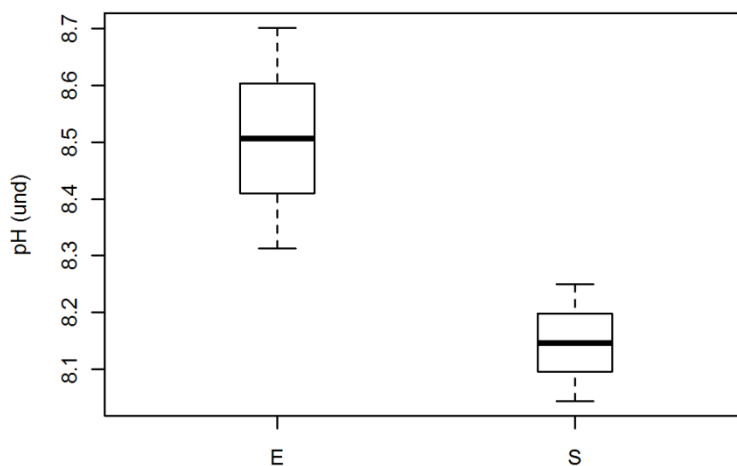


Figura F- 4 Eficiencia de pH en [unidades] del modelo material 1, evento 2

Tabla F- 10 Resultados de metales pesados [mg/l], grava 1, evento lluvioso No 2

No.	Cadmio (Cd) [mg/l]	Zinc (Zn) [mg/l]	Cobre (Cu) [mg/l]	Plomo (Pb) [mg/l]
136-1	No detectable	0,1224	0,0219	No detectable
136-1'	No detectable	0,1154	0,0298	No detectable
136-1''	No detectable	0,1195	0,0245	No detectable
136-2	No detectable	0,1417	0,0162	No detectable
136-2'	No detectable	0,1448	0,0205	No detectable
136-2''	No detectable	0,1558	0,023	No detectable

Tabla F- 11 Resultados de eficiencia de Zinc [mg/l], grava 1, evento lluvioso No 2

Zn				
Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Zn) (%)	
0.1191	0.003516844	3	3%	ENTRADA
0.118533333	0.004379466	3	4%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
0.475790652	4.707198262	0.870143875	no hay diferencias significativas	

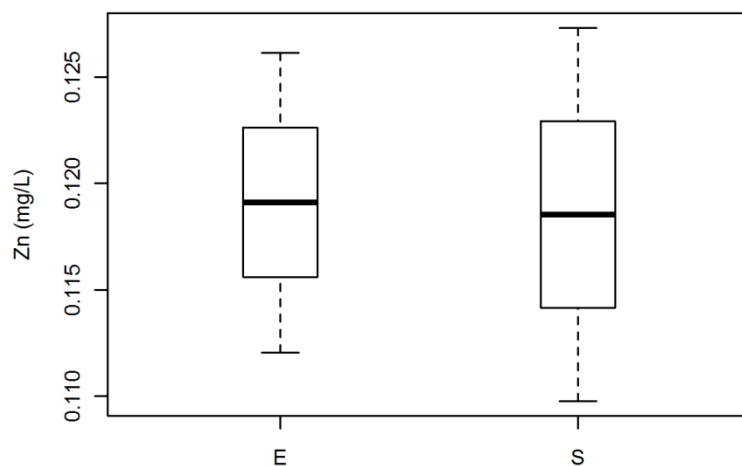


Figura F- 5 Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 1, evento 2

Tabla F- 12 Resultados de eficiencia de Cobre [mg/l], grava 1, evento lluvioso No 2

Cu				
Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cu) (%)	
0.0254	0.004026173	3	16%	ENTRADA
0.014266667	0.012382228	3	87%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
43.832021	49.55527682	0.255742945	no hay diferencias significativas	

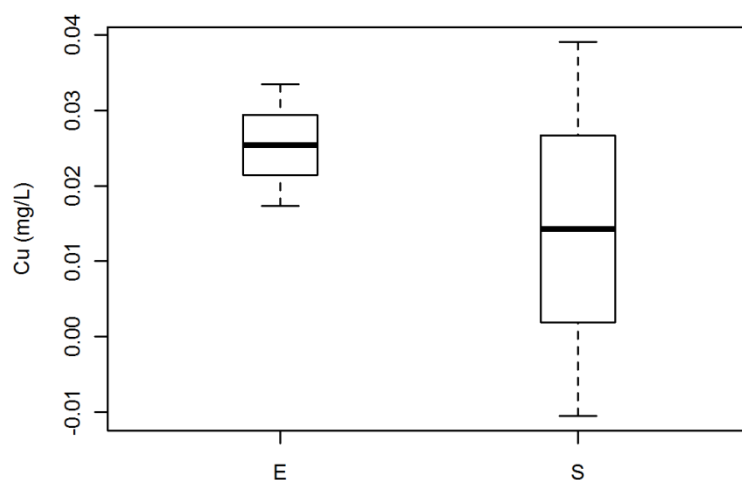


Figura F- 6 Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 1, evento 2

Los resultados de laboratorio obtenidos para el evento lluvioso No 3 a la entrada³ y a la salida⁴:

Tabla F- 13 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 3

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Concentración [mg/l]
136-1	21,5793	21,5866	20	365
136-1'	22,013	22,0205	20	375
136-1''	25,5258	25,5338	20	400
136-2	24,9453	24,9577	10	1240
136-2'	21,3939	21,4063	10	1240
136-2''	24,8532	24,8658	10	1260

Tabla F- 14 Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 3

SST				
SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(SST (%))	
380	18.16707923	3	5%	ENTRADA
1240	5.880321306	2	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-226.3157895	15.70019552	2.40E-05	sí hay diferencias significativas	

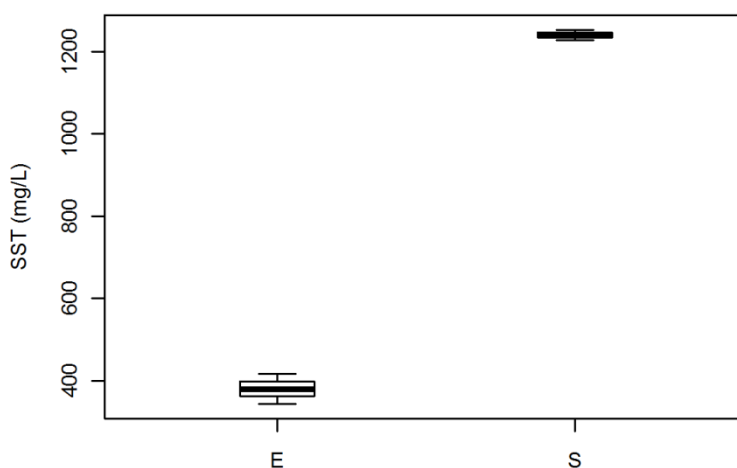


Figura F- 7 Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 1, evento 3

³ Datos de entrada: Aquellos con números: 136-1, 136-1', 136-1'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

⁴ Datos de salida: Aquellos con números: 136-2, 136-2', 136-2'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

Tabla F- 15 Resultados de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 3

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Concentración [mg/l]
136-1	71,5578	71,5805	50	454
136-1'	72,9686	72,9924	50	476
136-1''	78,6039	78,6300	50	522
136-2	72,3219	72,3875	50	1312
136-2'	71,4714	71,5402	50	1376
136-2''	70,1494	70,2191	50	1394

Tabla F- 16 Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 3

ST				
ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(ST) (%)	
484	34.72023409	3	7%	ENTRADA
1360.666667	43.11177213	3	3%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-181.1294767	22.04663101	1.55E-05	sí hay diferencias significativas	

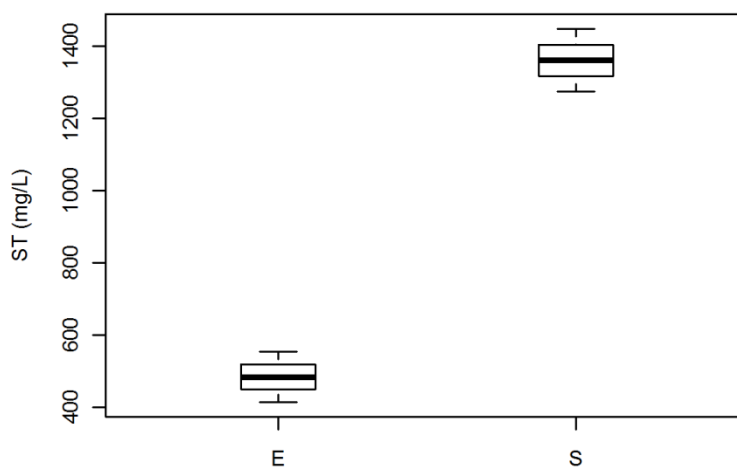


Figura F- 8 Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 1, evento 3

Tabla F- 17 Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 3

No.	Absorbancia	Concentración [mg/l]
	620 [nm]	
136-1	0,042	113,3333333
136-1'	0,049	136,6666667
136-1''	0,05	140
136-2	0,044	120
136-2'	0,04	106,6666667
136-2''	0,044	120

Tabla F- 18 Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 3

DQO				
DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	Datos Escogidos	u(DQO) (%)	
130	14.52946868	3	11%	ENTRADA
120	0.132774744	2	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
7.692307692	10.31728804	0.35548916	no hay diferencias significativas	

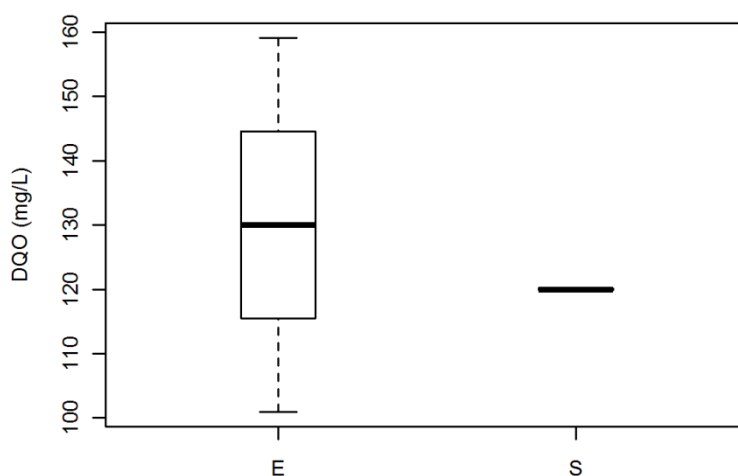


Figura F- 9 Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 1, evento 3

Tabla F- 19: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 3

No.	pH [unidad]
136-1	8,76
136-1'	8,81
136-1''	8,83
136-2	8,21
136-2'	8,17
136-2''	8,14

Tabla F- 20 Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 3

pH				
pH (Unidades)	u(pH) (Unidades)	Datos Escogidos	u(pH) (%)	
8.82	0.014165781	2	0%	ENTRADA
8.173333333	0.035171709	3	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (Unidades)	Eficiencia	Significativo?	
0.646666667	0.037917258	0.000168708	sí hay diferencias significativas	

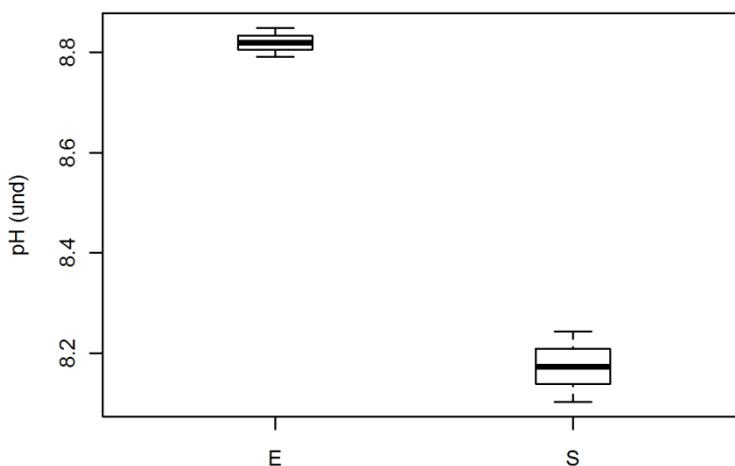


Figura F- 10 Eficiencia de pH en [Unidades] del modelo material 1, evento 3

Tabla F- 21 Resultados de metales pesados [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3

Metales Pesados				
No.	Cadmio (Cd) [mg/l]	Zinc (Zn) [mg/l]	Cobre (Cu) [mg/l]	Plomo (Pb) [mg/l]
136-1	0,0195	0,0396	0,0288	No detectable
136-1'	0,0158	0,0418	0,0163	No detectable
136-1''	0,0116	0,0481	0,02	No detectable
136-2	0,011	0,1706	0,0188	No detectable
136-2'	0,0087	0,1144	0,0203	No detectable
136-2''	0,0088	0,1207	0,0162	No detectable

Tabla F- 22 Resultados de eficiencia de Cadmio [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3

Cd				
Cd (mg/L)	u(Cd) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cd) (%)	
0.015633333	0.00395351	3	25%	ENTRADA
0.00875	7.34E-05	2	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
44.02985075	14.16207109	0.09453873	no hay diferencias significativas	

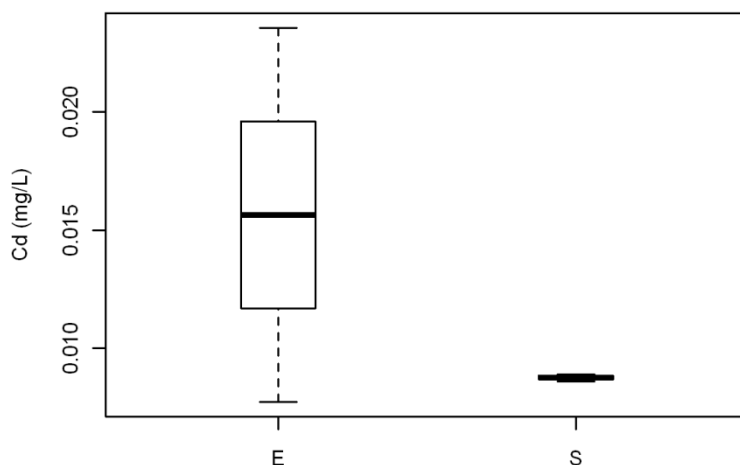


Figura F- 11 Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 1, evento 3

Tabla F- 23 Resultados de eficiencia de Zinc [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3

Zn				
Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Zn) (%)	
0.043166667	0.004411728	3	10%	ENTRADA
0.130733333	0.035160798	3	27%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-202.8571429	87.13640956	0.047785312	sí hay diferencias significativas	

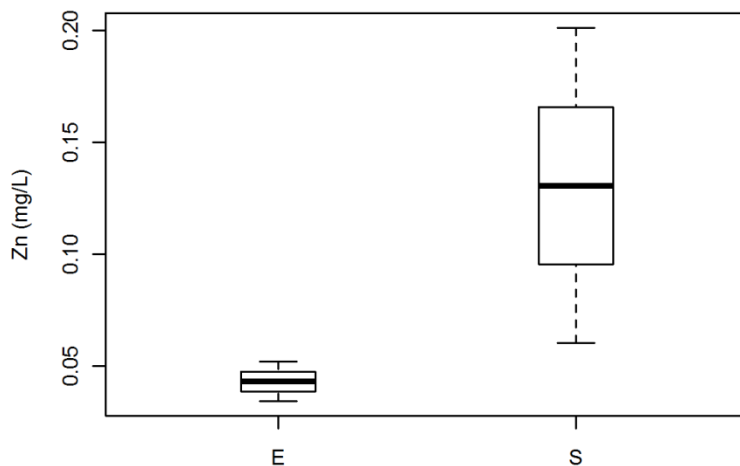


Figura F- 12 Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 1, evento 3

Tabla F- 24: Resultados de eficiencia de Cobre [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3

Cu				
Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cu) (%)	
0.0217	0.006421808	3	30%	ENTRADA
0.018433333	0.002074828	3	11%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
15.05376344	26.8955707	0.47666997	no hay diferencias significativas	

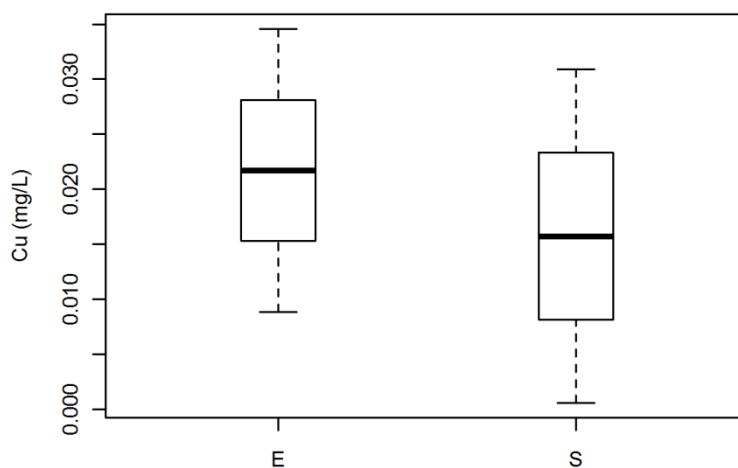


Figura F- 13 Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 1, evento 3

MATERIAL 2

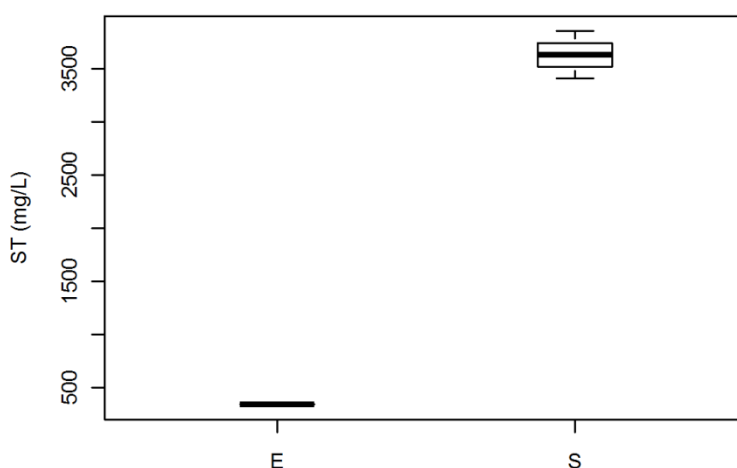
Los resultados de laboratorio obtenidos para el evento lluvioso No 4 a la entrada⁵ y a la salida⁶:

Tabla F- 25 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 4

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	21,3943	21,3969	20	130
136-1'	25,526	25,5285	20	125
136-1''	21,579	21,5821	20	155
136-2	24,9452	24,9846	10	3940
136-2'	24,8531	24,8923	10	3920
136-2''	22,013	22,0535	10	4050

Tabla F- 26 Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 4

SST				
SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(SST) (%)	
127.5	4.133869582	2	3%	ENTRADA
3930	14.65489204	2	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-2982.352941	100.5964132	0.000740846	sí hay diferencias significativas	



⁵ Datos de entrada: Aquellos con números: 136-1, 136-1', 136-1'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

⁶ Datos de salida: Aquellos con números: 136-2, 136-2', 136-2'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

Figura F- 14 Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 2, evento 4

Tabla F- 27: Resultados de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 4

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	71,5587	71,57	50	226
136-1'	71,4719	71,4829	50	220
136-1''	75,7006	75,7108	50	204
136-2	78,6051	78,8779	50	5456
136-2'	72,9644	73,2397	50	5506
136-2''	70,1506	70,4197	50	5382

Tabla F- 28 Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 4

ST				
ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(ST (%))	
216.6666667	11.44562328	3	5%	ENTRADA
5448	62.3855451	3	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-2414.461538	135.9137721	2.75E-05	sí hay diferencias significativas	

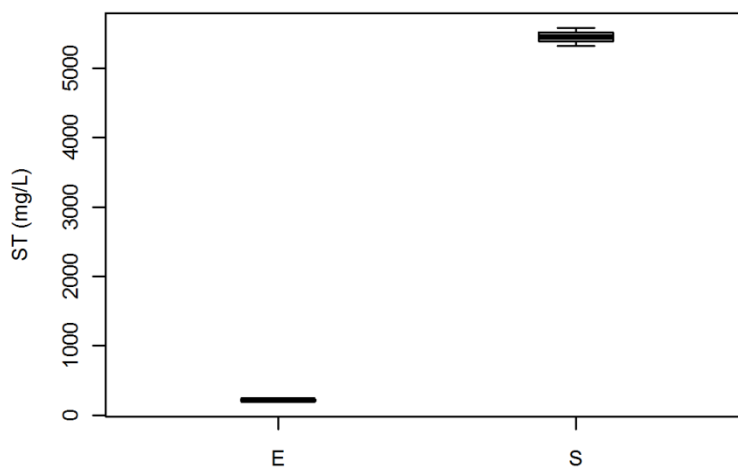


Figura F- 15 Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 2, evento 4

Tabla F- 29 Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 4

Demanda Química de Oxígeno (DQO)		
No.	Absorbacia	Concentración [mg/l]
	620 [nm]	
136-1	0,025	56,66666667
136-1'	0,025	56,66666667
136-1''	0,024	53,33333333
136-2	0,013	16,66666667
136-2'	0,013	16,66666667
136-2''	0,012	13,33333333

Tabla F- 30 Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 4

DQO				
DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	Datos Escogidos	u(DQO) (%)	
56.66666667	0.132275924	2	0%	ENTRADA
16.66666667	0.132072149	2	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
70.58823529	0.242970118	1.09E-05	sí hay diferencias significativas	

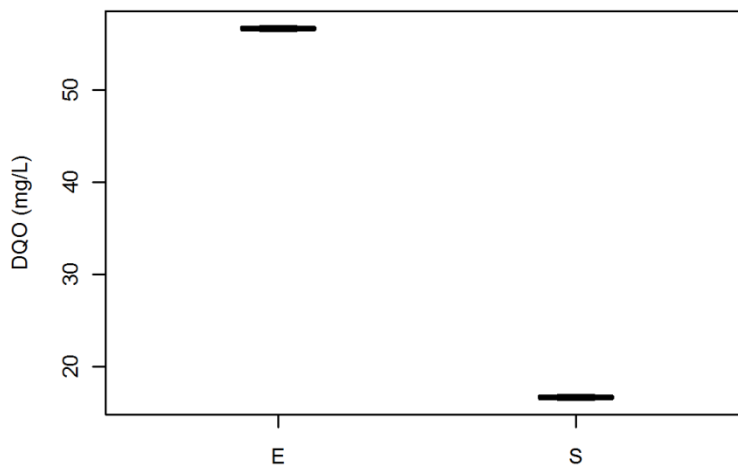


Figura F- 16 Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 2, evento 4

Tabla F- 31 Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 4

No.	pH [Unidad]
136-1	8,33
136-1'	8,39
136-1''	8,41
136-2	7,89
136-2'	7,87
136-2''	7,89

Tabla F- 32: Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 4

pH				
pH (unidades)	u(pH) (unidades)	Datos Escogidos	u(pH) (%)	
8.4	0.014138539	2	0%	ENTRADA
7.883333333	0.012087484	3	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (unidades)	Eficiencia	Significativo?	
0.516666667	0.018601225	0.000597033	sí hay diferencias significativas	

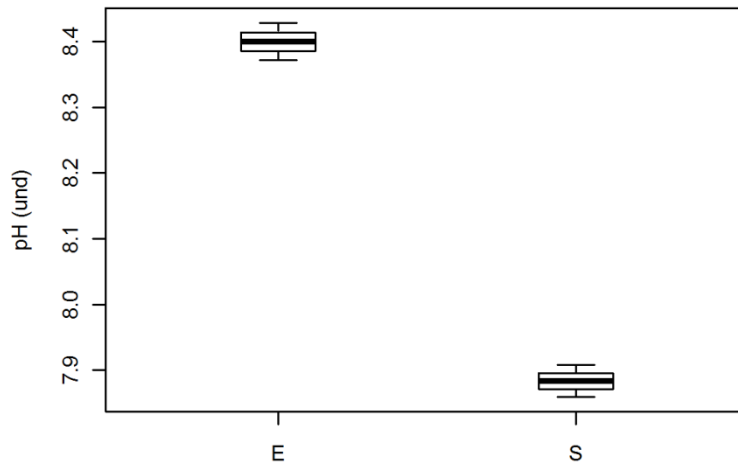


Figura F- 17 Eficiencia de pH en [unidades] del modelo material 2, evento 4

Tabla F- 33 Resultados de metales pesados (pH), grava 2, evento lluvioso No 4

No.	Cadmio (Cd) [mg/l]	Zinc (Zn) [mg/l]	Cobre (Cu) [mg/l]	Plomo (Pb) [mg/l]
136-1	0,0171	0,0744	0,0263	No detectable
136-1'	0,0111	0,0745	0,0329	No detectable
136-1''	0,0233	0,078	0,0304	No detectable
136-2	0,0369	0,3492	0,0398	No detectable
136-2'	0,0363	0,3157	0,9283	No detectable
136-2''	0,0222	0,2837	0,0275	No detectable

Tabla F- 34 Resultados de Cadmio (Cd), grava 2, evento lluvioso No 4

Cd				
Cd(mg/L)	u(Cd) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cd) (%)	
0.017166667	0.00610062	3	36%	ENTRADA
0.0318	0.00831833	3	26%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-85.24271845	81.74171196	0.075625412	no hay diferencias significativas	

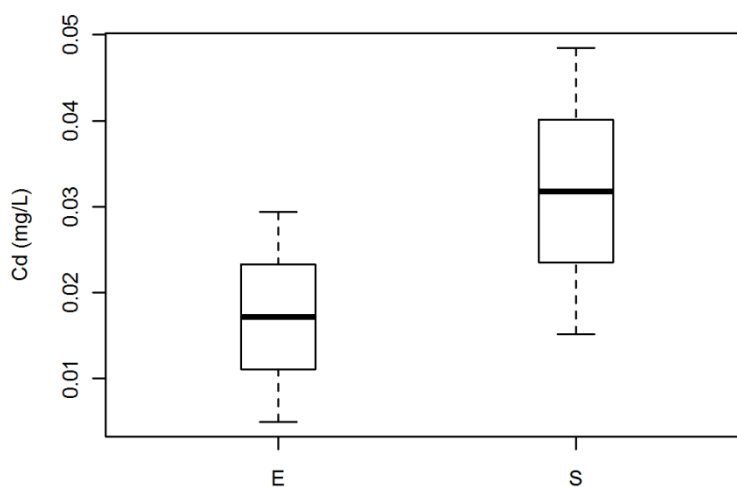


Figura F- 18 Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 2, evento 4

Tabla F- 35 Resultados de Zinc (Zn), grava 2, evento lluvioso No 4

Zn				
Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Zn) (%)	
0.07445	7.46E-05	2	0%	ENTRADA
0.050233333	0.037237142	3	74%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
32.52742333	50.01635488	0.376977534	no hay diferencias significativas	

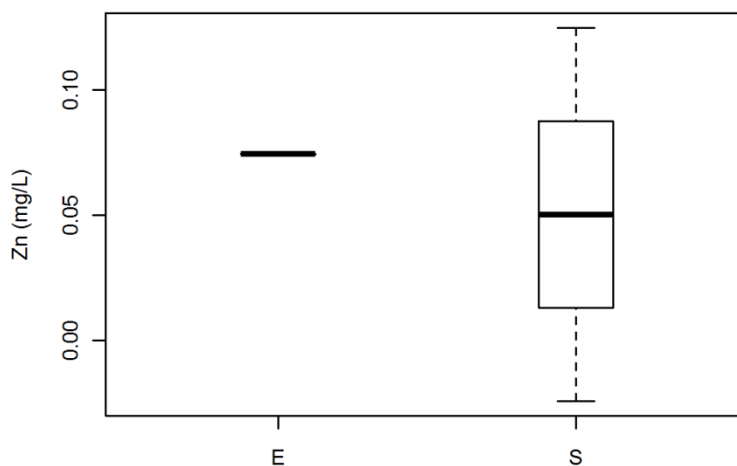


Figura F- 19 Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 2, evento 4

Tabla F- 36: Resultados de Cobre (Cu), grava 2, evento lluvioso No 4

Cu				
Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cu) (%)	
0.029866667	0.003332394	3	11%	ENTRADA
0.2979	0.5120861	3	172%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-897.4330357	1718.181971	0.460320888	no hay diferencias significativas	

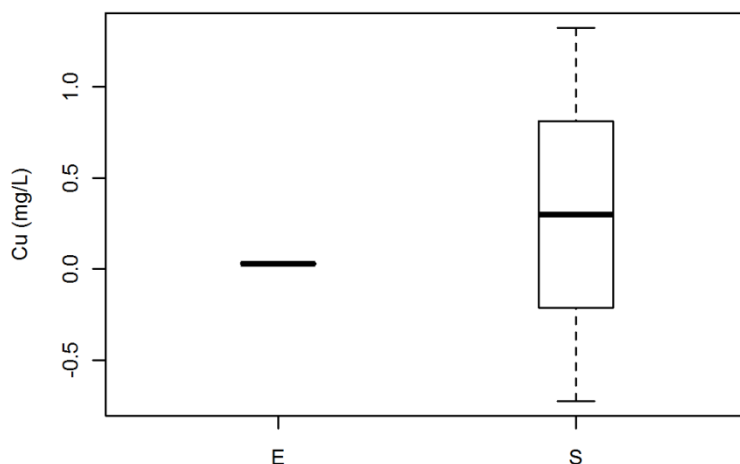


Figura F- 20 Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 2, evento 4

Los resultados de laboratorio obtenidos para el evento lluvioso No 5 a la entrada⁷ y a la salida⁸, se muestran en las tablas:

Tabla F- 37: Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 5

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	18,4189	18,4253	20	320
136-1'	18,4728	18,4802	20	370
136-1''	17,9863	17,9941	20	390
136-2	24,8531	24,8696	10	1650
136-2'	25,5259	25,5426	10	1670
136-2''	22,0123	22,0289	10	1660

Tabla F- 38: Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 5

SST				
SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(SST (%))	
360	36.09934256	3	10%	ENTRADA
1660	11.48835472	3	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-361.1111111	46.34834768	7.32E-05	sí hay diferencias significativas	

⁷ Datos de entrada: Aquellos con números: 136-1, 136-1', 136-1'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

⁸ Datos de entrada: Aquellos con números: 136-2, 136-2', 136-2'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

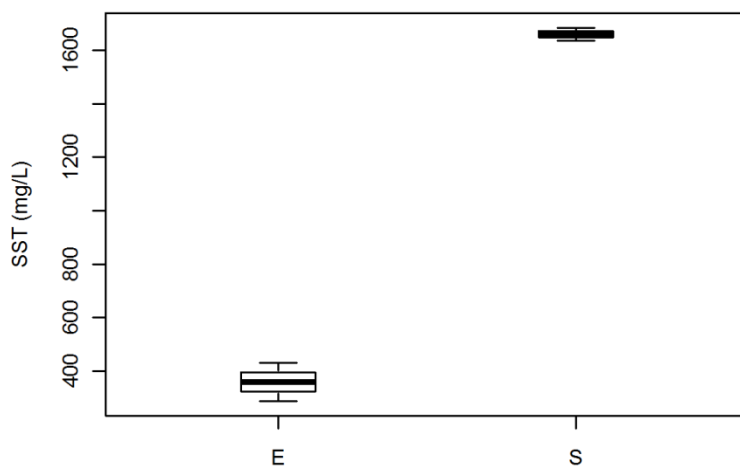


Figura F- 21 Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 2, evento

Tabla F- 39: Resultados de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 5

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	70,1494	70,1712	50	436
136-1'	81,0852	81,1072	50	440
136-1''	73,6784	73,7985	50	2402
136-2	78,603	78,6905	50	1750
136-2'	75,6985	75,7843	50	1716
136-2''	72,7311	72,8173	50	1724

Tabla F- 40: Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 5

ST				
ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(ST (%))	
1092.666667	1133.894726	3	104%	ENTRADA
1730	17.78934359	3	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-58.32824888	164.3102927	0.43297317	no hay diferencias significativas	

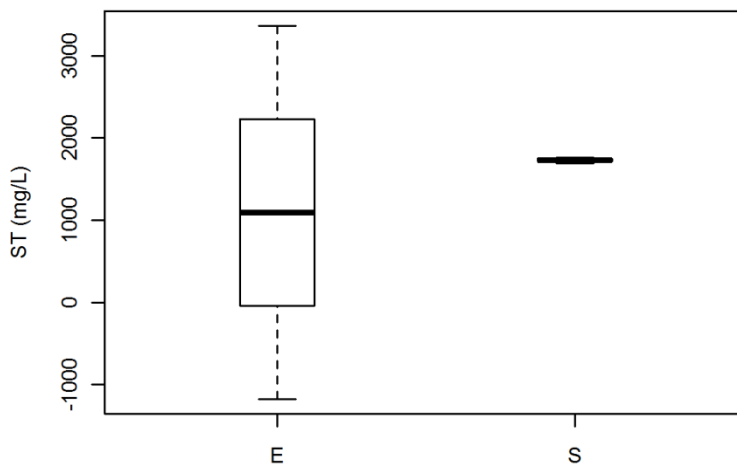


Figura F- 22 Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 2, evento 5

Tabla F- 41: Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 5

No.	Absorbancia	Concentración [mg/l]
	620 [nm]	
136-1	0,03	73,33333333
136-1'	0,027	63,33333333
136-1''	0,022	46,66666667
136-2	0,024	53,33333333
136-2'	0,025	56,66666667
136-2''	0,034	86,66666667

Tabla F- 42: Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 5

DQO				
DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	Datos Escogidos	u(DQO) (%)	
61.11111111	13.46957951	3	22%	ENTRADA
65.55555556	18.35717942	3	28%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-7.272727282	38.22809505	0.753737607	no hay diferencias significativas	

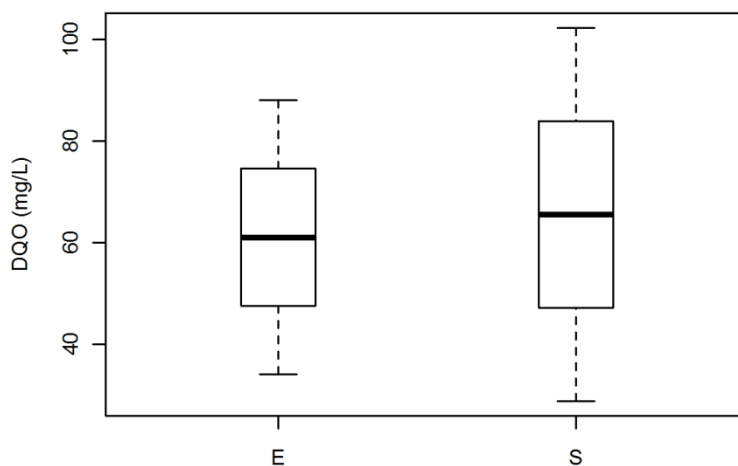


Figura F- 23 Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 2, evento 5

Tabla F- 43: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 5

No.	pH [Unidad]
136-1	8,63
136-1'	8,71
136-1''	8,7
136-2	8,3
136-2'	8,32
136-2''	8,32

Tabla F- 44: Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 5

pH				
pH (unidades)	u(pH) (unidades)	Datos Escogidos	u(pH) (%)	
8.705	0.00736047	2	0%	ENTRADA
8.313333333	0.012133569	3	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (unidades)	Eficiencia	Significativo?	
0.391666667	0.014191547	2.48E-05	sí hay diferencias significativas	

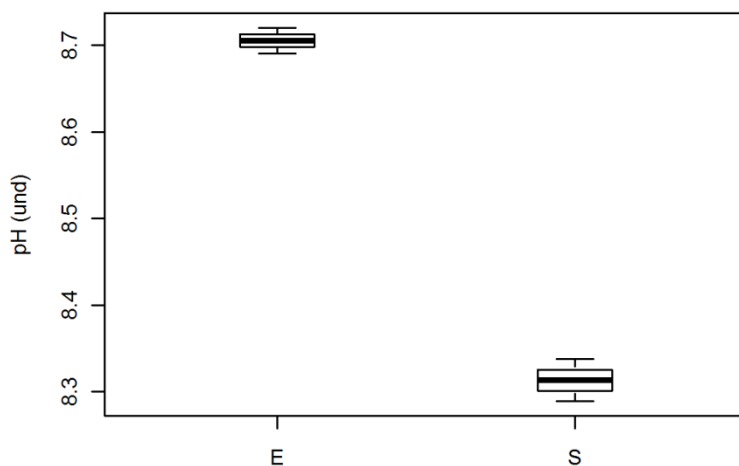


Figura F- 24 Eficiencia de pH en [Unidades] del modelo material 2, evento 5

Tabla F- 45: Resultados de metales pesados (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5

No.	Cadmio (Cd) [mg/l]	Zinc (Zn) [mg/l]	Cobre (Cu) [mg/l]	Plomo (Pb) [mg/l]
136-1	0,0397	0,081	0,0184	No detectable
136-1'	0,0329	0,0894	0,0213	No detectable
136-1''	0,0674	0,0946	0,0098	No detectable
136-2	0,3328	0,1406	0,011	No detectable
136-2'	0,3795	0,1721	0,0158	No detectable
136-2''	0,2794	0,1804	0,0183	No detectable

Tabla F- 46: Resultados de eficiencia de Cadmio (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5

Cd				
Cd(mg/L)	u(Cd) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cd) (%)	
0.046666667	0.018274768	3	39%	ENTRADA
0.330566667	0.05008826	3	15%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-608.3571429	297.4351965	0.005236097	sí hay diferencias significativas	

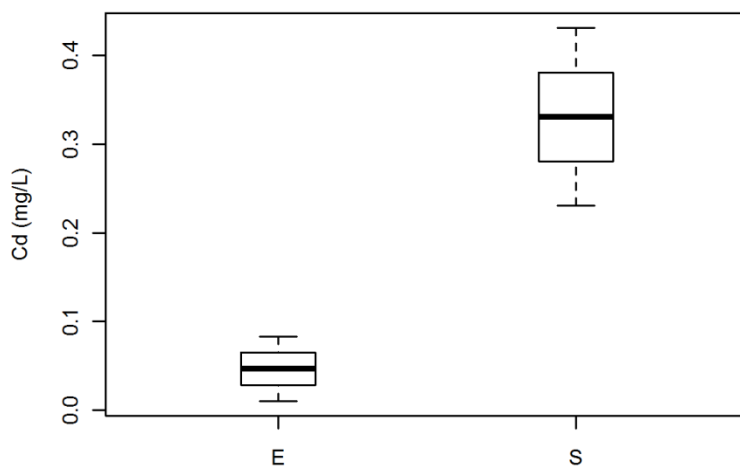


Figura F- 25 Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 2, evento 5

Tabla F- 47: Resultados de eficiencia de Zinc (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5

Zn				
Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Zn) (%)	
0.088333333	0.006862151	3	8%	ENTRADA
0.1016	0.016385125	3	16%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-15.01886792	20.58909273	0.296012549	no hay diferencias significativas	

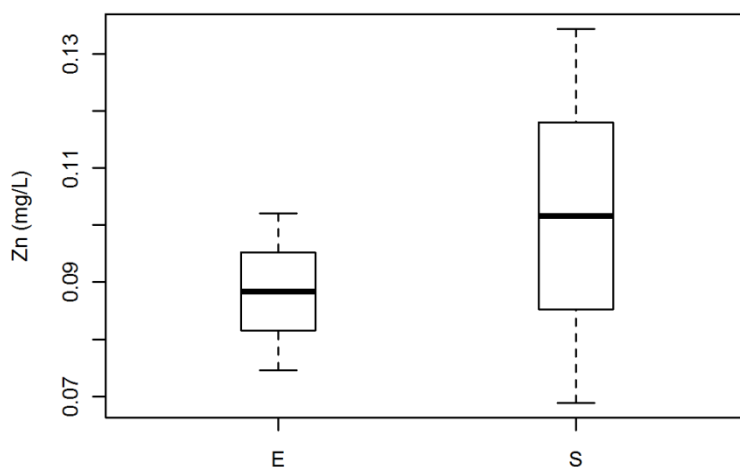


Figura F- 26 Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 2, evento 5

Tabla F- 48: Resultados de eficiencia de Cobre (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5

Cu				
Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cu) (%)	
0.0165	0.005980198	3	36%	ENTRADA
0.019133333	0.01257876	3	66%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-15.95959596	87.05234244	0.765802544	no hay diferencias significativas	

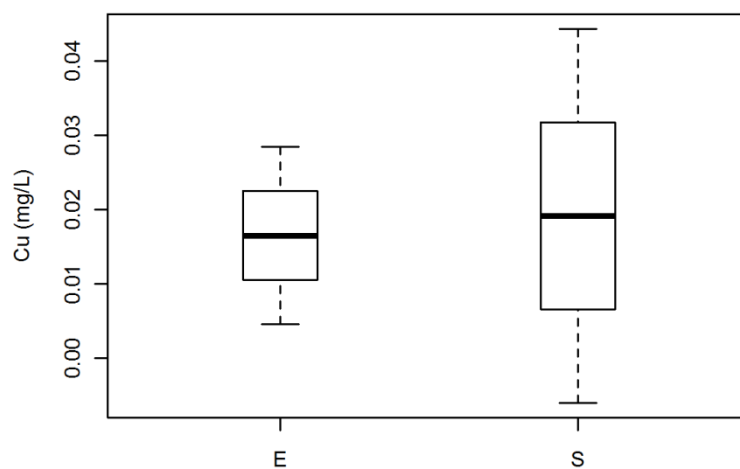


Figura F- 27 Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 2, evento 5

MATERIAL 3

Los resultados de laboratorio obtenidos para el evento lluvioso No 6 a la entrada⁹ y a la salida¹⁰, se muestran en las tablas:

Tabla F- 49: Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 6

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	18,4729	18,481	20	405
136-1'	18,4197	18,4273	20	380
136-1''	17,9872	17,9947	20	375
136-2	21,3944	21,398	20	180
136-2'	21,5789	21,5805	10	160
136-2''	24,9458	24,9492	20	170

Tabla F- 50: Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 6

SST				
SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(SST (%))	
377.5	4.218213964	2	1%	ENTRADA
165	7.580578041	2	5%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
56.29139073	2.066640758	0.00302754	sí hay diferencias significativas	

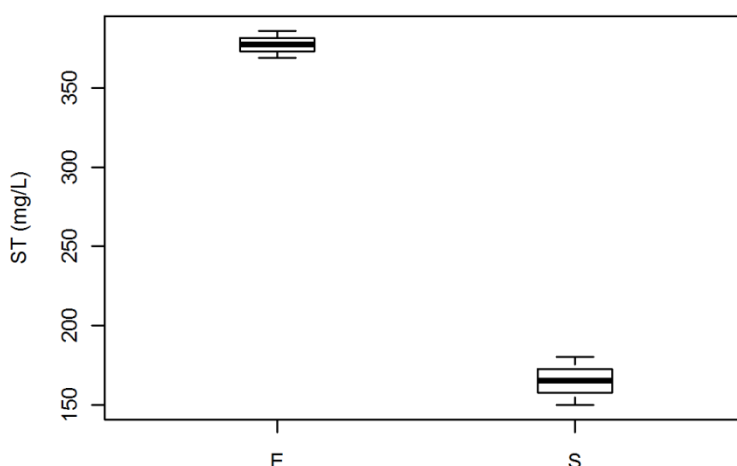


Figura F- 28 Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 3, evento 6

⁹ Datos de entrada: Aquellos con números: 136-1, 136-1', 136-1'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

¹⁰ Datos de salida: Aquellos con números: 136-2, 136-2', 136-2'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

Tabla F- 51: Resultados de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 6

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	70,1504	70,1802	50	596
136-1'	72,3231	72,3522	50	582
136-1''	72,9695	72,9989	50	588
136-2	71,4718	71,4892	50	348
136-2'	71,5588	71,5763	50	350
136-2''	75,6997	75,7173	50	352

Tabla F- 52: Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 6

ST				
ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(ST (%))	
588.6666667	7.092052049	3	1%	ENTRADA
350	2.301190168	3	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
40.54360136	0.816036272	8.23E-05	sí hay diferencias significativas	

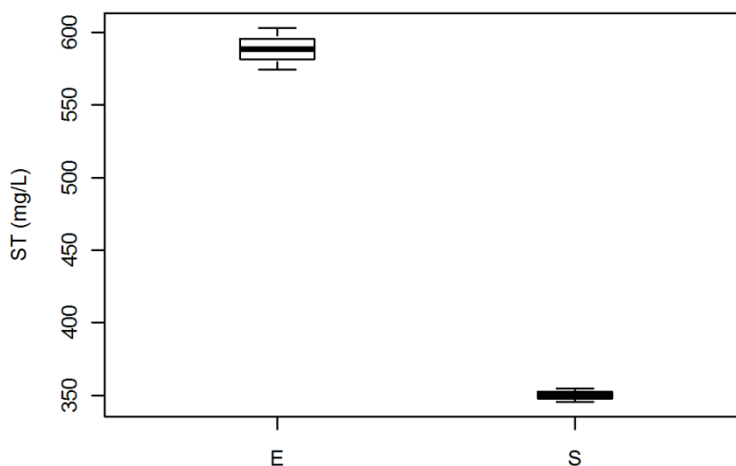


Figura F- 29 Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 3, evento 6

Tabla F- 53: Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 6

No.	Absorbancia	Concentración
	620 [nm]	[mg/l]
136-1	0,034	86,66666667
136-1'	0,035	90
136-1''	0,031	76,66666667
136-2	0,04	106,6666667
136-2'	0,038	100
136-2''	0,042	113,3333333

Tabla F- 54: Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 6

DQO				
DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	Datos Escogidos	u(DQO) (%)	
84.44444444	6.94039735	3	8%	ENTRADA
106.6666667	6.668723062	3	6%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-26.31578952	13.04401095	0.01619478	sí hay diferencias significativas	

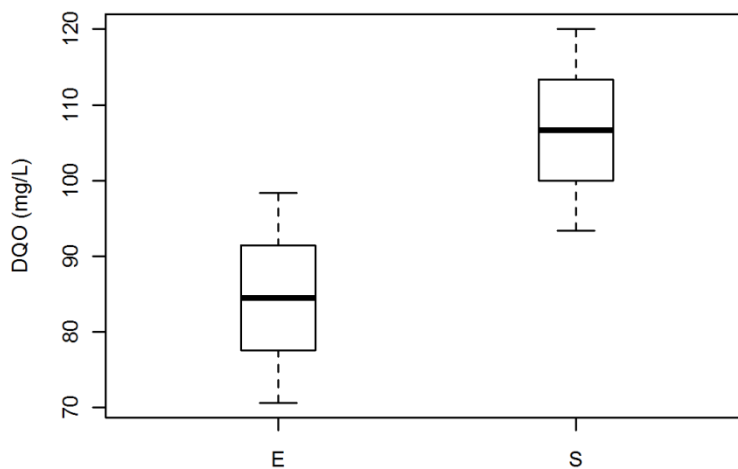


Figura F- 30 Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 3, evento 6

Tabla F- 55: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 6

No.	pH [unidad]
136-1	9,01
136-1'	9,06
136-1''	9,07
136-2	8,97
136-2'	8,98
136-2''	8,98

Tabla F- 56: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 6

pH				
pH (unidades)	u(pH) (unidades)	Datos Escogidos	u(pH) (%)	
9.065	0.007426932	2	0%	ENTRADA
8.976666667	0.006999168	3	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (unidades)	Eficiencia	Significativo?	
0.088333333	0.010205277	0.004129425	sí hay diferencias significativas	

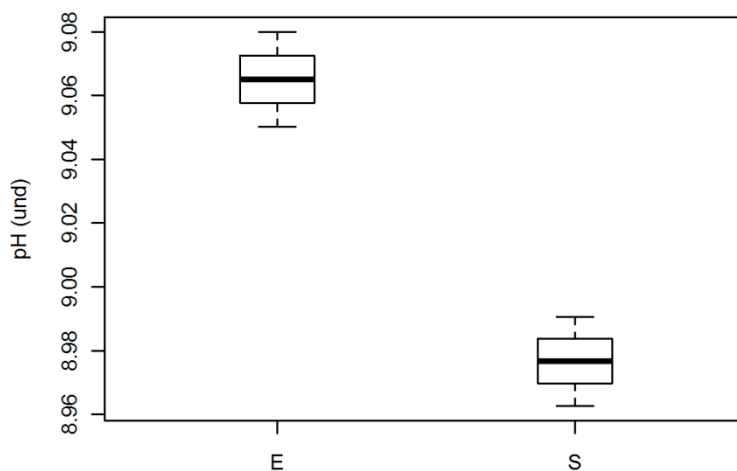


Figura F- 31 Eficiencia de pH en [unidades] del modelo material 3, evento 6

Tabla F- 57: Resultados de metales pesados (mg/L), grava 3, evento lluvioso No 6

No.	Cadmio (Cd) [mg/l]	Zinc (Zn) [mg/l]	Cobre (Cu) [mg/l]	Plomo (Pb) [mg/l]
136-1	0,017	0,1206	0,011	No detectable
136-1'	0,0168	0,1126	0,093	No detectable
136-1''	0,0167	0,1186	0,0041	No detectable
136-2	0,0108	0,3599	0,0047	No detectable
136-2'	0,011	0,4344	0,0072	No detectable
136-2''	0,0108	0,4511	0,0079	No detectable

Tabla F- 58: Resultados de eficiencia de Cadmio en [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 6

Cd				
Cd(mg/L)	u(Cd) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cd) (%)	
0.016833333	0.00015627	3	1%	ENTRADA
0.010866667	0.000120651	3	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
35.44554455	0.934265994	1.60E-06	sí hay diferencias significativas	

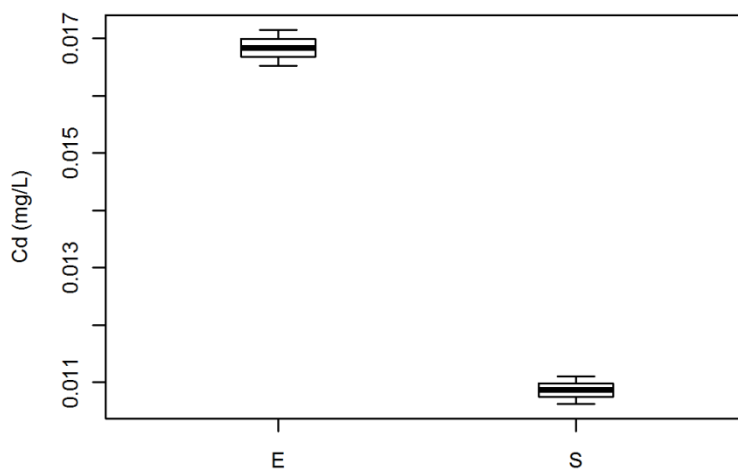


Figura F- 32 Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 3, evento 6

Tabla F- 59: Resultados de eficiencia de Zin en [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 6

Zn				
Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Zn) (%)	
0.117266667	0.004163259	3	4%	ENTRADA
0.149166667	0.043953657	3	29%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-27.20295623	37.75287738	0.335401007	no hay diferencias significativas	

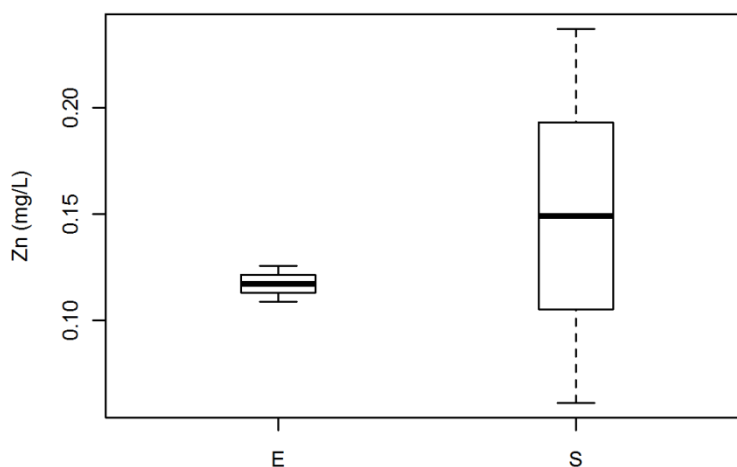


Figura F- 33 Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 3, evento 6

Tabla F- 60: Resultados de eficiencia de Cobre en [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 6

Cu				
Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cu) (%)	
0.036033333	0.049455893	3	137%	ENTRADA
0.027566667	0.010680638	3	39%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
23.49676226	109.1045282	0.79714699	no hay diferencias significativas	

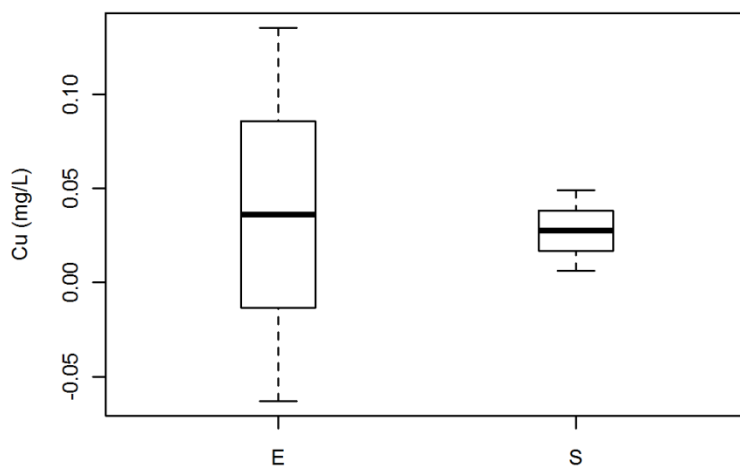


Figura F- 34 Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 3, evento 6

Los resultados de laboratorio obtenidos para el evento lluvioso No 7 a la entrada¹¹ y a la salida¹², se muestran en las tablas:

Tabla F- 61: Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 7

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	18,4734	18,4834	20	500
136-1'	18,4198	18,4307	20	545
136-1''	24,9458	24,9565	20	535
136-2	21,5798	21,5925	15	846,6666667
136-2'	17,9866	17,9995	15	860
136-2''	21,3947	21,4095	15	986,6666667

Tabla F- 62: Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 7

SST				
SST (mg/L)	u(SST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(SST) (%)	
526.6666667	23.79697968	3	5%	ENTRADA
897.7777778	77.31737715	3	9%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-70.46413501	16.57837604	0.009178959	sí hay diferencias significativas	

¹¹ Datos de entrada: Aquellos con números: 136-1, 136-1', 136-1'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

¹² Datos de salida: Aquellos con números: 136-2, 136-2', 136-2'' (cada ensayo se hizo por triplicado).

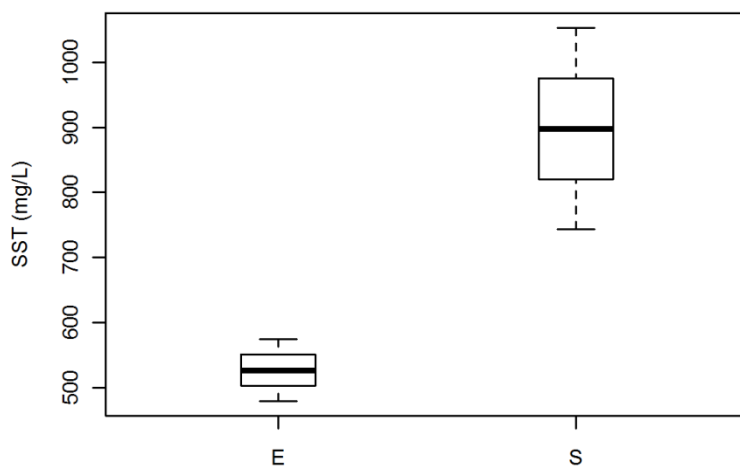


Figura F- 35 Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

Tabla F- 63: Resultados de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 7

No.	Peso Inicial [g]	Peso Final [g]	Vol. Muestra [ml]	Resultado [mg/l]
136-1	71,7336	71,7653	50	634
136-1'	72,3231	72,3548	50	634
136-1''	71,4721	71,5036	50	630
136-2	86,9844	87,0316	50	944
136-2'	72,9695	73,0199	50	1008
136-2''	75,7001	75,7497	50	992

Tabla F- 64: Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 7

ST				
ST (mg/L)	u(ST) (mg/L)	Datos Escogidos	u(ST (%))	
634	1.144545083	2	0%	ENTRADA
981.3333333	33.33029999	3	3%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-54.78443743	5.26456599	0.003012655	sí hay diferencias significativas	

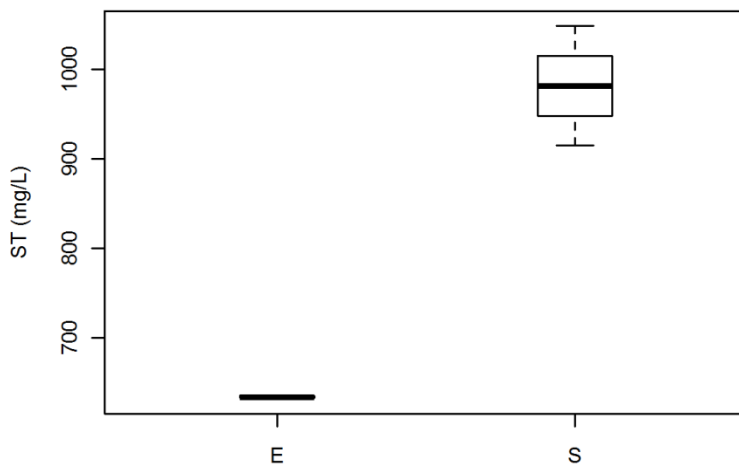


Figura F- 36 Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

Tabla F- 65: Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 7

No.	Absorbancia	concentración
	620 [nm]	[mg/l]
136-1	0,068	200
136-1'	0,07	206,6666667
136-1''	0,067	196,6666667
136-2	0,035	90
136-2'	0,036	93,33333333
136-2''	0,04	106,6666667

Tabla F- 66: Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 7

DQO				
DQO (mg/L)	u(DQO) (mg/L)	Datos Escogidos	u(DQO) (%)	
201.1111111	5.091065948	3	3%	ENTRADA
96.66666667	8.82003643	3	9%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
51.93370165	4.551320538	0.000263261	sí hay diferencias significativas	

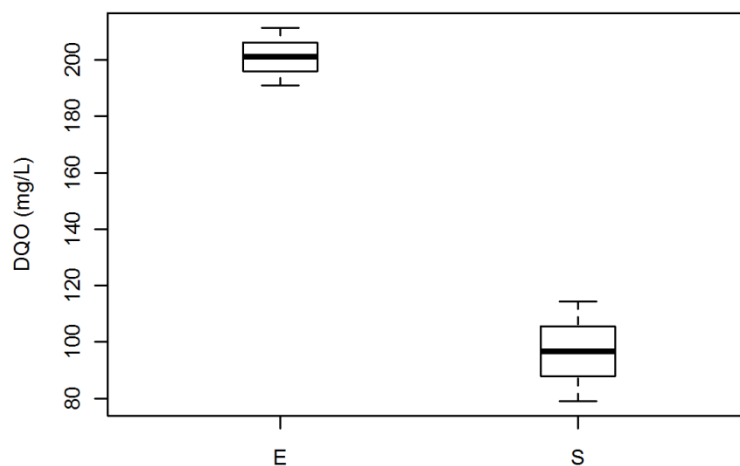


Figura F- 37 Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

Tabla F- 67: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 7

No.	pH [unidad]
136-1	8,62
136-1'	8,65
136-1''	8,68
136-2	8,41
136-2'	8,38
136-2''	8,45

Tabla F- 68: Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 7

pH				
pH (unidades)	u(pH) (unidades)	Datos Escogidos	u(pH) (%)	
8.65	0.03009052	3	0%	ENTRADA
8.413333333	0.035266437	3	0%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
0.236666667	0.046359044	0.001009042	sí hay diferencias significativas	

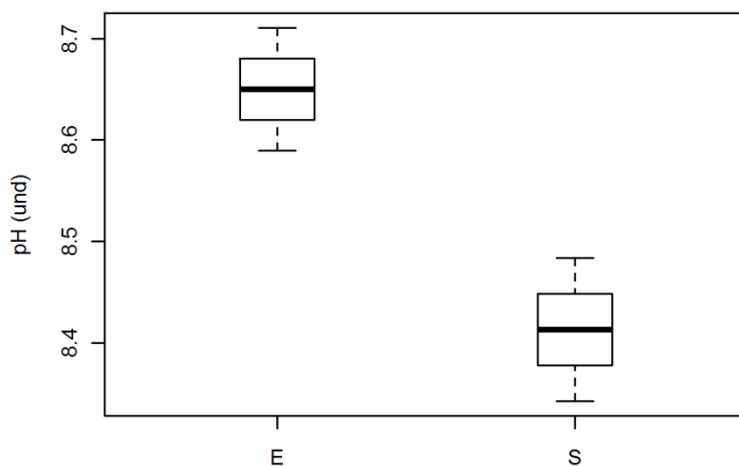


Figura F- 38 Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

Tabla F- 69: Resultados de metales pesados (mg/L), grava 3, evento lluvioso No 7

No.	Cadmio (Cd) [mg/l]	Zinc (Zn) [mg/l]	Cobre (Cu) [mg/l]	Plomo (Pb) [mg/l]
136-1	0,028	0,0809	0,0426	0,0553
136-1'	0,0289	0,0837	0,0365	0,1399
136-1''	0,0304	0,0900	0,0348	0,1717
136-2	0,0243	1,2769	0,0313	0,0787
136-2'	0,0261	1,2691	0,0394	0,1464
136-2''	0,0279	1,2929	0,0412	0,1815

Tabla F- 70: Resultados de eficiencia de Cadmio [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7

Cd				
Cd(mg/L)	u(Cd) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cd) (%)	
0.0291	0.001213611	3	4%	ENTRADA
0.0261	0.001800273	3	7%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
10.30927835	7.229416911	0.083979211	no hay diferencias significativas	

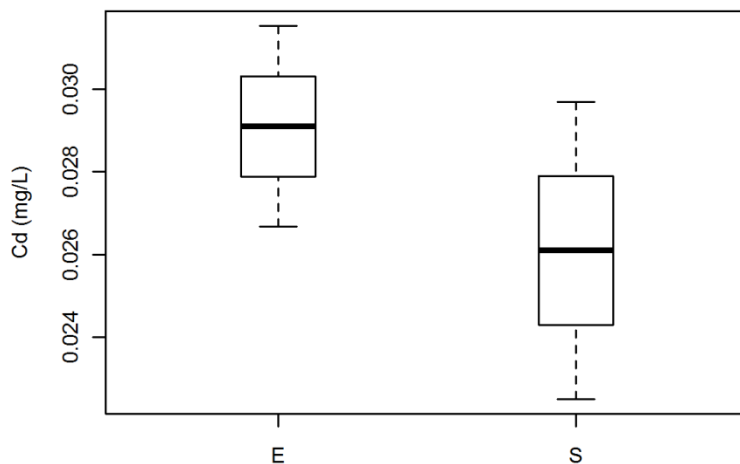


Figura F- 39 Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

Tabla F- 71: Resultados de eficiencia de Zinc [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7

Zn				
Zn (mg/L)	u(Zn) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Zn) (%)	
0.084866667	0.00466097	3	5%	ENTRADA
1.013666667	0.010955751	3	1%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-1094.422624	66.85716296	2.98E-06	sí hay diferencias significativas	

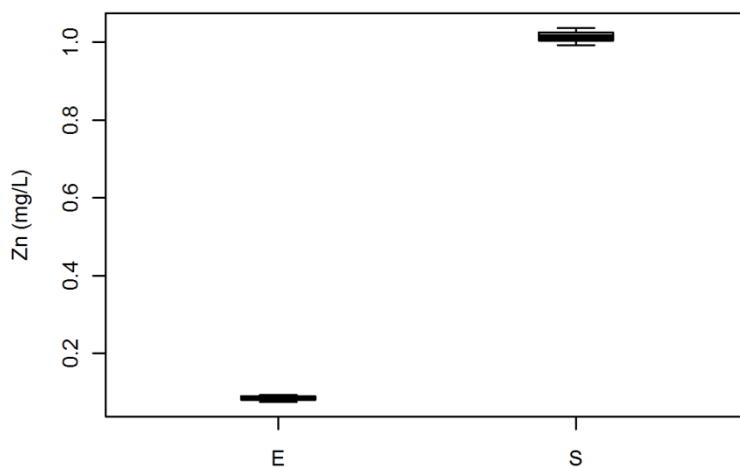


Figura F- 40 Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

Tabla F- 72: Resultados de eficiencia de Cobre [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7

Cu				
Cu(mg/L)	u(Cu) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Cu) (%)	
0.037966667	0.004101924	3	11%	ENTRADA
0.009	0.008801896	3	98%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
76.29499561	23.32425691	0.016225316	sí hay diferencias significativas	

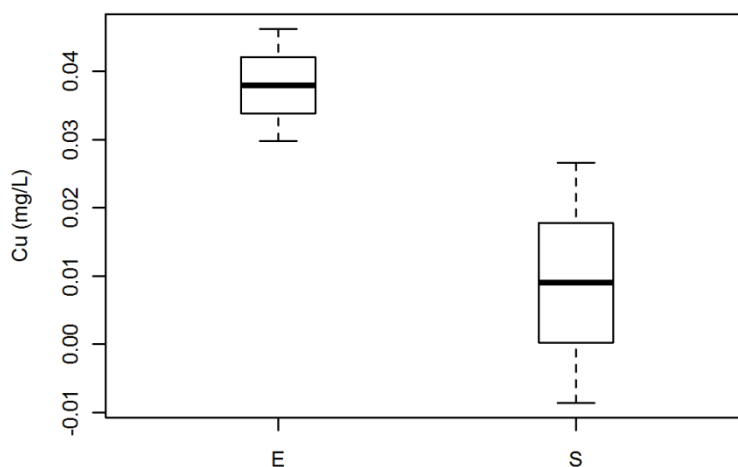


Figura F- 41 Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

Tabla F- 73: Resultados de eficiencia de Plomo [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7

Pb				
Pb(mg/L)	u(Pb) (mg/L)	Datos Escogidos	u(Pb) (%)	
0.1223	0.060163215	3	49%	ENTRADA
0.135533333	0.052255078	3	39%	SALIDA
DIF(E Vs S) (%)	u(Eficiencia) (mg/L)	Eficiencia	Significativo?	
-10.82038703	69.26464696	0.788181588	no hay diferencias significativas	

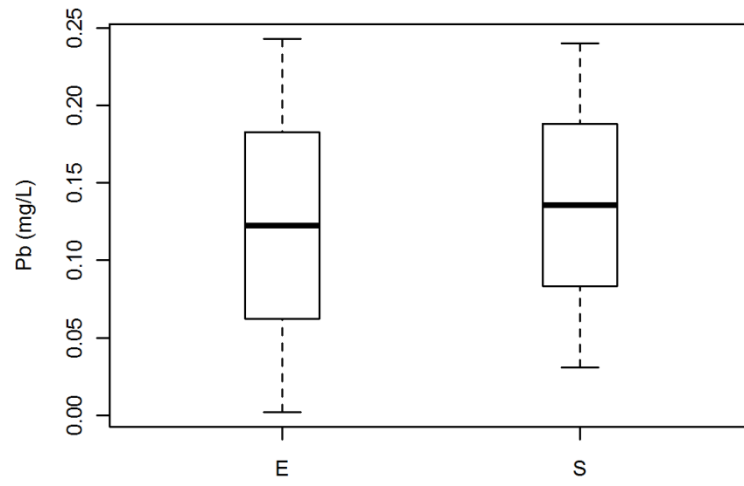


Figura F- 42 Eficiencia de Plomo en [mg/L] del modelo material 3, evento 7

ANEXO G. PROCEDIMIENTOS APHA PARA ENSAYOS DE CALIDAD.**2540B. Sólidos Totales**

Según APHA (2005), la determinación de los sólidos totales en el agua consiste en evaporar una muestra bien mezclada en una placa pesada, la cual ha sido previamente secada a peso constante en un horno a 103-105 °C. El aumento de peso con respecto al de la placa representa los sólidos totales.

Instrumentos (APHA, 2005):

- a) Placas de evaporación.
- b) Desecador; para determinar la concentración de humedad, se encuentra provisto de una desecante que contiene un indicador colorimétrico.
- c) Horno de secado para operaciones a 103 - 105 °C.
- d) Balanza de análisis, con una precisión de mínimo 0,1 mg.

Procedimiento (APHA, 2005):

- a) Preparación de la placa de evaporación: la placa para evaporación se debe limpiar y calentar a 103 °C durante una hora. A continuación se conserva en el desecador hasta el momento que se necesite, se debe pesar antes de usar.
- b) Análisis de muestra: Se elige un volumen de muestra que proporcione un residuo entre 2,5 y 200 mg. Se transfiere un volumen medido de muestra bien mezclada a la placa pesada y se evapora hasta que se seca en un horno de secado. La muestra se debe secar a 103-105 °C durante una hora, a continuación se deja enfriar en el desecador para equilibrar la temperatura y pesar.

A continuación se muestran los procedimientos para el cálculo de los sólidos totales (APHA, 2005):

$$ST = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad \text{Ecuación 3 - 1}$$

Donde ST es la concentración de sólidos totales [mg] contenidos en el volumen de muestra V [L], A es el peso de residuo seco más placa [mg] y B es el peso de placa [mg].

2540D. Sólidos Suspendidos Totales

Una vez mezclada la muestra a analizar, ésta es filtrada a través de un filtro estándar de fibra de vidrio, y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103-105 °C. El aumento del peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión (APHA, 2005).

Instrumentos (APHA, 2005):

Además de los aparatos empleados para la determinación de los sólidos totales, a excepción de las placas de evaporación, se requiere de una plancheta de acero inoxidable o aluminio de 65 mm de diámetro, un filtro estándar de fibra de vidrio y un aparato de filtrado.

Procedimiento (APHA, 2005):

- a) Preparación de la placa de evaporación: una vez limpiada la placa, se calienta a 103 °C durante una hora. A continuación se conserva en el desecador hasta el momento que se necesite y pesa antes de ser utilizada para el ensayo.
- b) Análisis de muestra: Se debe seleccionar una cantidad de muestra que pueda proporcionar un residuo entre 2,5 y 200 mg. Se transfiere un volumen medido de muestra bien mezclada a la placa pesada y se evapora hasta que se seca en un horno de secado. La muestra se debe secar a 103-105 °C durante una hora, a continuación se deja enfriar en el desecador para equilibrar la temperatura y pesar.

A continuación se muestran los procedimientos para el cálculo de los sólidos suspendidos totales (APHA, 2005):

$$SST = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad \text{Ecuación 3 - 2}$$

Donde *SST* es la concentración de sólidos suspendidos totales [mg] contenidos en el volumen de muestra *V* [L], *A* es el peso del filtro más residuo seco [mg] y *B* es el peso del filtro [mg].

Potencial de Hidrógeno (pH)

Para la determinación del potencial de hidrógeno (pH), se empleó un peachímetro marca YSI630 con precisión de 0.0001, el cual arrojaba de forma exacta y automática los resultados de pH para cada muestra tomada.

5220D. Demanda Química de Oxígeno

Para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se empleó el método calorimétrico según el principio de reflujo cerrado (APHA, 2005).

Instrumentos (APHA, 2005):

- a) Vasos de digestión.
- b) Bloque de calentamiento: consiste en una placa de aluminio fundido, con agujeros ajustados a los tubos de cultivo.
- c) Horno o calentador de bloque, a una temperatura de 150 ± 2 °C.
- d) Sellador de tubo de cultivo.
- e) Espectrofotómetro: para usar a 600 nm

Procedimiento (APHA, 2005):

- a) Tratamiento de las muestras: Se mide la muestra según el volumen apropiado, se vierte en el tubo de cultivo junto con los reactivos necesarios. Se preparan, digieren y enfrían tanto las muestras como el blanco.
- b) Determinación de la reducción de dicromato: Se deja que los sólidos presentes en las muestras se depositen en el fondo. Se depositan los tubos junto con el blanco

dentro del espectrofotómetro ajustado a 600 nm. Se procede a leer la absorbancia y se compara con la curva de calibración.

- c) Preparación de la curva de calibración: Para cada nuevo lote de tubos de cultivo se debe preparar una curva de calibración empleando al menos cinco patrones de solución con DQO equivalentes.

A continuación se muestran los procedimientos para el cálculo de la demanda química de oxígeno (DQO) (APHA *et al*, 1989):

$$DQO = \frac{mg \ O_2 \ en \ el \ volumen \ final \ x \ 1000}{V} \quad \text{Ecuación 3 - 3}$$

Donde *DQO* es la concentración de demanda química de oxígeno [mg] contenido en el volumen de muestra *V* [l]

3111A. Metales: plomo, cobre, cadmio y zinc

Para la determinación de la presencia de metales en el agua, se empleó el principio de espectrometría de absorción atómica de llama, método directo de aire-acetileno.

Como cada metal tiene su propia longitud de onda de absorción característica, se utiliza como fuente luminosa una lámpara compuesta de ese metal; por lo que se considera que este método se encuentra libre de interferencias espectrales o de radiación.

Como principio fundamental del ensayo, se considera que la cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra (APHA, 2005).

Instrumentos (APHA, 2005):

- a) Espectrómetro de absorción atómica y equipo asociado: Es una fuente luminosa, la cual emplea una lámpara de cátodo hueco o lámpara de descarga sin electrodos, para emitir el espectro de líneas de un elemento, también contiene una llama para

vaporizar la muestra, un monocromador o filtro y rejilla ajustable, que funciona como un medio de aislamiento de la línea de absorción y un detector fotoeléctrico con su equipo electrónico de amplificación y medida asociado.

- b) Cabeza del quemador de óxido nítrico.
- c) Lectura de salida: consiste en un mecanismo de lectura de salida digital o indicador de ceros.
- d) Válvula de unión en *T*.
- e) Lámparas: Se emplea una lámpara de cátodo hueco o una lámpara de descarga sin electrodos (LDE). Se utiliza una lámpara para cada elemento que se mide.
- f) Válvulas reductoras de presión.
- g) Tubo de ventilación: Se coloca un tubo de ventilación de aproximadamente 15 a 30 cm por encima del mechero.

Procedimiento (APHA, 2005):

- a) Funcionamiento del instrumento: Se instala una lámpara de cátodo hueco para el metal deseado y se establece el dial aproximado de longitudes de onda. Se instala una cabeza de quemador adecuada y se ajusta su posición, a continuación se conecta el aire y se ajusta la velocidad del flujo del aire, seguidamente se conecta el acetileno, se ajusta la velocidad del flujo al vapor especificado y se enciende la llama.
Una vez se estabiliza la máquina, se procede a realizar el aspirado del blanco (agua des ionizada), se coloca en ceros el instrumento y se hace aspirar una solución realizando los respectivos ajustes, para aspirar de nuevo el blanco y colocar el instrumento en ceros. El anterior procedimiento se repite para fines de comprobación de la instalación del cátodo y el envejecimiento del instrumento.
- b) Estandarización: Escogiendo tres concentraciones de cada solución patrón, se prepara una curva de calibración con los datos de absorbancia en función de dichas concentraciones.
- c) Análisis de las muestras: Se enjuaga el nebulizador aspirando agua con 1,5 ml de HNO₃. Se atomiza un blanco de tal forma que se coloca en ceros el instrumento. Finalmente se atomiza la muestra y se lee la absorbancia.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2- 1 Perfiles de flujo gradualmente variado en canales abiertos (Chow, V. T., 1994)	17
Figura 2- 2 Flujo gradualmente variado en canales abiertos (Hanif Chaudhry, 2008)	18
Figura 2- 3 Parámetro K (Torres Abello, 2004)	23
Figura 3 - 1 Fotografía tomada el 4 de mayo de 2010 en la zona de muestreo; se aprecian las dos calzadas de la carrea séptima. La fotografía fue tomada desde la esquina norte – oriental de la calle treinta y nueve.	37
Figura 3 - 2 Localización de los puntos de muestreo (Google maps, 2010)	38
Figura 3 - 3 Tanque plástico de 63 litros, para recolección de muestras. Fotografía tomada el 4 de Mayo de 2010 en la zona de muestreo. La fotografía fue tomada desde la esquina norte – oriental de la calle treinta y nueve.	39
Figura 3 - 4 Figura 3.34 Proton (2008). En donde $H1$, $H6$, $H10$, $H11$ y $H13$ son secciones a lo largo de la trinchera de retención.	39
Figura 3 - 5 Perfil típico de trabajo, modelo estructural.	41
Figura 3 - 6 Diagramas de presiones en el elemento estructural crítico.	42
Figura 3 - 7 Diagrama de presiones total en el elemento estructural crítico.	42
Figura 3 - 8 Vista en planta de la localización de los apoyos del modelo.	43
Figura 3 - 9 Modelo de trinchera de retención.	44
Figura 3 - 10 Reglas para medición de alturas de aguas.	44
Figura 3 - 11 Dispositivo aforador, a la salida del modelo.	45
Figura 3 - 12 De izquierda a derecha: grava No. 1 (10 mm a 80 mm), No.2 (20 mm a 80 mm) y No. 3 (25 mm a 50mm)	46
Figura 4 - 1: Hidrograma de entrada para la grava No. 1 - Evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).	55
Figura 4 - 2: Hidrograma de salida Grava No. 1 - Evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).....	55
Figura 4 - 3: Perfiles medidos, Grava No. 1 Evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).....	56
Figura 4 - 4: Hidrograma de entrada para la grava No. 2 - Evento lluvioso No. 5 (21 de junio de 2010).	57
Figura 4 - 5: Hidrograma de salida Grava No. 2 Evento lluvioso No. 5 (21 de junio de 2010).....	58
Figura 4 - 6: Perfiles medidos, Grava No. 2 - Evento lluvioso No. 5 (21 de junio de 2010).....	59
Figura 4 - 7: Hidrograma de entrada para la grava No. 3 - Evento lluvioso No. 7 (19 de agosto de 2010).	60
Figura 4 - 8: Hidrograma de salida Grava No. 3 - Evento lluvioso No. 7 (19 de agosto de 2010). ..	61
Figura 4 - 9: Perfiles medidos, Grava No. 3 Evento lluvioso No. 7 (19 de agosto de 2010)	61
Figura 4 - 10: Caudal calculado (Q_c) Vs. Caudal medido (Q_m) - Grava No 1, evento lluvioso No. 3 (31 de mayo de 2010).....	65
Figura 4 - 11: Hidrogramas calculado y medido, Grava No 1, evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010)	65
Figura 4 - 12: Caudal calculado (Q_c) Vs. Caudal medido (Q_m) - Grava No 2, evento lluvioso No 5 (21 de junio de 2010).	66

Figura 4 - 13: Hidrogramas calculado y medido - Grava No 2, evento lluvioso No 5 (21 de junio de 2010).	66
Figura 4 - 14: Caudal calculado (Qc) Vs. Caudal medido (Qm) - Grava No 3, evento lluvioso No 7 (19 de agosto de 2010)	67
Figura 4 -15: Hidrogramas calculado (Qc) y medido (Qm), Grava No 3 - evento lluvioso No 7 (19 de agosto de 2010)	68
Figura 4 -16. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 20 Segundos - Material No. 1, evento No. 2 (27 de mayo de 2010).....	71
Figura 4 -17. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 30 Segundos - Material No. 1 evento No. 3 (31 de mayo de 2010).....	71
Figura 4 -18. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 30 Segundos - Material No. 2, evento No. 4 (10 de junio de 2010)	72
Figura 4 -19. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 80 Segundos - Material No. 2, evento No. 5 (21 de junio de 2010)	73
Figura 4 -20. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 80 segundos - Material No. 3, evento No. 6 (11 de agosto de 2010)	73
Figura 4 -21. Perfil medido Vs Perfil Calculado a los 30 Segundos - Material No. 3, evento No. 7 (19 de agosto de 2010)	74
Figura 4 - 22 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Suspendedos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No.1).....	77
Figura 4 - 23 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Suspendedos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).....	78
Figura 4 - 24 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Suspendedos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No.3).....	79
Figura 4 - 25 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No.1).....	80
Figura 4 - 26 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).....	81
Figura 4 - 27 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Sólidos Totales, y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).....	82
Figura 4 - 28 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Demanda Química de Oxígeno, y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).....	84
Figura 4 - 29 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Demanda Química de Oxígeno, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).....	85
Figura 4 - 30 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Demanda Química de Oxígeno, y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).....	86
Figura 4 - 31 Retención de material orgánico en la entrada de la trinchera	87
Figura 4 - 32 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de pH, y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).	88
Figura 4 - 33 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de pH, y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).	89
Figura 4 - 34 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de pH, y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).	89
Figura 4 - 35 Deterioro del modelo de trinchera de retención de laboratorio	90
Figura 4 - 36 Deterioro del modelo de trinchera de retención de laboratorio	90

Figura 4 - 37 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Zinc [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).....	91
Figura 4 - 38 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Zinc [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).....	92
Figura 4 - 39 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Zinc [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).....	93
Figura 4 - 40 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cobre [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).....	94
Figura 4 - 41 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cobre [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).....	95
Figura 4 - 42 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cobre [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).....	96
Figura 4 - 43 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cadmio [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 1).....	97
Figura 4 - 44 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cadmio [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 2).....	98
Figura 4 - 45 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Cadmio [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).....	99
Figura 4 - 46 Concentración a la entrada (E) y a la salida (S) del modelo, de Plomo [mg/L], y sus respectivas incertidumbres (material No. 3).....	100
Figura 5 - 1: Esquema de diseño hipotético.	103
Figura 5 - 2 Curva IDF asociada a zona de la Universidad Pontificia Javeriana de Bogotá.	105
Figura 5 - 3 Hidrograma de Entrada y Salida generado en el laboratorio.	107
Figura 5 - 4 Hidrograma de entrada y salida de diseño.	109
Figura 5 - 5 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 1.	110
Figura 5 - 6 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 2.	110
Figura 5 - 7 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 3.	111
Figura 5 - 8 Valores de escorrentía para diferentes longitudes de vía asociados al material 1.	112
Figura 5 - 9 Valores de escorrentía para diferentes longitudes de vía asociados al material 2.	112
Figura 5 - 10 Valores de escorrentía para diferentes longitudes de vía asociados al material 3.	113
Figura 6 - 1 Esquema de diseño	115
Figura 6 - 2 Relación para determinar parámetro K de acuerdo a la longitud de trinchera escogida para el material 3 (25 mm a 50 mm).	116
Figura 6 - 3 Curva IDF para zona Pontifica Universidad Javeriana de Bogotá – Colombia.....	117
Figura 6 - 4 Coeficiente de escorrentía asociado a material 3 (25 mm a 50 mm).....	118
Figura C - 1 Perfil generado en el tiempo. Evento 2.....	199
Figura C - 2 Hidrograma de Salida – Evento 2.	201
Figura C - 3 Relacion caudal medido vs caudal calculado.....	204

Figura C - 4 Hidrograma de Salida medido Vs Calculad.....	204
Figura C - 5 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 20 Segundos.	210
Figura C - 6 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 30 segundos.	210
Figura C - 7 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 40 segundos.	211
Figura C - 8 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 50 segundos.	211
Figura C - 9 Perfil generado por el material 1 para el evento 2 a los 60 segundos.	212
Figura C - 10 Perfil generado en el tiempo. Evento 3.....	214
Figura C - 11 Hidrograma de Salida – Evento 3.	215
Figura C - 12 Relacion caudal medido Vs Caudal calculado Evento 3.....	218
Figura C - 13 Relacion Caudal medido Vs Caudal Calculado evento 3.	218
Figura C - 14 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 10 Segundos.	226
Figura C - 15 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 20 segundos.	226
Figura C - 16 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 30 segundos.	227
Figura C - 17 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 40 segundos.	227
Figura C - 18 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 50 segundos.	228
Figura C - 19 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 60 segundos.	228
Figura C - 20 Perfil generado por el material 1 para el evento 3 a los 70 segundos.	229
Figura C - 21 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 100 metros.	233
Figura C - 22 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 130 metros.	235
Figura C - 23 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 160 metros.	237
Figura C - 24 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 190 metros.	238
Figura D - 1 Perfil generado en el tiempo. Evento 4.....	241
Figura D - 2 Hidrograma de Salida – Evento 4.	243
Figura D - 3 Relación caudal medido vs caudal calculado	246
Figura D - 4 Hidrograma de Salida medido Vs Calculado.....	246
Figura D - 5 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 20 Segundos.	255
Figura D - 6 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 30 Segundos.	255
Figura D - 7 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 40 Segundos.	256
Figura D - 8 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 50 Segundos.	256
Figura D - 9 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 60 Segundos.	257
Figura D - 10 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 70 Segundos.	257
Figura D - 11 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 80 Segundos.	258
Figura D - 12 Perfil generado por el material 2 para el evento 4 a los 80 Segundos.	258
Figura D - 13 Perfil generado en el tiempo. Evento 5.....	260
Figura D - 14 Hidrograma de Salida – Evento 5.....	262
Figura D - 15 Relación caudal medido vs caudal calculado	265
Figura D - 16 Hidrograma de Salida medido Vs Calculado.....	265
Figura D - 17 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 10 Segundos.	274
Figura D - 18 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 20 Segundos.	274
Figura D - 19 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 30 Segundos.	275

Figura D - 20 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 40 Segundos.	275
Figura D - 21 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 50 Segundos.	276
Figura D - 22 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 60 Segundos.	276
Figura D - 23 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 70 Segundos.	277
Figura D - 24 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 80 Segundos.	277
Figura D - 25 Perfil generado por el material 2 para el evento 5 a los 90 Segundos.	278
Figura D - 26 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 100 metros.	281
Figura D - 27 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 130 metros.	282
Figura D - 28 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 160 metros.	284
Figura D - 29 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 190 metros.	286
Figura E - 1 Perfil generado en el tiempo. Evento 6	289
Figura E - 2 Hidrograma de Salida – Evento 6.	292
Figura E - 3 Relacion caudal medido vs caudal calculado	295
Figura E - 4 Hidrograma de Salida medido Vs Calculado	295
Figura E - 5 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 20 Segundos.....	304
Figura E - 6 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 30 segundos.	304
Figura E - 7 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 40 segundos.	305
Figura E - 8 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 50 segundos.	305
Figura E - 9 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 60 segundos.	306
Figura E - 10 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 70 segundos.	306
Figura E - 11 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 80 segundos.	307
Figura E - 12 Perfil generado por el material 3 para el evento 6 a los 80 segundos.	307
Figura E - 13. Perfil generado en el tiempo. Evento 7	309
Figura E - 14 Hidrograma de Salida – Evento 7	311
Figura E - 15 Relacion caudal medido Vs Caudal calculado Evento 7.....	314
Figura E - 16 Relacion Caudal medido Vs Caudal Calculado evento 7.....	314
Figura E - 17 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 20 Segundos.....	323
Figura E - 18 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 30 Segundos.....	323
Figura E - 19 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 40 Segundos.....	324
Figura E - 20 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 50 Segundos.....	324
Figura E - 21 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 60 Segundos.....	325
Figura E - 22 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 70 Segundos.....	325
Figura E - 23 Perfil generado por el material 3 para el evento 7 a los 70 Segundos.....	326
Figura E - 24 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 100 metros.	329
Figura E - 25 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 130 metros.	330
Figura E - 26 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 160 metros.	332
Figura E - 27 Hidrograma de entrada real e hidrograma de salida real calculado en base a los hidrogramas de entrada y salida del laboratorio para 190 metros.	333

Figura F- 1	Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 1, evento 2	335
Figura F- 2	Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 1, evento 2	336
Figura F- 3	Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 1, evento 2	337
Figura F- 4	Eficiencia de pH en [unidades] del modelo material 1, evento 2	338
Figura F- 5	Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 1, evento 2	339
Figura F- 6	Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 1, evento 2	339
Figura F- 7	Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 1, evento 3	340
Figura F- 8	Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 1, evento 3	341
Figura F- 9	Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 1, evento 3	342
Figura F- 10	Eficiencia de pH en [Unidades] del modelo material 1, evento 3	343
Figura F- 11	Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 1, evento 3	344
Figura F- 12	Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 1, evento 3	345
Figura F- 13	Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 1, evento 3	345
Figura F- 14	Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 2, evento 4	347
Figura F- 15	Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 2, evento 4	347
Figura F- 16	Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 2, evento 4	348
Figura F- 17	Eficiencia de pH en [unidades] del modelo material 2, evento 4	349
Figura F- 18	Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 2, evento 4	350
Figura F- 19	Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 2, evento 4	351
Figura F- 20	Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 2, evento 4	352
Figura F- 21	Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 2, evento	353
Figura F- 22	Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 2, evento 5	354
Figura F- 23	Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 2, evento 5	355
Figura F- 24	Eficiencia de pH en [Unidades] del modelo material 2, evento 5	356
Figura F- 25	Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 2, evento 5	357
Figura F- 26	Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 2, evento 5	357
Figura F- 27	Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 2, evento 5	358
Figura F- 28	Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 3, evento 6	359
Figura F- 29	Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 3, evento 6	360
Figura F- 30	Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 3, evento 6	361
Figura F- 31	Eficiencia de pH en [unidades] del modelo material 3, evento 6	362
Figura F- 32	Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 3, evento 6	363
Figura F- 33	Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 3, evento 6	364
Figura F- 34	Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 3, evento 6	365
Figura F- 35	Eficiencia de SST en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	366
Figura F- 36	Eficiencia de ST en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	367
Figura F- 37	Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	368
Figura F- 38	Eficiencia de DQO en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	369
Figura F- 39	Eficiencia de Cadmio en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	370
Figura F- 40	Eficiencia de Zinc en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	370
Figura F- 41	Eficiencia de Cobre en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	371
Figura F- 42	Eficiencia de Plomo en [mg/L] del modelo material 3, evento 7	372

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1 Borde Libre sugerido para caudales determinados (Chaudhry, 2008).....	10
Tabla 2- 2 Velocidades permisibles para canales abiertos (Chaudhry, 2008).....	13
Tabla 2- 3 Factores de los que depende el n de Manning (Chow, V. T., 1994).....	15
Tabla 4 - 1 Fechas de muestreo.....	53
Tabla 4 - 2: Caudales medidos y calculados sección 4. - Grava No 1, resultado de calibración para evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010).	63
Tabla 4 - 3: Caudales medidos y calculados sección 3 - Grava No 1, evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010).....	63
Tabla 4 - 4: Caudales medidos y calculados sección 2 - Grava No 1, evento lluvioso No 3 (31 de mayo de 2010).....	64
Tabla 4 - 5 Diferencia Temporal K y n de Manning asociado a cada material y cada evento.	69
Tabla 4 - 6 . Resultados de metales pesados, agua de salida ensayo “blanco”	75
Tabla 4 - 7 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Suspendedos Totales (mg/L) Material 1.	76
Tabla 4 - 8 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)78	
Tabla 4 - 9 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Suspendedos Totales (mg/L) Material 3	79
Tabla 4 - 10 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Totales (mg/L) Material 1.	80
Tabla 4 - 11 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Totales (mg/L) Material 2.	81
Tabla 4 - 12 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Sólidos Totales (mg/L) Material 3	82
Tabla 4 - 13 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Demanda Química de Oxígeno (mg/L) Material No. 1.	83
Tabla 4 - 14 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Demanda Química De Oxígeno (mg/L) Material No. 2.	84
Tabla 4 - 15 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Demanda Química de Oxígeno (mg/L) Material No. 3.....	85
Tabla 4 - 16 Resultados de entrada y salida de la trinchera para pH (unidad) Material No. 1.....	87
Tabla 4 - 17 Resultados de entrada y salida de la trinchera para pH (unidad) Material No. 2.....	88
Tabla 4 - 18 Resultados de entrada y salida de la trinchera para pH (unidad) Material 3.....	89
Tabla 4 - 19 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Zinc (mg/L) Material No.1.	91
Tabla 4 - 20 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Zinc (mg/L) Material No. 2.	92
Tabla 4 - 21 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Zinc (mg/L) Material No. 3.	93
Tabla 4 - 22 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cobre (mg/L) Material No. 1.	94
Tabla 4 - 23 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cobre (mg/L) Material No. 2.	95
Tabla 4 - 24 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cobre (mg/L) Material 3.....	96
Tabla 4 - 25 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cadmio (mg/L) Material No. 1.	97
Tabla 4 - 26 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cadmio (mg/L) Material No. 2.	98
Tabla 4 - 27 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Cadmio (mg/L) Material No. 3.	99
Tabla 4 - 28 Resultados de entrada y salida de la trinchera para Plomo (mg/L) Material No. 3.	100
Tabla 4 - 29 Eficiencias obtenidas para cada contaminante y cada material	101

Tabla 5 - 1 Valores de tiempo de recorrido para cada material en 160 metros de estudio.....	104
Tabla 5 - 2 Tiempo de concentración para cada material.....	104
Tabla 5 - 3 Intensidad de precipitación para cada material.....	106
Tabla 5 - 4 Caudal de entrada a la cuenca.....	106
Tabla 5 - 5 Ejemplo de cálculo de hidrograma de salida de diseño.....	108
Tabla 5 - 6 n de Manning, Lag –time (k) y coeficiente de escorrentía (c) para cada material empleado para la trinchera de retención.....	113
Tabla A - 1 Momentos en el elemento vertical central.....	138
Tabla C - 1 Abcisas medidas a lo largo del modelo.....	198
Tabla C - 2 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.....	199
Tabla C - 3 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 2.....	200
Tabla C - 4 Lag – time para material 1, aguacero 2.....	201
Tabla C - 5 Calibración n de Manning, evento 2, Sección 4.....	202
Tabla C - 6 Calibración n de Manning, evento 2, Sección 3.....	203
Tabla C - 7 Calibración n de Manning, evento 2, Sección 2.....	203
Tabla C - 8 Cálculo del paso directo para aguacero 2 a los 20 segundos.....	205
Tabla C - 9 Cálculo del paso directo para aguacero 2 a los 30 segundos.....	206
Tabla C - 10 Cálculo del paso directo para aguacero 2 a los 40 segundos.....	207
Tabla C - 11 Cálculo del paso directo para aguacero 2 a los 50 segundos.....	208
Tabla C - 12 Cálculo del paso directo para aguacero 2 a los 60 segundos.....	209
Tabla C - 13 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.....	213
Tabla C - 14 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 3.....	214
Tabla C - 15 lag – time Material 1, Aguacero 3.....	215
Tabla C - 16 Caudales medidos y calculados sección 4 Grava No 1, evento lluvioso No 3.....	216
Tabla C - 17 Caudales medidos y calculados sección 3 Grava No 1, evento pluviométrico No 3.....	216
Tabla C - 18 Caudales medidos y calculados sección 2 Grava No 1, evento lluvioso No 3.....	217
Tabla C - 19 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 10 segundos.....	219
Tabla C - 20 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 20 segundos.....	220
Tabla C - 21 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 30 segundos.....	221
Tabla C - 22 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 40 segundos.....	222
Tabla C - 23 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 50 segundos.....	223
Tabla C - 24 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 60 segundos.....	224
Tabla C - 25 Cálculo de paso directo para aguacero 3 a los 70 segundos.....	225
Tabla C - 26 Datos de entrada Iniciales para 100 metros.....	230
Tabla C - 27 Hidrograma de entrada de diseño para evento 3, 100 metros.....	231
Tabla C - 28 Cálculo de hidrograma de salida de diseño para evento 3, 100 metros.....	232
Tabla C - 29 Datos de entrada Iniciales para 130 metros.....	233
Tabla C - 30 Hidrograma de entrada real para evento 3, 130 metros.....	234
Tabla C - 31 Datos de entrada Iniciales para 160 metros.....	235
Tabla C - 32 Hidrograma de entrada real para evento 3, 160 metros.....	236
Tabla C - 33 Datos de entrada Iniciales para 190 metros.....	237

Tabla C - 34 Hidrograma de entrada real para evento 3, 190 metros.....	238
Tabla D - 1 Abscisas medidas a lo largo del modelo.	239
Tabla D - 2 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.	240
Tabla D - 3 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviometrico 4.	242
Tabla D - 4. Lag – time de material 2, evento 4.....	243
Tabla D - 5. Calibración n de Manning, evento 4, Sección 4.....	244
Tabla D - 6 Calibración n de Manning, evento 4, Sección 3.....	244
Tabla D - 7 Calibración n de Manning, evento 4, Sección 2.....	245
Tabla D - 8 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 20 segundos.....	247
Tabla D - 9 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 30 segundos.....	248
Tabla D - 10 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 40 segundos.....	249
Tabla D - 11 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 50 segundos.....	250
Tabla D - 12 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 60 segundos.....	251
Tabla D - 13 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 70 segundos.....	252
Tabla D - 14 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 80 segundos.....	253
Tabla D - 15 Cálculo de paso directo para aguacero 4, 90 segundos.....	254
Tabla D - 16 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.	259
Tabla D - 17 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviometrico 5.	261
Tabla D - 18 Lag – tme de material 2, evento 5.....	262
Tabla D - 19. Calibración n de Manning, evento 5, Sección 4.	263
Tabla D - 20 Calibración n de Manning, evento 5, Sección 3.....	264
Tabla D - 21 Calibración n de Manning, evento 5, Sección 2.....	264
Tabla D - 22 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 10 segundos.....	266
Tabla D - 23 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 20 segundos.....	267
Tabla D - 24 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 30 segundos.....	268
Tabla D - 25 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 40 segundos.....	269
Tabla D - 26 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 50 segundos.....	270
Tabla D - 27 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 60 segundos.....	271
Tabla D - 28 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 70 segundos.....	272
Tabla D - 29 Cálculo de paso directo para aguacero 5, 80 segundos.....	273
Tabla D - 30 Datos de entrada Iniciales para 100 metros.....	278
Tabla D - 31 Hidrograma de entrada real para evento 5, 100 metros.	279
Tabla D - 32 Cálculo de hidrograma de salida para evento 5, 100 metros.....	280
Tabla D - 33 Datos de entrada Iniciales para 130 metros.....	281
Tabla D - 34 Hidrograma de entrada real para evento 5, 130 metros.	282
Tabla D - 35 Datos de entrada Iniciales para 160 metros.....	283
Tabla D - 36 Hidrograma de entrada real para evento 5, 160 metros.	283
Tabla D - 37 Datos de entrada Iniciales para 190 metros.....	284
Tabla D - 38 Hidrograma de entrada real para evento 5, 190 metros.	285
Tabla E - 1 Abscisas medidas a lo largo del modelo.	287
Tabla E - 2 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.....	288
Tabla E - 3 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviometrico 6.....	289
Tabla E - 4 Lag – time Material 3, evento 6.....	292

Tabla E - 5 Calibración n de Manning, evento 6, Sección 4	293
Tabla E - 6 Calibración n de Manning, evento 6, Sección 3	293
Tabla E - 7 Calibración n de Manning, evento 6, Sección 2	294
Tabla E - 8 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 20 segundos.....	296
Tabla E - 9 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 30 segundos.....	297
Tabla E - 10 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 40 segundos.....	298
Tabla E - 11 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 50 segundos.....	299
Tabla E - 12 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 60 segundos.....	300
Tabla E - 13 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 70 segundos.....	301
Tabla E - 14 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 80 segundos.....	302
Tabla E - 15 Cálculo de paso directo, evento 6 a los 90 segundos.....	303
Tabla E - 16 Medición de nivel de agua en diferentes tiempos.....	308
Tabla E - 17 Medición de Hidrograma de salida para evento pluviométrico 7.....	310
Tabla E - 18 Lag-time Material 3, evento 7	311
Tabla E - 19 Caudales medidos y calculados sección 4 Grava No 3, evento lluvioso No 7	312
Tabla E - 20 Caudales medidos y calculados sección 3 Grava No 3, evento lluvioso No 7	312
Tabla E - 21 Caudales medidos y calculados sección 2 Grava No 3, evento lluvioso No 7	313
Tabla E - 22 Cálculo paso directo, evento 7 a los 20 segundos.	315
Tabla E - 23 Cálculo paso directo, evento 7 a los 30 segundos.....	316
Tabla E - 24 Cálculo paso directo, evento 7 a los 40 segundos.....	317
Tabla E - 25 Cálculo paso directo, evento 7 a los 50 segundos.....	318
Tabla E - 26 Cálculo paso directo, evento 7 a los 60 segundos.....	319
Tabla E - 27 Cálculo paso directo, evento 7 a los 70 segundos.....	320
Tabla E - 28 Cálculo paso directo, evento 7 a los 80 segundos.....	321
Tabla E - 29 Datos de entrada Iniciales para 100 metros	326
Tabla E - 30 Hidrograma de entrada real para evento 7, 100 metros.....	327
Tabla E - 31 Cálculo hidrograma de salida de diseño, 100 metros.	328
Tabla E - 32 Datos de entrada Iniciales para 130 metros.....	329
Tabla E - 33 Hidrograma de entrada real para evento 7, 130 metros.....	330
Tabla E - 34 Datos de entrada Iniciales para 160 metros.....	330
Tabla E - 35 Hidrograma de entrada real para evento 3, 160 metros.....	331
Tabla E - 36 Datos de entrada Iniciales para 190 metros.....	332
Tabla E - 37 Hidrograma de entrada real para evento 7, 190 metros.....	332
Tabla F- 1 Resultados ambientales para el ensayo del blanco.	334
Tabla F- 2 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 2	334
Tabla F- 3 Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 2.....	335
Tabla F- 4 Resultados de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 2.....	335
Tabla F- 5 Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 2	336
Tabla F- 6 Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 2...336	
Tabla F- 7 Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 2.....	337
Tabla F- 8 Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 2.....	337
Tabla F- 9 Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 2337	

Tabla F- 10 Resultados de metales pesados [mg/l], grava 1, evento lluvioso No 2.....	338
Tabla F- 11 Resultados de eficiencia de Zinc [mg/l], grava 1, evento lluvioso No 2.....	338
Tabla F- 12 Resultados de eficiencia de Cobre [mg/l], grava 1, evento lluvioso No 2	339
Tabla F- 13 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 3	340
Tabla F- 14 Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 1, evento lluvioso No 3.....	340
Tabla F- 15 Resultados de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 3.....	341
Tabla F- 16 Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 1, evento lluvioso No 3	341
Tabla F- 17 Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 3..	341
Tabla F- 18 Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 1, evento lluvioso No 3.....	342
Tabla F- 19: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 3.....	342
Tabla F- 20 Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 1, evento lluvioso No 3	343
Tabla F- 21 Resultados de metales pesados [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3.....	343
Tabla F- 22 Resultados de eficiencia de Cadmio [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3.....	344
Tabla F- 23 Resultados de eficiencia de Zinc [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3.....	344
Tabla F- 24: Resultados de eficiencia de Cobre [mg/L], grava 1, evento lluvioso No 3	345
Tabla F- 25 Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 4	346
Tabla F- 26 Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 4.....	346
Tabla F- 27: Resultados de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 4.....	347
Tabla F- 28 Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 4	347
Tabla F- 29 Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 4..	348
Tabla F- 30 Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 4.....	348
Tabla F- 31 Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 4.....	349
Tabla F- 32: Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 4.....	349
Tabla F- 33 Resultados de metales pesados (pH), grava 2, evento lluvioso No 4	350
Tabla F- 34 Resultados de Cadmio (Cd), grava 2, evento lluvioso No 4	350
Tabla F- 35 Resultados de Zinc (Zn), grava 2, evento lluvioso No 4	351
Tabla F- 36: Resultados de Cobre (Cu), grava 2, evento lluvioso No 4.....	351
Tabla F- 37: Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 5	352
Tabla F- 38: Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 2, evento lluvioso No 5.....	352
Tabla F- 39: Resultados de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 5.....	353
Tabla F- 40: Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 2, evento lluvioso No 5	353
Tabla F- 41: Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 5	354
Tabla F- 42: Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 2, evento lluvioso No 5.....	354
Tabla F- 43: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 5.....	355
Tabla F- 44: Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 2, evento lluvioso No 5.....	355
Tabla F- 45: Resultados de metales pesados (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5.....	356
Tabla F- 46: Resultados de eficiencia de Cadmio (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5.....	356

Tabla F- 47: Resultados de eficiencia de Zinc (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5	357
Tabla F- 48: Resultados de eficiencia de Cobre (mg/L), grava 2, evento lluvioso No 5	358
Tabla F- 49: Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 6.....	359
Tabla F- 50: Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 6.....	359
Tabla F- 51: Resultados de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 6.....	360
Tabla F- 52: Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 6	360
Tabla F- 53: Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 6	361
Tabla F- 54: Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 6.....	361
Tabla F- 55: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 6.....	362
Tabla F- 56: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 6.....	362
Tabla F- 57: Resultados de metales pesados (mg/L), grava 3, evento lluvioso No 6.....	363
Tabla F- 58: Resultados de eficiencia de Cadmio en [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 6.....	363
Tabla F- 59: Resultados de eficiencia de Zin en [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 6.....	364
Tabla F- 60: Resultados de eficiencia de Cobre en [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 6.....	364
Tabla F- 61: Resultados de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 7	365
Tabla F- 62: Resultados de eficiencia de sólidos suspendidos totales (SST), grava 3, evento lluvioso No 7.....	365
Tabla F- 63: Resultados de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 7.....	366
Tabla F- 64: Resultados de eficiencia de sólidos totales (ST), grava 3, evento lluvioso No 7	366
Tabla F- 65: Resultados de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 7	367
Tabla F- 66: Resultados de eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO), grava 3, evento lluvioso No 7.....	367
Tabla F- 67: Resultados de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 7.....	368
Tabla F- 68: Resultados de eficiencia de potencial de hidrógeno (pH), grava 3, evento lluvioso No 7.....	368
Tabla F- 69: Resultados de metales pesados (mg/L), grava 3, evento lluvioso No 7.....	369
Tabla F- 70: Resultados de eficiencia de Cadmio [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7	369
Tabla F- 71: Resultados de eficiencia de Zinc [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7.....	370
Tabla F- 72: Resultados de eficiencia de Cobre [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7	371
Tabla F- 73: Resultados de eficiencia de Plomo [mg/L], grava 3, evento lluvioso No 7.....	371