

MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 1 de 13

Elaborado por:	Clara Eugenia Roa G. Profesional de Proyecto Fundación CINARA	Anyela Torres Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena
-----------------------	--	--

- 1. Objetivo:** Dar las instrucciones para medir caudales en corrientes pequeñas, como arroyos, riachuelos o quebradas, con el método de trazador de sal y obtener el valor utilizando el programa Excel.

2. Introducción

El método de trazador de sal se utiliza para medir caudales en corrientes pequeñas como arroyos, riachuelos o quebradas. En las corrientes pequeñas se cuenta con valores de nivel o alturas cada 30 minutos que se toman automáticamente con los limnógrafos. Para convertir estos valores de nivel a caudal, se miden los caudales con este método en diferentes momentos de tal forma que se tomen valores a varios niveles de la corriente. Se iniciará con las mediciones de caudales en verano. Una vez se tengan suficientes datos (aproximadamente 20 datos en temporada seca) se tendrá una relación de niveles y caudales que permitirá tener una ecuación que convierta todos los valores de nivel a caudal.

El método de trazadores de sal consiste en verter en un punto de la quebrada una cantidad de sal conocida disuelta en agua y unos 20 metros más abajo medir el cambio de conductividad en el agua de la corriente. La conductividad inicial de la quebrada cambiará, elevándose hasta llegar a un pico para posteriormente descender y llegar a su valor inicial. Al graficar los datos de tiempo y conductividad, se tendrá un área bajo esa curva que servirá para calcular el caudal.

3. Definiciones

LIMNIGRAFO: Equipo que se instala en la corriente de agua, toma y almacena datos de niveles de agua cada determinado tiempo.

LOGGER: Dispositivo electrónico instalado dentro de los equipos que registra y almacena datos de manera automática.

MIRA: Regla que se coloca sobre el lecho del río con el fin de tener un nivel de referencia visual.

CONDUCTIVIDAD: Es una variable que indica la capacidad del agua de conducir energía eléctrica. Esta capacidad se debe a la cantidad de sales en el agua, puesto que a mayor cantidad de sales mayor capacidad de conducir energía. Esta variable se mide en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

CONDUCTÍMETRO: Es el equipo que mide la conductividad. Tiene un cable que sale del equipo y termina en un pequeño tubo que es el que se introduce en la quebrada o en la solución. Dependiendo del modelo del equipo este puede programarse para tomar datos cada 5 segundos.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL
PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS
RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 2 de 13

Elaborado por:

Clara Eugenia Roa G.
Profesional de Proyecto Fundación CINARA

Anyela Torres
Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena

4. Medición del caudal

El procedimiento de medición de caudales a través del método de trazador de sal, tiene tres pasos: calibración del conductímetro, calibración de la quebrada y las mediciones para la medición del caudal.

4.1 Calibración del conductímetro: El conductímetro debe calibrarse con frecuencia. Si es la primera vez que se va a trabajar con el equipo después de que ha estado guardado, o si el equipo ha sido usado en otro sitio diferente, se debe calibrar. Si se sigue trabajando con él después de la calibración en adelante, no se requiere una nueva sino hasta después de seis meses.

4.1.1 Conductímetro Hach Sension5

Materiales y equipos:

- Conductímetro Hach Sension5
- Solución de calibración de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

- a) Se prende el conductímetro presionando la tecla azul de encendido y EXIT.
- b) Se presiona la tecla COND o 4 para medir conductividad.
- c) Se introduce el terminal del conductímetro dentro de la solución de calibración de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ destinada para el conductímetro Hach.
- d) Se presiona la tecla CAL del equipo y se espera un tiempo hasta que se estabilice.
- e) Una vez se haya estabilizado el equipo, se continúa con el siguiente paso.

4.1.2 Conductímetro WTW 3400i (Ver manual pág. 21)

Materiales y equipos:

- Conductímetro WTW 3400i

- a) Se prende el conductímetro de la tecla que tiene el símbolo de “prendido” rojo.
- b) Se presiona la tecla CAL hasta que aparezca en la pantalla la palabra CELL
- c) Presione RUN/ENTER. Debe aparecer el valor de 0.475 $1/\text{cm}$. Si aparece este valor el equipo se encuentra calibrado. Si el equipo no está calibrado, informe y devuelva el equipo a la persona encargada del proyecto para que realice la calibración.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL
PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS
RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 3 de 13

Elaborado por:	Clara Eugenia Roa G. Profesional de Proyecto Fundación CINARA	Anyela Torres Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena
-----------------------	--	--

4.2 Calibración de la quebrada: Se deben realizar mediciones de conductividad con cantidades medidas de solución salina con una concentración conocida, con el fin de construir la ecuación lineal de concentración de sal y conductividad. Dado que cada corriente de agua tiene una composición química diferente determinada por los minerales del suelo de su cuenca, las mediciones de conductividad deben hacerse en cada corriente de agua. La composición de los minerales no varían mucho y por lo tanto estas mediciones sólo requieren hacerse cada seis meses. Aunque sería ideal hacer estas mediciones de conductividad con agua de la quebrada antes de tomar mediciones de caudal, se pueden empezar las mediciones de caudal primero, en caso de no contar todavía con la solución salina.

Materiales y equipos:

- Conductímetro
- Bureta de 1000mL
- Solución de agua destilada con una concentración de sal de 6g/L
- Balde
- Pipeta

4.2.1 Se llena la bureta de 1000mL con agua de la quebrada y se vierte en un balde. Se toma la precaución de tomar agua de donde no haya habido movimientos sobre el cauce que interfieran en el valor de la conductividad.

4.2.2 Se mide la conductividad de esta agua en el balde. Más adelante se encuentran las instrucciones específicas de operación del conductímetro dependiendo de la marca (Hach o WTW)

4.2.3 Se miden 6 mL de la solución con una pipeta de 6g/L de sal, se adicionan al agua que está en el balde y se mide la conductividad. Esta solución la suministra el proyecto.

NOTA: Para la preparación de la solución de sal se debe utilizar la misma marca de sal y se debe conservar la misma bolsa o el mismo empaque y marca para medir las cantidades de 5 y 10 gramos de sal.

4.2.4 Se repite este último paso unas 3 a 6 veces.

4.2.5 Con estos datos se construye una tabla de concentración de sal y conductividad. Con estos datos se determina la ecuación lineal de concentración de sal dependiente de conductividad para cada quebrada:



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 4 de 13

Elaborado por:	Clara Eugenia Roa G. Profesional de Proyecto Fundación CINARA	Anyela Torres Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena
-----------------------	--	--

$$Y = mX + b$$

Donde Y es concentración de sal en el agua, X es conductividad, m es la pendiente de la ecuación y b es el punto de corte.

Conductímetro Hach Sension5

- Para tomar mediciones con el conductímetro Hach, se presiona la tecla azul de encendido y EXIT.
- Se presiona la tecla COND o 4 para medir conductividad.
- Se sumerge el sensor y se presiona la tecla READ/enter. Se repite este paso cada vez que se vaya a tomar una nueva medición de conductividad después de haber adicionado los 6mL de solución salina. Se anotan en el cuaderno de campo, las cantidades de solución salina adicionadas y los valores de conductividad reportados por el equipo.

Conductímetro WTW 3400i (Ver manual pág. 30)

- Se prende el equipo presionando la tecla que tiene el símbolo rojo de encendido
- Se sumerge el sensor en el balde. Se verifica que los datos que esté reportando el equipo sean de conductividad, o sea que en la pantalla aparezca las unidades de microsiemens/centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En caso de que no sea así, se presiona la tecla verde M hasta que estas unidades aparezcan. El equipo también mide salinidad (Sal) y sólidos disueltos totales (TDS) en mg/L.
- Se anotan las cantidades de solución salina adicionada y los valores de conductividad reportados por el equipo en el cuaderno de campo. En caso de que los datos se quieran guardar en la memoria del conductímetro se siguen los siguientes pasos:
- Una vez estabilizado el dato de conductividad en la pantalla, presione la tecla STO (Store=Guardar). Debajo del valor de conductividad aparecerá "No. XXX". Este valor puede ir desde el 1 al 800 y corresponde al número de archivos que hay disponibles para guardar información. El equipo mostrará automáticamente el siguiente número de archivo disponible en ese momento de menor a mayor.
- Se confirma que se quiere guardar este valor en este número de archivo presionando la tecla RUN/ENTER.
- Aparece en la pantalla "Ident XXX" que puede ir desde el 1 al 999. Este número se puede usar como un consecutivo de los datos que se toman. Por ejemplo, se inician las mediciones en 1, para otra medición se identifica con el número 2 y así sucesivamente.
- Confirmar esta identificación presionando la tecla RUN/ENTER.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 5 de 13

Elaborado por:	Clara Eugenia Roa G. Profesional de Proyecto Fundación CINARA	Anyela Torres Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena
-----------------------	--	--

En caso de que la memoria esté llena, ver página 31 del manual.

4.3 Medición de caudal

Materiales y equipos

- Conductímetro Hach o WTW
- 2 personas, una encargada de medir la conductividad, y otra encargada de verter la solución de sal en la quebrada.
- Bolsas de plástico con 5 y 10 gramos de sal. Esta cantidad de sal debe ser medida en una balanza electrónica con una precisión igual o mayor a 0,01 gramos.

Una vez se tenga el equipo calibrado se pueden tomar las mediciones de caudal en la quebrada siguiendo el siguiente procedimiento:

4.3.1 Se definen los sitios en donde la solución de sal va a ser vertida y donde la conductividad va a ser medida. El sitio ideal donde verter la solución de sal, es donde haya un poco de turbulencia, como por ejemplo en pequeñas cascadas, donde la solución puede mezclarse rápidamente con el agua de la quebrada. El sitio para la toma de datos de conductividad debe ser a unos 20 metros aguas abajo del sitio donde se vierta la solución de sal. Deben evitarse en medio de estos dos sitios, charcos de la quebrada, donde no haya casi flujo de agua y esta tienda a estancarse.

4.3.2 Una persona debe ubicarse en el sitio donde se va a verter la solución de sal y la otra debe ubicarse en el sitio donde se van a tomar las mediciones de conductividad.

4.3.3 La persona encargada de la solución, toma una bolsa con 5 gramos de sal. Se disuelve esta cantidad en el balde con unos 200mL aproximadamente de agua de la quebrada. Se debe asegurar que no quedan residuos de sal en la bolsa para lo cual se puede verter un poco de agua en ella y añadirla al balde.

4.3.4 La persona encargada del conductímetro sigue el procedimiento siguiente dependiendo de la marca de equipo con que cuente. Esta persona debe estar ubicada en su sitio.

Conductímetro Hach Sension5

- a) Para tomar mediciones con el conductímetro Hach, se presiona la tecla azul de encendido y EXIT.
- b) Se presiona la tecla COND o 4 para medir conductividad



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL
PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS
RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 6 de 13

Elaborado por:	Clara Eugenia Roa G. Profesional de Proyecto Fundación CINARA	Anyela Torres Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena
-----------------------	--	--

- c) Se sumerge el sensor y se presiona la tecla READ/enter.
- d) Dicta o anota el dato de la conductividad inicial. Una vez empieza a cambiar este valor, dicta el dato que este midiendo el conductímetro cada 5 segundos hasta que el valor de la conductividad se estabilice

Conductímetro WTW 3400i (Ver manual pág. 32)

- a) Se prende el equipo de la tecla que tiene el símbolo rojo de encendido.
- b) Se sumerge el sensor en el balde. Se verifica que los datos que esté reportando el equipo sea de conductividad, o sea que en la pantalla aparezca las unidades de microsiemens/centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En caso de que no sea así, se presiona la tecla verde M hasta que estas unidades aparezcan. El equipo también mide salinidad (Sal) y sólidos disueltos totales (TDS) en mg/L.
- c) Para tomar y guardar los datos en el equipo cada 5 segundos se presiona la tecla RUN/ENTER, se mantiene oprimida y se presiona la tecla STO. Aparecerá en la pantalla "INT. 1 OFF"
- d) Con las flechas se escoge guardar los datos cada 5 segundos (5") o cada 10 segundos (10") dependiendo del caudal de la quebrada. Entre menos caudal, se puede usar un intervalo mayor.
- e) Se confirma con la tecla RUN/ENTER. Aparecerá "XXX Free" que significa la cantidad de posiciones o archivos libres en la memoria. Estas posiciones van del 1 al 800. El equipo mostrará automáticamente el número de archivos disponibles en ese momento. En el momento en que estén todos ocupados, se deben eliminar archivos. Ver página 33 del Manual.
- f) Se confirma con RUN/ENTER. Aparecerá en la pantalla "Ident X". Usted debe seleccionar un número consecutivo a la medición anterior o iniciar en 1 en caso de que sea la primera medición del día.
- g) Confirmar esta identificación presionando la tecla RUN/ENTER. La pantalla mostrará en intermitente dos cuadros con las palabras "Auto" y "Store" que indica que está tomando datos automáticamente.
- h) Para finalizar la función de guardado de datos automáticamente, apague el equipo presionando la tecla de encendido.

5. Otras funciones del conductímetro WTW 3400i

5.1 Verificación de datos almacenados (ver página 34 del Manual)

- a) Se prende el equipo de la tecla roja de encendido.
- b) Se presiona la tecla RCL. Podrán aparecer varias letras que significan diferentes funciones ("Sto Ser" para transferir los datos al computador, "CAL disp" para mostrar los datos de la calibración,



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 7 de 13

Elaborado por:	Clara Eugenia Roa G. Profesional de Proyecto Fundación CINARA	Anyela Torres Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena
-----------------------	--	--

“CAL Ser” para transferir los datos de calibración al computador. Para revisar los datos almacenados se debe seguir presionando la tecla RCL hasta que en la pantalla aparezca “StO DISP”.

- c) Se presiona la tecla RUN/ENTER para aceptar esta opción.
- d) En la pantalla saldrá el valor medido, el número del archivo almacenado “No. XXX” y cambiará luego de dos segundos a mostrar la temperatura.
- e) Para ubicarse en un dato determinado, es necesario presionar las flechas hacia arriba o hacia abajo hasta ubicarse en el archivo que uno quiere revisar. Esto es posible cuando la pantalla muestra el número del archivo o la temperatura.
- f) Para ver los otros datos guardados como fecha, hora y la identificación, se debe presionar la tecla RUN/ENTER.

5.2 Transferencia de datos del conductímetro al computador (Ver página 35 del Manual)

- a) Se prende el equipo de la tecla roja de encendido.
- b) Se presiona la tecla RCL. Podrán aparecer varias letras que significan diferentes funciones. Ver punto b del numeral 5.1. Para transferir datos al computador se sigue presionando la tecla RCL hasta que aparezca “Sto Ser”.
- c) Se conecta el cable para bajar datos al conductímetro y su terminal se conecta al cable azul de bajar datos del limnógrafo, el cual tiene terminal USB.
- d) Se conecta la terminal USB al computador. El programa “Multi Probe Pilot Software” (MPPS) tiene que haber sido instalado anteriormente al computador.
- e) Se abre el programa MPPS. El pide una clave, no se escribe ninguna y se presiona Ok. Ver figura 1.

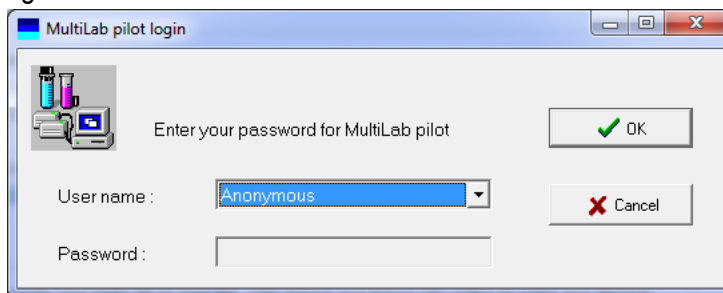


Figura 1. Ventana inicial del programa MPPS

- f) Sale la ventana siguiente de la figura 2. Se presiona Close.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 8 de 13

Elaborado por:

Clara Eugenia Roa G.
Profesional de Proyecto Fundación CINARA

Anyela Torres
Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena

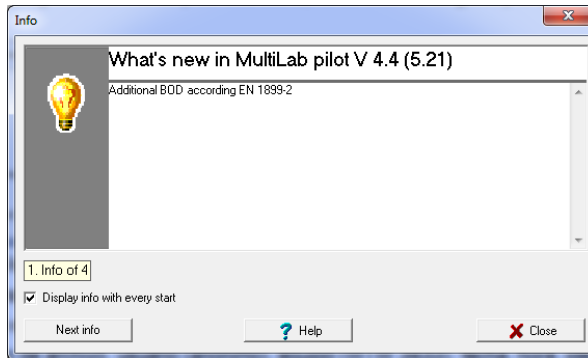


Figura 2. Información del programa

- g) Sale la siguiente ventana de la figura 3. Seleccione la primera opción para que conecte al conductímetro

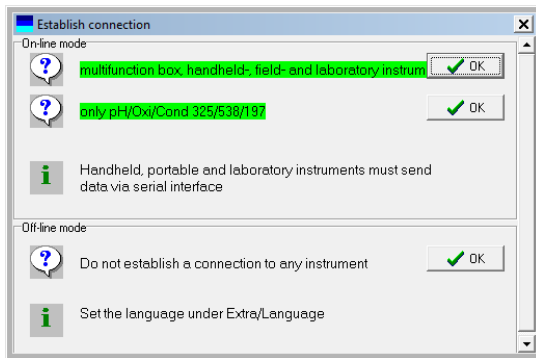


Figura 3. Ventana para seleccionar la conexión

- h) Se presiona la tecla RUN/ENTER para aceptar la transmisión de datos.
i) Aparecerá en la pantalla como se van transfiriendo los datos al programa MPPS con los datos del número de archivo, usuario (anónimo), equipo (WTW 3400i), identificación de los datos, fecha, hora, valor y unidades de la conductividad medida, valor y unidades de la temperatura medida y la temperatura de referencia. Ver figura 4.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

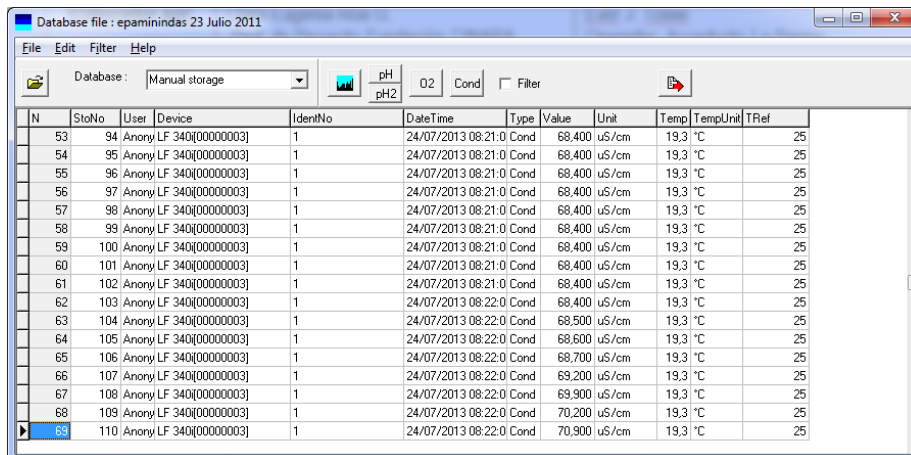
INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 9 de 13

Elaborado por:

Clara Eugenia Roa G.
Profesional de Proyecto Fundación CINARA

Anyela Torres
Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena



Database file : epaminondas 23 Julio 2011

File Edit Filter Help

Database : Manual storage

pH O2 Cond Filter

N	StoNo	User	Device	IdentNo	DateTime	Type	Value	Unit	Temp	TempUnit	TRef
53	94	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
54	95	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
55	96	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
56	97	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
57	98	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
58	99	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
59	100	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
60	101	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
61	102	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:21:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
62	103	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	68,400	uS/cm	19,3	°C	25
63	104	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	68,500	uS/cm	19,3	°C	25
64	105	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	68,600	uS/cm	19,3	°C	25
65	106	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	68,700	uS/cm	19,3	°C	25
66	107	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	69,200	uS/cm	19,3	°C	25
67	108	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	69,900	uS/cm	19,3	°C	25
68	109	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	70,200	uS/cm	19,3	°C	25
69	110	Anony	LF 340(000000003)	1	24/07/2013 08:22:0	Cond	70,900	uS/cm	19,3	°C	25

Figura 4. Datos bajados al computador

- j) El archivo se guarda seleccionando la herramienta “FILE” y “Save as”. Se debe guardar el archivo en una carpeta identificada con el nombre del acueducto, una carpeta para los caudales, una carpeta para cada quebrada y el archivo debe nombrarse con el nombre de la quebrada y la fecha. Ejemplo: Mis documentos/Acueducto La Sirena/Caudales/Epaminondas/Epaminondas 24 de Julio de 2011.
- k) Para exportar este archivo a Excel, se presiona la opción Exportar de la herramienta Edit y se escoge el formato de Excel. Se debe guardar en la misma carpeta donde se guardó el archivo original y con el mismo nombre.

5.3 Borrado de datos del conductímetro (ver página 38 del Manual)

- a) Apague el conductímetro presionando la tecla de encendido.
- b) Presione la tecla STO y manténgala oprimida. Prenda entonces el equipo nuevamente.
- c) En la pantalla aparecerá el letrero “STOCLR”.
- d) Presione la tecla RUN/ENTER.

6. Cálculos del caudal

6.1 Se debe contar con la ecuación de la quebrada a partir de los datos tomados en el paso 4.2. Estos datos se organizan en una hoja de Excel como se muestra en la figura 5.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 10 de 13

Elaborado por:

Clara Eugenia Roa G.
Profesional de Proyecto Fundación CINARA

Anyela Torres
Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena

Quebrada:	Epaminondas
Fecha:	23 de Julio de 2011
Mediciones con agua de la quebrada	
Conductividad (uS/cm)	Concentración sal (g/L)
68,4	0,0
119	0,0358
171,5	0,0711
226	0,1061

Figura 5. Datos de la calibración de la quebrada

6.2 Se grafican estos datos en Excel y se usa la opción de graficar la línea de tendencia lineal y mostrar su ecuación. Ver figura 6.

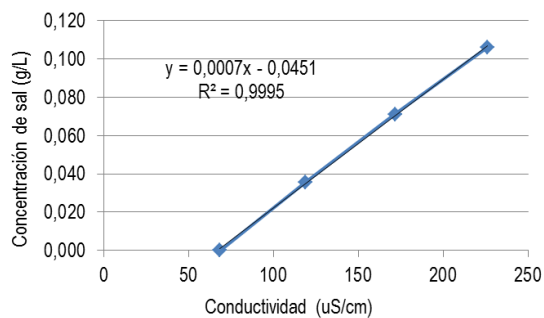


Figura 6. Gráfica de los datos de la calibración de la quebrada y su ecuación

6.3 Se organizan los datos de las mediciones del caudal (siguiendo el procedimiento 4.3) en un archivo de Excel de tal forma que quede el tiempo, los valores de conductividad y de concentración. Ver figura 7.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL
 PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS
 RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
 Fecha Emisión/Revisión:
 2 Agosto 2011

Pág: 11 de 13

Elaborado por:	Clara Eugenia Roa G. Profesional de Proyecto Fundación CINARA	Anyela Torres Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena
-----------------------	--	--

Quebrada:	Epaminondas	
Fecha:	23 de Julio de 2011	
Nivel de la mira:	2,8 cm	
Tiempo (segundos)	Conductividad (uS/cm)	Concentración de sal (g/L)
5	68,4	0,00278
10	68,4	0,00278
15	68,5	0,00285
20	68,6	0,00292
25	68,7	0,00299
30	69,2	0,00334
35	69,9	0,00383
40	70,2	0,00404
45	70,9	0,00453
50	72,2	0,00544
55	73,3	0,00621
60	74,4	0,00698
65	75,7	0,00789
70	76,5	0,00845
75	77,2	0,00894
80	77,5	0,00915
85	77,7	0,00929
90	78,3	0,00971
95	78,5	0,00985
100	78,5	0,00985
105	78,6	0,00992
110	78,6	0,00992
115	78,6	0,00992
120	78,5	0,00985
125	78,2	0,00964
130	77,9	0,00943
135	77,7	0,00929
140	77,4	0,00908
145	77,1	0,00887
150	76,8	0,00866
155	76,4	0,00838
160	76,1	0,00817

Figura 7. Datos organizados en un archivo de Excel

6.4 Graficar estos datos tal como aparece en la siguiente figura. Ver figura 8.



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL

PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 12 de 13

Elaborado por:

Clara Eugenia Roa G.
Profesional de Proyecto Fundación CINARA

Anyela Torres
Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena

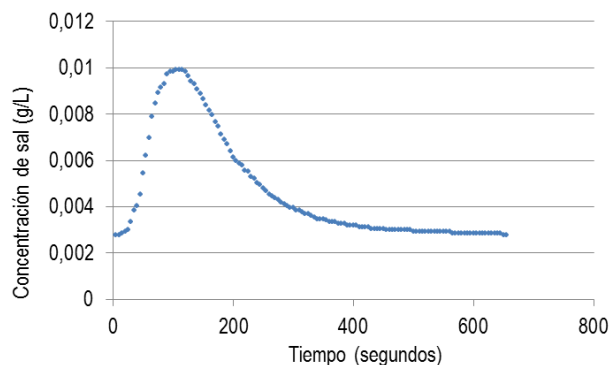


Figura 8. Gráfica de los datos tomados de conductividad (eje y) vs el tiempo (eje x).

6.5 Una vez se tengan los datos de Concentración de sal, se procede a hacer la sumatoria del área bajo la curva de la figura 8. Para esto se incluye una columna con la concentración C_i menos la concentración inicial: $C_i - C_0$. Las unidades son g/L.

6.6 Se incluye otra columna, con la integral: $[(C_i - C_0) + (C_{i+1} - C_0)]/2 \times t$. Las unidades son gxs/L. Donde t es el intervalo de tiempo. A cada dato se le suma el anterior, para tener un acumulado de las áreas.

6.7 El caudal es entonces la cantidad de sal vertida en la quebrada dividido el área bajo la curva. Ver figura 9. Las unidades del caudal son L/s o m³/s.

Quebrada:	Epaminondas	inicial (C ₀)	mediciones	inyección		
Fecha:	23 de Julio de 2011	(uS/cm)	(segundos)	(g de sal)		
Nivel de la mira:	2,8 cm	0,00278	5	5		
Tiempo (segundos)	Conductividad (uS/cm)	Concentración de sal C (g/L)	C- C ₀ (g/L)	Int. C (gxs/L)		
5	68,4	0,00278	0	0		
10	68,5	0,00285	7E-05	0,000175	Caudal (l/s)	4,14920543
15	68,6	0,00292	0,00014	0,0007	m ³ /s	0,00414921
20	68,7	0,00299	0,00021	0,001575		
25	69,2	0,00334	0,00056	0,0035		
30	69,9	0,00383	0,00105	0,007525		
35	70,2	0,00404	0,00126	0,0133		
40	70,9	0,00453	0,00175	0,020825		
45	72,2	0,00544	0,00266	0,03185		
50	73,3	0,00621	0,00343	0,047075		
55	74,4	0,00698	0,0042	0,06615		
60	75,7	0,00789	0,00511	0,089425		
65	76,5	0,00845	0,00567	0,116375		
70	77,2	0,00894	0,00616	0,14595		
75	77,5	0,00915	0,00637	0,177275		

Figura 9. Cálculos para la determinación del caudal



MEDICIÓN DE CAUDALES CON TRAZADOR DE SAL
PROYECTO DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ACUEDUCTOS
RURALES COLOMBIANOS

INST-05-00
Fecha Emisión/Revisión:
2 Agosto 2011

Pág: 13 de 13

Elaborado por:

Clara Eugenia Roa G.
Profesional de Proyecto Fundación CINARA

Anyela Torres
Auxiliar Administrativa Acueducto La Sirena

Revisó:

María Cecilia Roa
Coordinadora del Proyecto
Fundación Evaristo García

Aprobó:

Sandra Brown
Consultora Internacional
Universidad de British Columbia

