

# Medición de caudales en canales y ríos mediante sistemas ultrasónicos (doppler y tiempo de travesía)

HC 1302.1

Coordinación de Hidráulica

---



## INDICE

**1. INTRODUCCIÓN .....1**

Capítulo 1. Hidráulica Básica

Capítulo 2. Aforador de Garganta Larga. Configuración y Operación

Capítulo 3. Tecnología Doppler, y su aplicación en aforo de canales

Capítulo 4. Configuración y operación del Aforador Doppler Lateral Channel Master

Capítulo 5. Velocímetro Doppler FlowTracker

Capítulo 6. Velocímetro Doppler OTT

Capítulo 7. Aforador Doppler Sontek M9/S5

Capítulo 8. Tecnología de Tiempo de Travesía, y su aplicación en aforo de canales y tuberías



## 1. INTRODUCCIÓN

Desde 2003 a la fecha dentro de los programas de mejoramiento de la medición de la CONAGUA y CFE, el IMTA ha participado en la elaboración de especificaciones técnicas, procedimientos de medición y protocolos de mantenimiento de sistemas de medición con tecnología de punta y alto grado de precisión (error < 2%).

Los resultados de estos programas se han reflejado en la instrumentación de 42 presas de almacenamiento y 274 puntos de control en canales de los Distritos de Riego, de la CONAGUA y en las 38 principales Centrales Hidroeléctricas de la CFE.

Para multiplicar la capacitación del personal técnico de la CONAGUA y CFE, así como de empresas que contemplen la especialización en la instrumentación con equipos de medición ultrasónica (tecnología de tiempo de travesía y de efecto doppler), se plantea la implementación de un sistema de enseñanza- aprendizaje en línea para la parte de principios de aplicación y procedimientos de prueba, y complementado con un práctica en una estación de aforo para cerrar el ciclo de capacitación. Este proyecto se alinea con el tercer eje consignado en el primer mensaje a la nación del Presidente de México (1 de diciembre de 2012) en el que se establece el compromiso de impulsar el talento, la capacidad y creatividad como fuente de riqueza; para lo cual se deben formar individuos con capacidades especiales y usar las herramientas más modernas soportadas en el saber científico y tecnológico actual. También encuentra relación con el punto 2.3 del Pacto por México al promover acciones para el desarrollo del sector agua a través de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Por lo anterior, en este proyecto se elaboran nuevos contenidos como son %hidráulica básica+ y %Configuración y operación de Aforador de Tiempo de travesía Rittmeyer+ y se actualizan los de %Aforadores de Garganta Larga+, Tecnología Doppler, y su aplicación de aforo en canales y ríos+, %Configuración y operación de Aforador doppler Channel Master+, %Velocímetro Doppler Flowtracker+, Velocímetro Doppler OTT+, %Perfilador Doppler Sontek M9/S5+, %Método de la velocidad índice, calibrador de aforador automático fijo+, y %Tecnología de Tiempo de Travesía, y su aplicación en aforo de canales y tuberías+. Ya dicho material se empleó en curso dirigido a la CONAGUA.

En los siguientes capítulos se anexan los textos didácticos respectivos.

## **CAPITULO 1**

### **ASPECTOS BÁSICOS DE LA MEDICIÓN DEL AGUA**

**VÍCTOR MANUEL ARROYO CORREA**

## **Aspectos básicos de la medición del agua**

### **Temario**

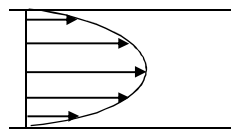
- 1 Distribución de velocidades**
  - 1.1 En una tubería**
  - 1.2 En un canal**
- 2 Conceptos básicos**
  - 2.1 Sistemas de unidades**
  - 2.2 Área hidráulica**
  - 2.3 Velocidad media**
  - 2.4 Gasto**
  - 2.5 Volumen totalizado**
- 3 Principios, tipos y características generales de la medición**
  - 3.1 Naturaleza básica del proceso de medición**
  - 3.2 Presentación digital y redondeo**
  - 3.3 Incertidumbre absoluta y relativa (precisión)**
  - 3.4 Tipos de errores en la medición**
    - 3.4.1 Error de redondeo**
    - 3.4.2 Error espurio**
    - 3.4.3 Error sistemático**
    - 3.4.4 Error aleatorio**
  - 3.5 Incertidumbre y precisión en gastos calculados**
  - 3.6 Análisis estadísticos de las mediciones**
    - 3.6.1 Distribución Gaussiana de las mediciones**
    - 3.6.2 Cuantificación de errores**
- 4 Medición del caudal en conductos hidráulicos**
  - 4.1 Métodos y técnicas de aforo**
    - 4.1.1 Principales métodos de aforo para tuberías a presión y a superficie libre**
    - 4.1.2 Principales técnicas de aforo fijas para tuberías a presión**
    - 4.1.3 Principales técnicas de aforo fijas para canales de riego**
    - 4.1.4 Principales técnicas de aforo portátiles para canales de riego**
  - 4.2 Comparación de técnicas de medición**
  - 4.3 Métodos de cálculo de gasto para conductos a superficie libre.**
    - 4.3.1 Método de la sección promedio (MEAN section)**
    - 4.3.2 Método de la sección media (MID section)**

Elaborado por :  
Dr. Víctor M. Arroyo Correa

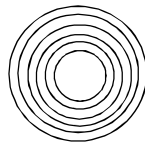
# 1 Distribución de velocidades

## 1.1 En una tubería

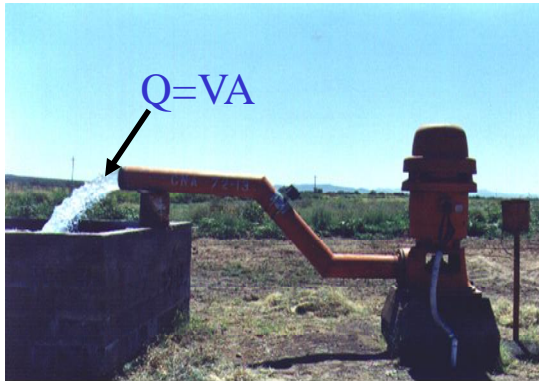
Distribución de velocidades



En la vertical



En una sección transversal



- En una tubería recta a presión la velocidad será máxima en el centro mientras que en las paredes será nula por efecto de la fricción.
- Por cuestiones práctica es conveniente hablar de una **velocidad media** y es la que se usa para medir la cantidad de agua (gasto) que está pasando por una tubería.
- En forma práctica si se conoce la velocidad media con que el agua se mueve en la tubería será posible obtener el gasto de agua, con la siguiente fórmula:

$$Q = V A$$

Q = Gasto en m<sup>3</sup>/s.

V = Velocidad media en m/s.

A = Area hidráulica en m<sup>2</sup>.

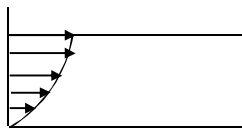
Notas:



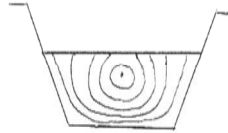
# 1 Distribución de velocidades

## 1.2 En un canal

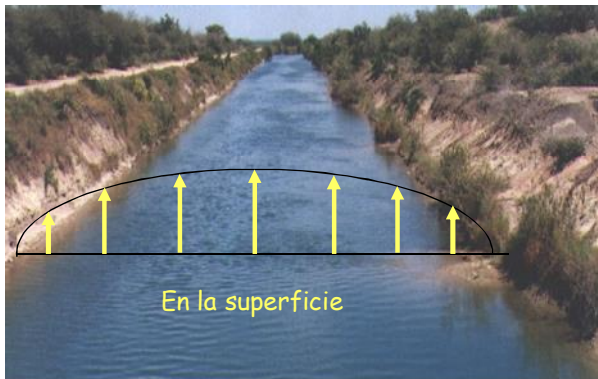
Distribución de velocidades



En la vertical



En una sección transversal



En la superficie

- Las partículas del agua se mueven con velocidades distintas.
- Hacia las orillas la velocidad es menor que en el centro del canal.
- En la vertical la velocidad en el fondo es nula mientras que hacia la superficie aumenta.
- Como en el caso de una tubería, en la práctica es común hablar de una sola velocidad para representar la velocidad que en promedio se mueve el agua en un canal.
- Esta velocidad se llama velocidad media y se usa para determinar el gasto de agua.
- El gasto que pasa por un canal se calcula por medio de la fórmula:

$$Q = V A$$

Q = Gasto en m<sup>3</sup>/s.

V = Velocidad media en m/s.

A = Area hidráulica en m<sup>2</sup>

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades (el contexto histórico)

. . . y porque pudiera suceder que al repartir las tierras hubiera duda en las medidas, declaramos que una peonía es . . . tierra de pasto para diez puercas de vientre, veinte vacas y cinco yeguas, cien ovejas y veinte cabras."

Ley primera del Título 12, Libro IV de la Recopilación de las Leyes de Indias

**"La batalla más grande que la ciencia ha librado a través del siglo XVIII, ha sido haber vencido a la naturaleza, tomándole el SISTEMA DE PESAS Y MEDIDAS"**

**Napoleón Bonaparte**

Lo que se presenta en este inciso fue tomado de la siguiente fuente:  
**EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)**  
Héctor Nava Jaimés  
Félix Pezet Sandoval  
Jorge Mendoza Illescas  
Ignacio Hernández Gutiérrez

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA  
PUBLICACIÓN TÉCNICA CNM-MMM-PT-003  
Los Cués, Qro., México  
Mayo, 2001

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades (el contexto histórico)

A finales del siglo XVIII Luis XVI, rey de Francia, estaba convocando a su programa de trabajo para asistir a la reunión de los Estados Generales.

El lugar, París **1789 (Inicio de la Rev. Francesa)**

Los problemas sociales presagiaban una gran revolución popular, entre ellos se levantaba un clamor que de tanto repetirse se volvió común: el pueblo sojuzgado por la prepotencia y las injusticias que cometían los señores feudales exigía a su soberano que impusiera su autoridad para tener un solo **rey, una sola ley y una sola medida**, en todo su territorio.

**Ejecución del Luis XVI (1793)**

**Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794):**

Fue elegido miembro de la Academia de Ciencias en 1768. Ocupó diversos cargos públicos, incluidos los de director estatal de los trabajos para la fabricación de la pólvora en 1776, miembro de una comisión para establecer un sistema uniforme de pesas en 1789 (antecesora de la Conferencia General de Pesas y Medidas) y comisario del tesoro de 1791. Lavoisier trató de introducir reformas en el sistema monetario y tributario francés y en los métodos de producción agrícola. Trabajó en el cobro de contribuciones, motivo por el cual fue arrestado en 1793.

**Fin de la Rev. Francesa : Golpe de estado por Napoleón (1799)**

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades (el contexto histórico)

Pero este sistema unificador de pesos y medidas que **Lavoisier** impulsó, continuó existiendo, creció y proliferó entre las naciones del mundo.

Sin embargo a la sombra de esta proliferación se creó un caos científico, los físicos, los mecánicos, los electricistas y aún los comerciantes establecieron sus propias formas métricas, e hicieron su aparición los sistemas *CGS*, *MKS*, *MKSA* y el *MTS* en sus variantes electrostático y electrodinámico, gravitacionales y absolutos, según el caso.

Hasta que en 1960 la *XI Conferencia General de Pesas y Medidas*, decidió adoptar el uso universal de un solo sistema de unidades al que denominó *Sistema Internacional de Unidades* y sus siglas *SI*.

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### UNIDADES DE BASE DEL SI

Son 7 unidades sobre las que se fundamenta el sistema y de cuya combinación se obtienen todas las unidades derivadas. La magnitud correspondiente, el nombre de la unidad y su símbolo se indican en la Tabla.

Magnitud	Unidad	Símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
corriente eléctrica	ampere	A
temperatura termodinámica	kelvin	K
intensidad luminosa	candela	cd
cantidad de sustancia	mol	mol

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### EJEMPLOS DE UNIDADES SI DERIVADAS EXPRESADAS EN TÉRMINOS DE LAS UNIDADES BASE:

Estas unidades se forman por combinaciones simples de las unidades del SI de base de acuerdo con las leyes de la física.

Magnitud	Unidad SI	Nombre	Símbolo
superficie	metro cuadrado		m <sup>2</sup>
volumen	metro cúbico		m <sup>3</sup>
velocidad	metro por segundo		m/s
aceleración	metro por segundo al cuadrado		m/s <sup>2</sup>
número de ondas	metro a la menos uno		m <sup>-1</sup>
masa volúmica, densidad	kilogramo por metro cúbico		kg/m <sup>3</sup>
volumen específico	metro cúbico por kilogramo		m <sup>3</sup> /kg
densidad de corriente	ampere por metro cuadrado		A/m <sup>2</sup>
campo magnético	ampere por metro		A/m
concentración (de cantidad de sustancia)	mol por metro cúbico		mol/m <sup>3</sup>
luminancia	candela por metro cuadrado		cd/m <sup>2</sup>

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### ALGUNAS UNIDADES DEL SI DERIVADAS QUE TIENEN NOMBRE Y SÍMBOLO ESPECIAL

Para facilitar la expresión de unidades derivadas formadas de combinaciones de unidades de base, se le ha dado a un cierto número de ellas un nombre y un símbolo especial. Ellas mismas pueden ser utilizadas para expresar otras unidades como se muestra en la tabla siguiente.

Magnitud	Nombre de la unidad SI derivada	Símbolo	Expresión en unidades SI de base	Expresión en otras unidades SI
ángulo plano	radián	rad	$m \cdot m^{-1} = 1$	
ángulo sólido	esterradián	sr	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$	
frecuencia	hertz	Hz	$s^{-1}$	
fuerza	newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$	
presión, esfuerzo	pascal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	N/m <sup>2</sup>
trabajo, energía, cantidad de calor	joule	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	N·m
potencia, flujo energético	watt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	
carga eléctrica, cantidad de electricidad	coulomb	C	$s \cdot A$	

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### UNIDADES SI DERIVADAS CON NOMBRES ESPECIALES

Ejemplos de unidades SI derivadas cuyos nombres y símbolos incluyen unidades SI derivadas con nombres y símbolos especiales.

Magnitud derivada	Unidad SI derivada		
	Nombre	Símbolo	Expresión en unidades SI de base
viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa·s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
momento de una fuerza	newton metro	N·m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
tensión superficial	newton por metro	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
velocidad angular	radián por segundo	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} = s^{-1}$
aceleración angular	radián por segundo cuadrado	rad/s <sup>2</sup>	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2} = s^{-2}$
flujo térmico superficial luminosidad energética	watt por metro cuadrado	w/m <sup>2</sup>	$kg \cdot s^{-3}$
capacidad térmica entropía	joule por kelvin	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
capacidad térmica másica, entropía másica	joule por kilogramo kelvin	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
energía másica	joule por kilogramo	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
conductividad térmica	watt por metro kelvin	W/(m·K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
energía volúmica	joule por metro cúbico	J/m <sup>3</sup>	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
campo eléctrico	volt por metro	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
carga eléctrica volúmica	coulomb por metro cúbico	C/m <sup>3</sup>	$m^{-3} \cdot s \cdot A$

12

Notas:



## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

**UNIDADES QUE NO PERTENECEN AL SI,  
PERO QUE SE ACEPTAN PARA UTILIZARSE  
CON EL MISMO**

Este tipo de unidades no pertenece al Sistema Internacional de Unidades, pero por su uso extendido se considera que es preferible mantenerlas.

En la tabla se indican sus equivalencias con las unidades del SI.

Nombre	Símbolo	Valor en unidades SI
minuto	min	1 min = 60 s
hora	h	1 h = 60 min = 3 600 s
día	d	1 d = 24 h = 86 400 s
grado	°	1° = (π/180) rad
minuto	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
segundo	''	1'' = (1/60)' = (π/648 000) rad
litro	L,l	1 L = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
tonelada	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
neper	Np	1 Np = 1
bel	B	1 B = (1/2) ln 10 (Np)

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

UNIDADES QUE NO SON DEL SI, QUE SE ACEPTAN PARA UTILIZARSE CON EL SI Y CUYO VALOR SE OBTIENE EXPERIMENTALMENTE

Nombre	Símbolo	Valor en unidades SI
electronvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1,602 \ 177 \ 33 \ (49) \cdot 10^{-19} \text{ J}$
unidad de masa atómica unificada	u	$1 \text{ u} = 1,660 \ 540 \ 2(10) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
unidad astronómica	ua	$1 \text{ ua} = 1,495 \ 978 \ 706 \ 91(30) \cdot 10^{11} \text{ m}$

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### UNIDADES QUE NO SON DEL SI QUE PUEDEN UTILIZARSE CON EL SISTEMA INTERNACIONAL

Estas unidades que no son del SI se utilizan para responder a necesidades específicas en el campo comercial o jurídico o por interés particular científico. Las equivalencias de estas unidades con las unidades del SI deben ser mencionadas en todos los documentos donde se utilicen. Es preferible evitar emplearlas.

Magnitud	Símbolo	Valor en unidades SI
milla marina		1 milla marina= 1 852 m
nudo		1 milla marina por hora = (1 852/3 600) m/s
area	a	1 a=1 dam <sup>2</sup> =10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>
hectárea	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
bar	bar	1 bar = 0,1 Mpa=100 kPa = 1000 hPa=10 <sup>5</sup> Pa
ánstrom	Å	1 Å=0,1 nm=10 <sup>-10</sup> m
barn	b	1 b=100 fm <sup>2</sup> = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### OTROS EJEMPLOS DE UNIDADES FUERA DEL SI

La tabla contiene unidades que aparecen todavía en libros de texto que no han sido actualizados y se recomienda que en caso de ser usadas en documentos técnicos se especifique su relación con las unidades del SI.

Nombre	Símbolo	Valor en unidades SI
Curie	Ci	1Ci=3,7•10 <sup>10</sup> Bq
röntgen	R	1R=2,58•10 <sup>4</sup> C/kg
rad	rad	1rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
rem	rem	1 rem = 1cSv = 10 <sup>-2</sup> Sv
unidad X		1 unidad X≈1,002•10 <sup>4</sup> nm
gamma	γ	1 γ=1nt= 10 <sup>9</sup> T
jansky	Jy	1 Jy=10 <sup>-26</sup> W•m <sup>-2</sup> •Hz <sup>-1</sup>
fermi		1 fermi=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
quilate métrico		1 quilate métrico = 200 mg=2•10 <sup>-4</sup> kg
torr	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
atmósfera normal	atm	1atm=101 325 Pa
caloría	cal	tiene varios valores (ver capítulo V "correspondencia entre unidades")
micrón	μ	1 μ=1 μm=10 <sup>-6</sup> m
kilogramo fuerza	kgf	1 kgf=9,806 65 N
stere	st	1 st=1 m <sup>3</sup>

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### PREFIJOS DEL SI

En la actualidad existen 20 prefijos, debido al gran número de ellos se dificulta su utilización; en un tiempo estuvieron sujetos a desaparecer para substituirlos por potencias positivas y negativas de base 10. Los prefijos no contribuyen a la coherencia del SI pero se ha visto la necesidad de su empleo para facilitar la expresión de cantidades muy diferentes.

Nombre	Símbolo	Valor		
yotta	Y	$10^{24}$	=	1 000 000 000 000 000 000 000 000
zetta	Z	$10^{21}$	=	1 000 000 000 000 000 000 000
exa	E	$10^{18}$	=	1 000 000 000 000 000 000
peta	P	$10^{15}$	=	1 000 000 000 000 000
tera	T	$10^{12}$	=	1 000 000 000 000
giga	G	$10^9$	=	1 000 000 000
mega	M	$10^6$	=	1 000 000
kilo	k	$10^3$	=	1 000
hecto	h	$10^2$	=	100
deca	da	$10^1$	=	10
deci	d	$10^{-1}$	=	0,1
centi	c	$10^{-2}$	=	0,01
mili	m	$10^{-3}$	=	0,001
micro	$\mu$	$10^{-6}$	=	0,000 001
nano	n	$10^{-9}$	=	0,000 000 001
pico	p	$10^{-12}$	=	0,000 000 000 001
femto	f	$10^{-15}$	=	0,000 000 000 000 001
atto	a	$10^{-18}$	=	0,000 000 000 000 000 001
zepto	z	$10^{-21}$	=	0,000 000 000 000 000 000 001
yocto	y	$10^{-24}$	=	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### ALGUNAS REGLAS DE ESCRITURA DE LOS SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES Y LOS PREFIJOS

No.	Descripción	Escribir	No escribir
1	El uso de unidades que no pertenecen al SI debe limitarse a aquellas que han sido aprobadas por la Conferencia General de Pesas y Medidas.		
2	Los símbolos de las unidades deben escribirse en caracteres romanos rectos, no en caracteres oblicuos ni con letras cursivas.	m Pa	<i>m</i> <i>Pa</i>
3	El símbolo de las unidades debe escribirse con minúscula a excepción hecha de las que se derivan de nombres propios. No utilizar abreviaturas.	metro            m segundo        s ampere         A pascal         Pa	Mtr Seg Amp. pa
4	En los símbolos, la sustitución de una minúscula por una mayúscula no debe hacerse ya que puede cambiar el significado.	5 km para indicar 5 kilómetros	5 Km porque significa 5 kelvin metro
5	En la expresión de una magnitud, los símbolos de las unidades se escriben después del valor numérico completo, dejando un espacio entre el valor numérico y el símbolo. Solamente en el caso del uso de los símbolos del grado, minuto y segundo de ángulo plano, no se dejará espacio entre estos símbolos y el valor numérico.	253 m 5 °C 5°	253m 5°C 5 °
6	Contrariamente a lo que se hace para las abreviaciones de las palabras, los símbolos de las unidades se escriben sin punto final y no deben pluralizarse para no utilizar la letra s que por otra parte representa al segundo. En el primer caso existe una excepción: se pondrá punto si el símbolo finaliza una frase o una oración.	50 mm 50 kg	50 mm. 50 kgs
7	Cuando la escritura del símbolo de una unidad no pareciese correcta, no debe substituirse este símbolo por sus abreviaciones aún si estas pareciesen lógicas. Se debe recordar la escritura correcta del símbolo o escribir con todas las letras el nombre de la unidad o del múltiplo a que se refiera.	segundo o s ampere o A kilogramo o kg litros por minuto o L/min s <sup>-1</sup> o min <sup>-1</sup> km/h	seg. Amp. Kgr LPM RPS ó RPM KPH

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### ALGUNAS REGLAS DE ESCRITURA DE LOS SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES Y LOS PREFIJOS

No.	Descripción	Escribir	No escribir
8	Cuando haya confusión con el símbolo l de litro y la cifra 1, se puede escribir el símbolo L, aceptada para representar a esta unidad por la Conferencia General de Pesas y Medidas.	11 L	11 l
9	Las unidades no se deben representar por sus símbolos cuando se escribe con letras su valor numérico.	cincuenta kilómetros	cincuenta km
10	Las unidades de las magnitudes derivadas deben elegirse tomando en consideración principalmente las unidades de las magnitudes componentes de su definición.	momento de una fuerza: newton metro energía cinética: joule	momento de una fuerza: newton metro=joule energía cinética: newton metro
11	No deben agregarse letras al símbolo de las unidades como medio de información sobre la naturaleza de la magnitud considerada. Las expresiones MWe para "megawatts eléctrico", Vac para "volts corriente alterna" y kJt para "kilojoules térmico" deben evitarse. Por esta razón no deben hacerse construcciones SI equivalentes al de las abreviaciones "psia" y "psig" para distinguir entre presión absoluta y presión manométrica; en este caso, la palabra presión es la que debe ser calificada apropiadamente.	presión manométrica de 10 kPa  presión absoluta de 10 kPa  tensión en corriente alterna: 120 V	10 kPa man.  10 kPa abs.  120 Vac
12	El signo de multiplicación para indicar el producto de dos o más unidades debe ser de preferencia un punto. Este punto puede suprimirse cuando la falta de separación de los símbolos de las unidades que intervengan en el producto no se preste a confusión	N • m, N m, para designar: newton metro o m • N, para designar: metro newton	mN que se confunde con milinewton
13	Cuando se escribe el producto de los símbolos éste se expresa nombrando simplemente a estos símbolos.	m • s se dice metro segundo kg • m se dice kilogramo metro	metro por segundo kilogramo por metro
14	Cuando una magnitud es el producto de varias magnitudes y entre estas no existe ningún cociente, el símbolo de la unidad de esta magnitud se forma por el producto del símbolo de las unidades componentes.	viscosidad dinámica ( $\eta$ ): Pa•s momento magnético ( $m$ ): A•m <sup>2</sup>	Pa•s A•m <sup>2</sup>

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### ALGUNAS REGLAS DE ESCRITURA DE LOS SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES Y LOS PREFIJOS

No.	Descripción	Escribir	No escribir
23	En la escritura de los múltiplos y submúltiplos de las unidades, el nombre del prefijo no debe estar separado del nombre de la unidad.	microfarad	micro farad
24	Debe evitarse el uso de unidades de diferentes sistemas.	kilogramo por metro cúbico.	kilogramo por galón
25	Celsius es el único nombre de unidad que se escribe siempre con mayúscula, los demás siempre deben escribirse con minúscula, exceptuando cuando sea principio de una frase.	El newton es la unidad SI de fuerza. El grado Celsius es una unidad de temperatura. Pascal es el nombre dado a la unidad SI de presión	el Newton es la unidad SI de fuerza El grado celsius es la unidad de temperatura
26	El plural de los nombres de las unidades se forma siguiendo las reglas para la escritura del lenguaje.	10 newtons 50 gramos	10 N's ó 10 Newton 50 gramo
27	Sin embargo, se recomienda los plurales irregulares para los siguientes casos.	Singular      Plural lux              lux hertz           hertz siemens        siemens	luxes hertzes
28	Para escribir un producto con el nombre completo de las unidades que intervienen, debe dejarse un espacio o un guión entre el nombre de ellas.	newton metro o newton-metro exceptuando: wathora	watt-hora
29	Los prefijos deberán ser usados con las unidades SI para indicar orden de magnitud ya que proporcionan convenientes substitutos de las potencias de 10.	18,4 Gm	18 400 000 000 m
30	Se recomienda el uso de prefijos escalonados de mil en mil.	micro ( $\mu$ ), mili (m) kilo (k), mega (M)	preferir 0.1 kg a 1hg

20

Notas:



## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### ALGUNAS REGLAS DE ESCRITURA DE LOS SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES Y LOS PREFIJOS

No.	Descripción	Escribir	No escribir
38	Los valores numéricos serán expresados, cuando así correspondan, en decimales y nunca en fracciones. El decimal será precedido de un cero cuando el número sea menor que la unidad.	1,75 m 0,5 kg	1 3/4 m 1/2 kg
39	Se recomienda generalmente que los prefijos sean seleccionados de tal manera que los valores numéricos que le antecedan se sitúen entre 0,1 y 1 000.	9 Gg 1,23 nA	9 000 000 kg 0, 001 23 μA
40	Otras recomendaciones cuyas reglas específicas no se indican pero que es conveniente observar	20 mm x 30 mm x 40 mm 200 nm a 300 nm 0 V a 50 V (35,4 ± 0,1) m 35,4 m ± 0,1 m incertidumbre relativa: Ur = 3 x 10 <sup>-6</sup> 25 cm <sup>3</sup> TΩ MΩ	20 x 30 x 40 mm 200 a 300 nm 0 - 50 V 35,4 ± 0,1 m 35,4 m ± 0,1 Ur = 3 ppm 25 cc Tohm Mohm

21

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### ALGUNAS REGLAS DE ESCRITURA DE LOS SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES Y LOS PREFIJOS

##### REGLAS ADICIONALES DE ESCRITURA

Regla	Enunciado	Ejemplo
Signo decimal	El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (.). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero *	70,250 0,468
Números	Los números deben ser impresos generalmente en tipo romano (recto); para facilitar la lectura con varios dígitos, estos deben ser separados en grupos, preferentemente de tres, contando del signo decimal a la derecha y a la izquierda. Los grupos deben ser separados por un pequeño espacio, nunca por una coma, un punto u otro medio.	943,056 7 801 234,539 0,542

Tabla 11a. Reglas para la escritura del signo decimal y los números

Reglas	Fecha	Ejemplos
Se utilizan dos o cuatro caracteres para el año, dos para el mes y dos para el día, en ese orden	9 de julio de 1996	1996-07-09 ó 96-07-09
	12 de noviembre de 1997	1997-11-12 ó 97-11-12
	3 de enero de 2000	2000-01-03

Tabla 11b. Reglas para la escritura de fechas por medio de dígitos

\*NOTA: La Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-1993 establece como separador decimal la coma. La Norma Internacional ISO-31 parte 0:1992 reconoce que en el idioma inglés se usa frecuentemente el punto pero de conformidad con la decisión del Consejo de la ISO, se acepta exclusivamente la coma como separador decimal en todos los documentos ISO. El BIPM en su publicación "Le Système International d'Unités" 7ª edición 1998 en la parte correspondiente a su prefacio manifiesta que por decisión del CIPM aprobada en 1997 se acepta el punto decimal pero únicamente en los textos en idioma inglés. Debido a esto la tendencia en los círculos técnicos y científicos en México, de usar el punto como separador decimal, requiere previamente el cambio de la NOM-008-SCFI-1993 que por otra parte, debe ser congruente con la normatividad que establecen los organismos internacionales.

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

#### MAGNITUDES Y UNIDADES

El SI cubre todo el campo del conocimiento del hombre. En esta sección se mencionan las magnitudes, las unidades, así como sus correspondientes símbolos en 10 ramas de la física.

En las tablas que se describen a continuación los números de la columna de la izquierda corresponden con los de la Norma Internacional ISO 31[11] en la que se basa este capítulo.

Las unidades subrayadas con línea punteada no son del SI, pero se toleran para utilizarse con dicho sistema.

Las magnitudes adimensionales son magnitudes que cuando se expresan como el producto de factores que representan una potencia de las magnitudes de base, estos factores tienen todos sus exponentes reducidos a cero; es decir, son magnitudes formadas por el cociente de magnitudes de la misma naturaleza.

Por ejemplo:

$$\begin{aligned} \text{eficiencia} &= \frac{\text{energía estado 1}}{\text{energía estado 2}} \\ &= \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} \end{aligned}$$

$$= \text{kg}^0 \cdot \text{m}^0 \cdot \text{s}^0 = 1$$

en las tablas se identifica como unidad de las magnitudes adimensionales el nombre genérico 1 y como su símbolo 1.

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

No.	Magnitud	Símbolo	Nombre de la unidad	Símbolo internacional de la unidad
1-1	ángulo	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$	radián <del>grado</del> <del>minuto</del> <del>segundo</del>	rad ° ' "
1-2	ángulo sólido	$\Omega$	esterradián	sr
1-3.1	longitud	l, L	metro	m
1-3.2	ancho	b		
1-3.3	altura	h		
1-3.4	espesor	d, $\delta$		
1-3.5	radio	r, R		
1-3.6	diámetro	d, D		
1-3.7	longitud de trayectoria	s		
1-3.8	distancia	d, r		
1-3.9	coordenadas cartesianas	x, y, z		
1-3.10	radio de curvatura	$\rho$		
1-4	curvatura	$\kappa$	metro a la menos uno	$m^{-1}$
1-5	área	A, (S)	metro cuadrado	$m^2$
1-6	volumen	V	metro cúbico <del>litro</del>	$m^3$ l, L
1-7	tiempo intervalo de tiempo, duración	t	segundo <del>minuto</del> <del>hora</del> <del>día</del>	s min h
1-8	velocidad angular	$\omega$	radián por segundo	rad/s
1-9	aceleración angular	$\alpha$	radián por segundo al cuadrado	$rad/s^2$
1-10	velocidad	v, c, u, w	metro por segundo	m/s
1-11.1	aceleración	a	metro por segundo al cuadrado	$m/s^2$
1-11.2	aceleración de caída libre	g		
1-11.3	aceleración debida a la gravedad			

24

Tabla 12a. Magnitudes y unidades de espacio y tiempo

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

No.	Magnitud	Símbolo	Nombre de la unidad	Símbolo internacional de la unidad
3-16.1	deformación lineal	$\epsilon, e$	uno	1
3-16.2	deformación angular	$\gamma$		
3-16.3	deformación de volumen	$\phi$		
3-17	coeficiente de Poisson número de Poisson	$\mu, \nu$	uno	1
3-18.	módulo de elasticidad	E	pascal	Pa
3-28.2	módulo de corte,	G		
3-18.3	módulo de rigidez módulo de compresión	K		
3-19	compresibilidad	$\kappa$	pascal a la menos uno	Pa <sup>-1</sup>
3-20.1	momento segundo de área (momento segundo axial de área)	$I_a, (I)$	metro a la cuarta potencia	m <sup>4</sup>
3-20.2	momento segundo polar de área	$I_p$		
3-21	módulo de sección	Z, W	metro cúbico	m <sup>3</sup>
3-22.1	factor de fricción dinámica	$\mu, (f)$	uno	1
3-22.2	factor de fricción estática	$\mu_s, (f_s)$		
3-23	viscosidad, (viscosidad dinámica)	$\eta, (\mu)$	pascal segundo	Pa • s
3-24	viscosidad cinemática	$\nu$	metro cuadrado por segundo	m <sup>2</sup> /s
3-25	tensión superficial	$\gamma, \sigma$	newton por metro	N/m
3-26.1	energía	E	joule	J
3-26.2	trabajo	W, (A)		
3-26.3	energía potencial	$E_p, V, \Phi$		
3-26.4	energía cinética	$E_k, T$		
3-27	potencia	P	watt	W
3-28	eficiencia	$\eta$	uno	1
3-29	gasto masa	$q_m$	kilogramo por segundo	kg/s
3-30	gasto volumétrico	$q_v$	metro cúbico por segundo	m <sup>3</sup> /s

25

Tabla 12c. Magnitudes y unidades de mecánica (Concluye)

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

Universalmente se conocen tres sistemas de unidades: SI, CGS y técnico. Algunas unidades correspondientes a estos sistemas, se presentan a continuación.

<b>SISTEMAS DE UNIDADES MAS COMUNES</b>			
MAGNITUD	SI (MKS, métrico decimal)	CGS (absoluto, cegesimal)	TÉCNICO (gravitacional, terrestre)
Longitud	m	cm	m
Tiempo	s	s	s
Masa	kg	g	umt (slug)
Fuerza	N	dina	Kgf (kilopondio, ökilosö)
Presión	dina/cm <sup>2</sup>	Pa=N/m <sup>2</sup>	Kgf/m <sup>2</sup>
Trabajo	ergio	Joule (J)	B.T.U.
Potencia	ergio/s	Watt (J/s)	H.P

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

En la práctica es muy recomendable tener en cuenta algunas equivalencias para convertir unidades de un sistema a otro. Por ejemplo:

Algunas equivalencias			
Longitud	Área	Volumen	Fuerza
1 m=100 cm	1 L= 1 dm <sup>3</sup>	1 L= 1 dm <sup>3</sup>	1 N=1 kg m/s <sup>2</sup>
1 pulgada [plg] =2.54 cm	1 m <sup>3</sup> =1000 L= 1000 dm <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> =1000 L= 1000 dm <sup>3</sup>	1 kgf=1 kg 9.80665 m/s <sup>2</sup> =9.80665 N
1 pie [ft] = 12 plg	1 dm <sup>3</sup> =1000 cm <sup>3</sup>	1 dm <sup>3</sup> =1000 cm <sup>3</sup>	1 Libra =0.454 kgf
1 yarda [yd]= 3 ft	1 cm <sup>3</sup> = 1 mililitro[ml]	1 cm <sup>3</sup> = 1 mililitro[ml]	
1 yd=3 ft=0.9144 m	1 área =100 m <sup>2</sup>	1 pie <sup>3</sup> =28.3168 L	
1 milla=1760 yd=1.6093 km	1 hectárea =10 000 m <sup>2</sup>	1 galón inglés =4.546 L	
1 milla náutica=2025.4 yd=1.853 km	1 acre =0.4047 ha	1 galón US =3,785 L	

27

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

Ejemplo 1:

Convertir un gasto de 1000 pies cúbicos por segundo a m<sup>3</sup>/s.

$$Q = 1000 \frac{\text{pies}^3}{\text{s}} \frac{(0.3048\text{m})^3}{\text{pies}^3} = 28.31685 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ejemplo 2:

La capacidad del embalse de una presa al NAME es de 138 hm<sup>3</sup>. ¿Cual es su capacidad en m<sup>3</sup>?

$$V = 138 \text{ hm}^3 \frac{(1 \times 10^2 \text{ m})^3}{\text{hm}^3} = 138 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Notas:



## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

Ejemplo 3:

En un sistema AGL el gasto se obtiene mediante la ecuación  $Q=KH^n$ . Donde  $H$  es la carga sobre la garganta,  $K$  y  $n$  son constantes empíricas que dependen de la forma del aforador y el sistema de unidades empleado.

Si se sabe que en el sistema métrico la ecuación del AGL es:  $Q = 16.837H^{1.6582}$

Donde:

$Q$ [m<sup>3</sup>/s]

$H$ [m]

¿Cómo es la ecuación en el sistema inglés?

Primero se tiene que determinar cuales son las unidades de  $K$ . Para ello se despeja de la ecuación:

$$K = QH^{-n}$$

Donde se puede observar que sus unidades son:

$$[K] = [L^{3-n} T^{-1}]$$

Entonces en el sistema métrico las unidades serán:

$$[K] = [m^{(3-n)} s^{-1}]$$

En el sistema inglés será:

$$[K] = [m^{(3-n)} s^{-1}] = [3.2808^{(3-n)} s^{-1}]$$

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.1 Sistemas de unidades

En el sistema inglés será:

$$[K] = [m^{(3-n)} s^{-1}] = [3.2808^{(3-n)} s^{-1}]$$

Entonces en forma general se puede concluir:

$$K[\text{cft}] = K[\text{m}^3/\text{s}] * [3.2808^{(3-n)}]$$
$$K[\text{m}^3/\text{s}] = K[\text{cfs}] / [3.2808^{(3-n)}]$$

Finalmente la ecuación en el sistema inglés será:

$$Q = 16.837 * 3.2808^{(3-1.6582)} H^{1.6582} = 82.909892H^{1.6582}$$

En donde ahora:

Q[pies<sup>3</sup>/s]  
H[pies]

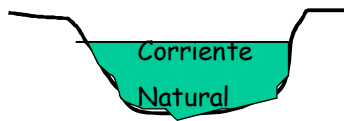
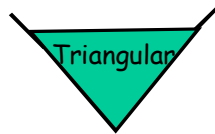
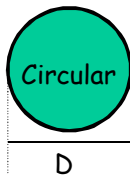
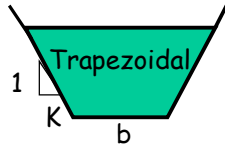
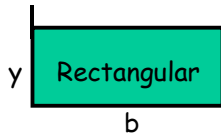
Comprobación:

Si H=1.58m, Q=35.953194 m<sup>3</sup>/s= 1269.6287 cfs  
Si H=5.183664 pies, Q=1269.4546 cfs

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.2 Área hidráulica



- Si se realizará un corte transversal en un canal el área hidráulica es la porción ocupada por el agua.
- El área hidráulica es perpendicular al vector de velocidad media.
- Por ejemplo para algunas secciones el área hidráulica se calcula con la siguientes fórmulas:

#### Tipo de sección Fórmula

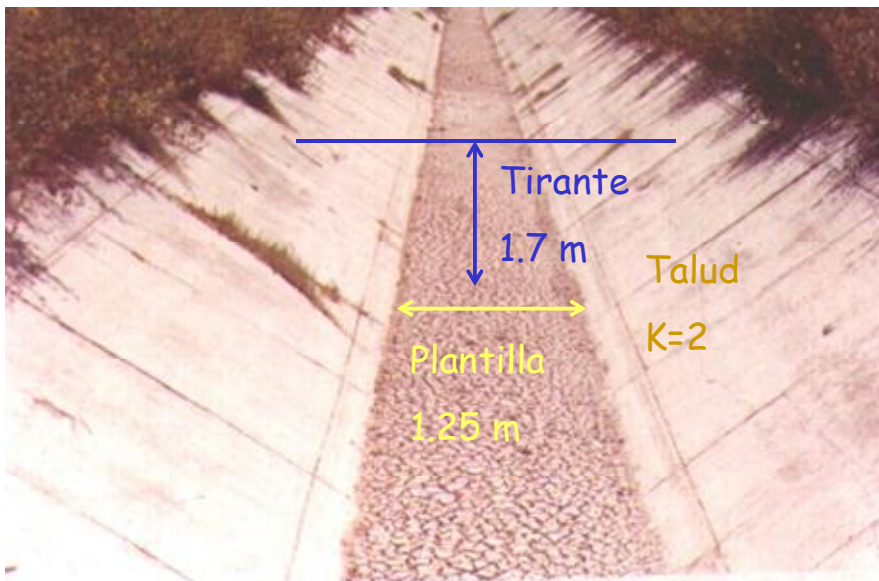
Rectángulo	$A=by$
Trapezio	$A=by+ ky^2$
Circular	$A=\pi D^2/4$
Triangular	$A= ky^2$

- En las fórmulas anteriores  $A$  es el área hidráulica;  $b$  es el ancho de la parte inferior del canal (normalmente llamada plantilla);  $y$  es la profundidad (también llamada *tirante*);  $y$   $k$  es el talud de las paredes del canal.

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.2 Área hidráulica (continuación 1)

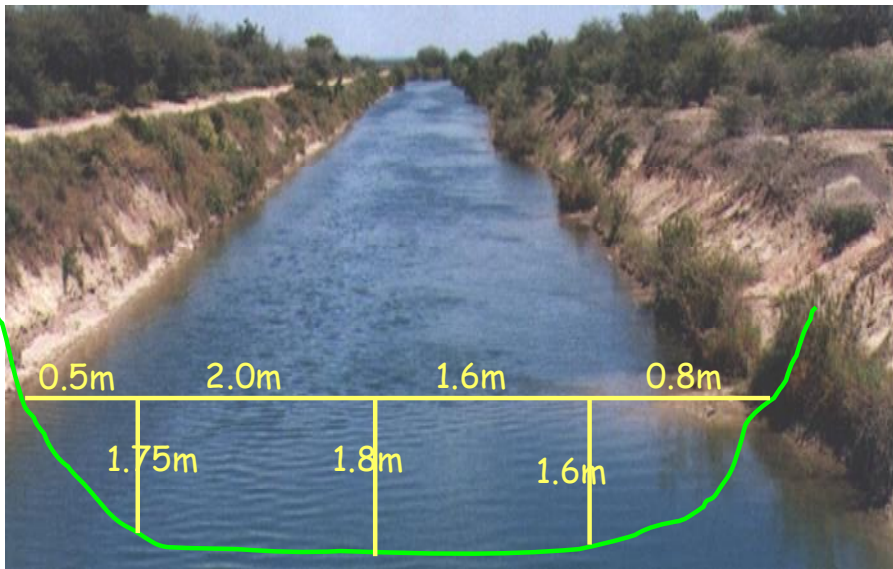


$A=?$

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.2 Área hidráulica (continuación 2)



El área se divide en pequeñas áreas llamadas dovelas.

El área de cada dovela se aproxima con la fórmula del trapecio (base mayor+base menor por la altura entre dos).

El área hidráulica será la suma del área de cada dovela.

Por ejemplo para el caso que se muestra será:

$$\text{Dovela 1} = (1.75+0)0.5/2=0.4375\text{m}^2$$

$$\text{Dovela 2} = (1.75+1.8)2/2= 3.55 \text{ m}^2$$

$$\text{Dovela 3} = (1.8+1.6)1.6/2=2.72\text{m}^2$$

$$\text{Dovela 4} = (1.6+0)0.8/2 =0.64\text{m}^2$$

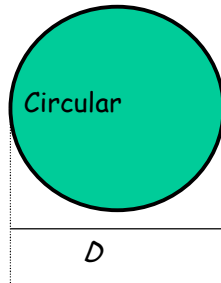
$$\text{Área hidráulica} = 7.3475 \text{ m}^2$$

Entre más dovelas se tengan la aproximación será mejor.

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.2 Área hidráulica (continuación 3)



$$A = \pi D_i^2 / 4$$

$$D_i = D_e - 2e$$

$$D_e = C / 3.1416$$

$D_i$  es el diámetro interno

$D_e$  es el diámetro externo

$C$  es la longitud de la  
circunferencia externa

$e$  es el espesor de la tubería

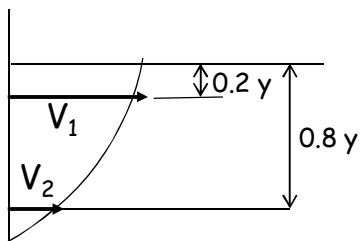
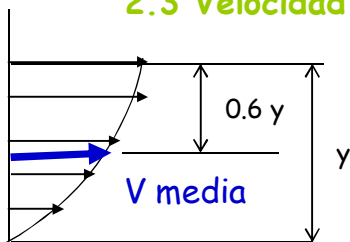
El área hidráulica en tuberías a presión no varía y adquiere un valor constante.

Notas:

Por favor dar acuse de este correo.

## 2 Conceptos básicos

### 2.3 Velocidad media en conductos a superficie libre



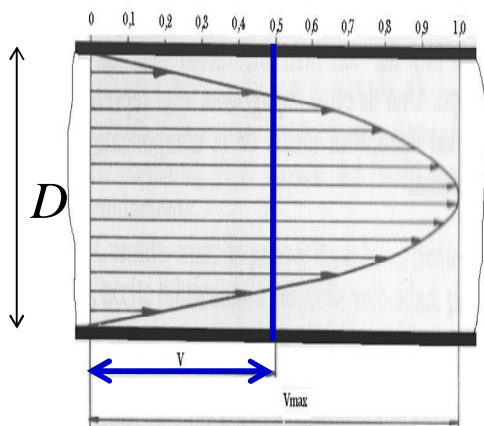
$$\text{Velocidad media (V)} = (V_1 + V_2) / 2$$

- La velocidad media en la vertical está de 0.55 a 0.65 de la profundidad.
- La velocidad a una profundidad de 0.6 está generalmente dentro 5% de la velocidad media.
- La media de las velocidades a las profundidades de 0.2 y la de 0.8 da por lo común la velocidad media en el plano vertical dentro del 2%.
- La velocidad media en la vertical es generalmente de 0.8 a 0.95 de la profundidad superficial. Aceptándose como promedio 0.85.

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.3 Velocidad media en tuberías a presión



$$Q = \int v dA = VA$$

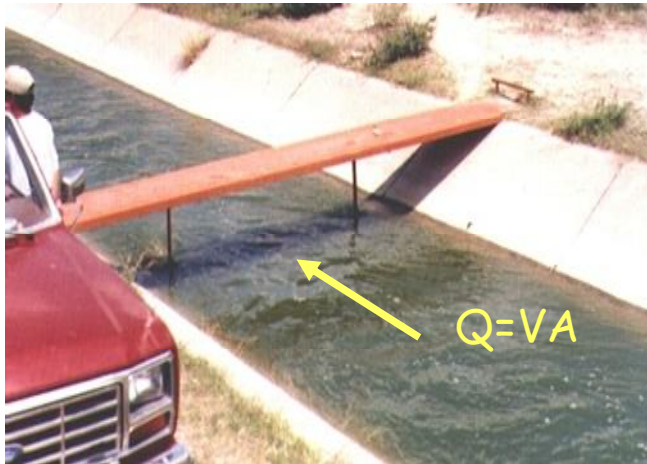
$$Q = \frac{V}{A}$$

Notas:



## 2 Conceptos básicos

### 2.4 Gasto



Es importante que las unidades empleadas en medir la velocidad y el área sean dimensionalmente homogéneas

- Conociendo el área hidráulica y la velocidad media es posible obtener la cantidad de agua (gasto) que pasa en la unidad de tiempo.

- El gasto que pasa por un conducto se calcula por medio de la fórmula:

$$Q = V A$$

Q = Gasto en  $m^3/s$ .

V = Velocidad media en  $m/s$ .

A = Área hidráulica en  $m^2$

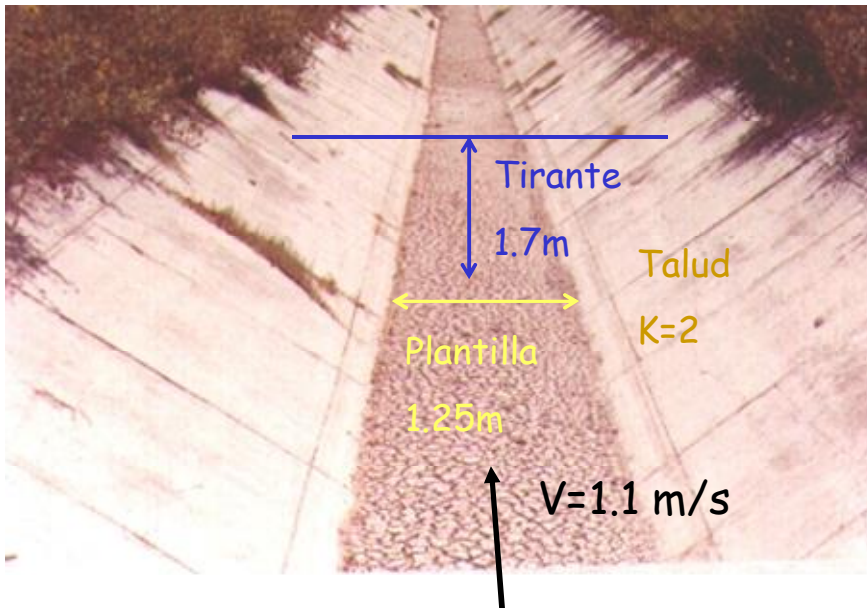
- El gasto también puede medirse en otras unidades como por ejemplo litros por segundo o por hora.

- Un metro cúbico de agua equivale a 1000 litros de agua.

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.4 Gasto (continuación 1)



$Q = ?$

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.4 Gasto (continuación 2)



$C=40\text{cm}$

$e=5\text{mm}$

$Q=30\text{ lps}$

$V=?$

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.5 Volumen totalizado



- El volumen totalizado se refiere a la cantidad de agua que pasó en una tubería o en un canal durante un lapso de tiempo (un día , un mes, un año, etc.).
- El volumen totalizado se puede medir en diferentes unidades: por ejemplo litros, metros cúbicos, hectómetros cúbicos, etc.
- La forma de calcular el volumen totalizado se realiza con la siguiente fórmula:

$$V_{\text{tot}} = Q \Delta t$$

$Q$  = Gasto.

$\Delta t$  = Intervalo de tiempo.

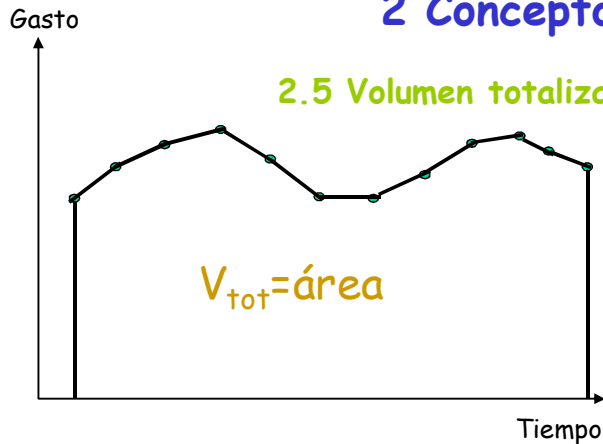
- El intervalo de tiempo debe tener las mismas unidades que las empleadas en medir el gasto.

40

Notas:

## 2 Conceptos básicos

### 2.5 Volumen totalizado (continuación 1)



- En general el volumen totalizado se obtiene de la siguiente manera:
- Se realiza una gráfica de gasto (ordenada) contra tiempo (abcisa).
- El área bajo la curva será el volumen totalizado.
- En la actualidad la mayoría de los medidores contabilizan en forma automática el volumen totalizado.

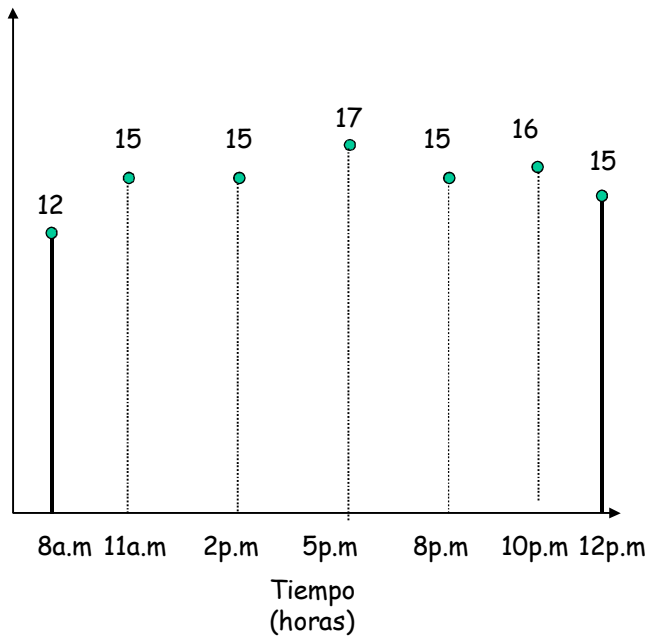


Notas:

## 2 Conceptos básicos

Gasto (litros /seg)

2.5 Volumen totalizado (continuación 2)



$$V_{\text{tot.}} = ?$$

Notas:

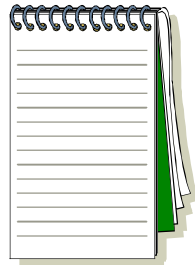
## 3 PRINCIPIOS, TIPOS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MEDICIÓN

### 3.1 Naturaleza básica del proceso de medición

•En general, la medición es el proceso de cuantificar nuestra experiencia del mundo exterior. Por lo tanto, se puede decir que la medición del agua es el proceso de cuantificar nuestra experiencia sobre el comportamiento de este recurso en la naturaleza.

∴ Las medidas no son simples números exactos, sino que consisten en intervalos, dentro de los cuales tenemos confianza de que se encuentra el valor correcto. El proceso de medición requiere que determinemos tanto la localización como el ancho de ese intervalo, y lo hacemos utilizando con cuidado la percepción visual cada vez que hacemos una medición.

•No existen reglas para determinar el tamaño del intervalo, porque dependerá de muchos factores del proceso de medición: el tipo de medición, la escala de medición, la agudeza visual, condiciones de iluminación, etc. El tamaño del intervalo, por lo tanto, debe determinarse explícitamente cada vez que se haga una medición.



Notas:

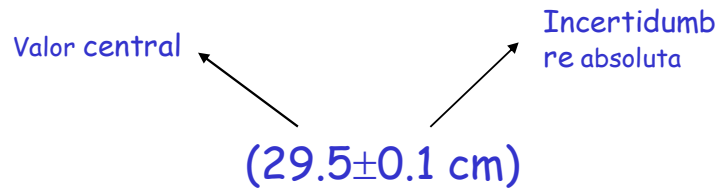
### 3.2 Presentación digital y redondeo

- Aun cuando no surga una inexactitud de la capacidad limitada de hacer mediciones, el simple enunciado de una cantidad numérica puede contener inexactitudes
- Si un medidor de flujo indica que están circulando 100.4 litros/segundo , ¿quiere decir eso que el valor es exactamente de 100.40000...?
- Por supuesto que no, pero ¿qué significa?. Eso depende de las circunstancias. Si el instrumento se fabrica de manera que lea solamente un decimal quiere decir que el valor real es más cercano a 100.4 de lo que es 100.3 o 100.5, entonces lo que significa es: la lectura está entre 100.35 y 100.45.

Notas:



### 3.3 Incertidumbre absoluta y relativa (precisión)



#### “ Incertidumbre relativa (precisión)

Incertidumbre relativa = incertidumbre absoluta / valor central

Ejemplo:

$$\text{Incertidumbre relativa} = \pm 0.1/29.1 = \pm 0.003 = \pm 0.3\%$$

Notas:

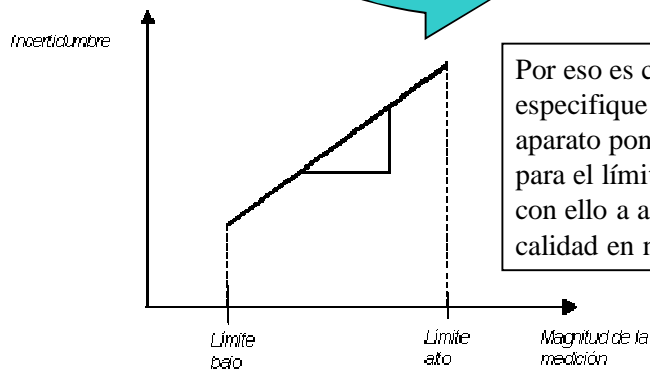
## Incertidumbre relativa (precisión)

¿ Cómo se puede especificar la precisión de un medidor?

Por ejemplo si queremos medir 100 l/s con una incertidumbre de  $\pm 0.5$  l/s la precisión del medidor debe ser de:

**precisión= 0.5%**

La incertidumbre varía de acuerdo a la magnitud de la medición



Notas:

## Error e Incertidumbre

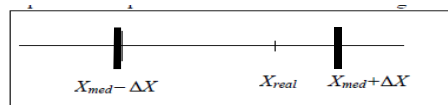
La diferencia entre el valor real y el valor medido se llama **error de la medida**:

$$\varepsilon = X_{med} - X_{real}$$

El error es siempre desconocido, pero puede estimarse una cota superior para su valor absoluto. Esta cota se denomina **incertidumbre de la medida** y se denota por  $\Delta X$ .

Por lo tanto el valor real de la medida se encuentra en el intervalo:

$$X_{real} \in [X_{med} - \Delta X, X_{med} + \Delta X]$$



A veces es útil comparar el error de una medida con el valor de la misma. Se define para ello la **incertidumbre relativa de una medida como el cociente**:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_{med}}$$

Notas:

## ¿ Cómo se calcula la incertidumbre $\Delta X$ ?

La incertidumbre se calcula de forma diferente dependiendo de si el valor de la magnitud se observa directamente en un instrumento de medida (**medida directa**) o si se obtiene manipulando matemáticamente una o varias medidas directas (**medida indirecta**).

**En una práctica calcularemos primero la incertidumbre de las medidas directas y luego la de las indirectas.**

Notas:

## ¿ Cómo se calcula la incertidumbre $\Delta X$ ?

### Para medidas medidas directas.

Depende del número  $n$  de medidas efectuadas:

#### ÉUna sola medida ( $n=1$ )

En este caso tomaremos la incertidumbre debida a la precisión del instrumento de medida. Normalmente se toma igual a la división mínima de su escala (o, en el caso de balanzas, la pesa de menor valor) y la denotamos por  $p$ .

$$\Delta X = p$$

Así si nuestra regla tiene divisiones de 0.5 mm, la precisión de la regla es de 0.5 mm y la incertidumbre absoluta será igual a la precisión (0.5 mm). Hay casos en donde el procedimiento de medida aumenta la incertidumbre  $p$  y ésta no puede tomarse igual a la graduación de la escala. Por ejemplo, si se utiliza un cronómetro capaz de medir centésimas de segundo pero es el experimentador quien tiene que accionarlo, la precisión  $p$  de la medida será el tiempo de reacción del experimentador, que es del orden de dos décimas de segundo .

De estos ejemplos comprobamos que hay que entender bien el procedimiento experimental para encontrar el valor correcto de  $p$  y que no existe ninguna òrecetaö que nos dé ese valor en todos los casos posibles.

49

Notas:

## ¿ Cómo se calcula la incertidumbre $\Delta X$ ?

### Para medidas directas.

#### Más de una medida ( $n \times 2$ )

Veamos ahora cómo se puede estimar la incertidumbre debida a factores ambientales aleatorios. Para esta estimación es necesario repetir la medida varias veces en las mismas condiciones. En cada una de estas repeticiones de la medida los factores aleatorios afectan de forma diferente, lo que permite obtener información acerca de su magnitud.

$$\Delta X = \max(p, D_m), \quad \text{si } 2 \leq n \leq 10$$

$$\Delta X = \max(p, \sigma_m), \quad \text{si } n > 10$$

donde

Notas:

## ¿ Cómo se calcula la incertidumbre $\Delta X$ ?

$$D_m = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}$$

Desviación máxima

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - x_i)^2}{n-1}}, \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Por tanto  $\sigma_m$  es una medida del grado de dispersión de la distribución de los valores alrededor de la media.

Notas:

## ¿ Cómo se calcula la incertidumbre $\Delta f$ ?

### Para medidas Indirectas.

La fórmula general es:

$$\Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \Delta y + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \right| \Delta z$$

Donde

$\Delta f, \Delta x, \Delta y, \Delta z$  es el valor de cada incertidumbre en la variables  $f, x, y, z$ .

Notas:



## Para medidas Indirectas.

De esta forma, se pueden hallar las incertidumbres asociadas a medidas indirectas.

En las siguientes ecuaciones, se pueden ver algunos ejemplos de cómo calcular la incertidumbre en medidas indirectas: A y B

$$\begin{aligned}\Delta(A + B) &= \Delta A + \Delta B \\ \Delta(A - B) &= \Delta A + \Delta B \\ \frac{\Delta(A \cdot B)}{AB} &= \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \\ \frac{\Delta(A/B)}{A/B} &= \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \\ \frac{\Delta(A^2)}{A^2} &= 2 \frac{\Delta A}{A}\end{aligned}$$

Notas:

### 3.4 Tipos de errores en la medición



#### Introducción

- Antes de ver los errores que surgen en el proceso de medición debemos definir los conceptos de exactitud, precisión, y error en la medición.
- **La exactitud** es el grado de aproximación que tiene una medición a un valor estándar o patrón. Los valores estándares son establecidos por usuarios, proveedores, entidades metrológicas o gobiernos.
- **La precisión** es la capacidad para producir el mismo valor dentro de un límite de exactitud dado, cuando se mide repetidamente una variable física.
- La precisión representa la máxima desviación del valor promedio de todas las lecturas efectuadas.
- **El error** es la desviación del valor que se mide respecto al valor verdadero.
- El error puede ser pequeño e inherente a la estructura y funcionamiento del sistema de medición.
- Se deben establecer rangos aceptables para que los fabricantes, instaladores, y operadores inspeccionen y verifiquen sus mediciones y detecten sus errores.

Notas:

### 3.4.1 Error de redondeo

$\pi$

3.14159...

3.14

3.15

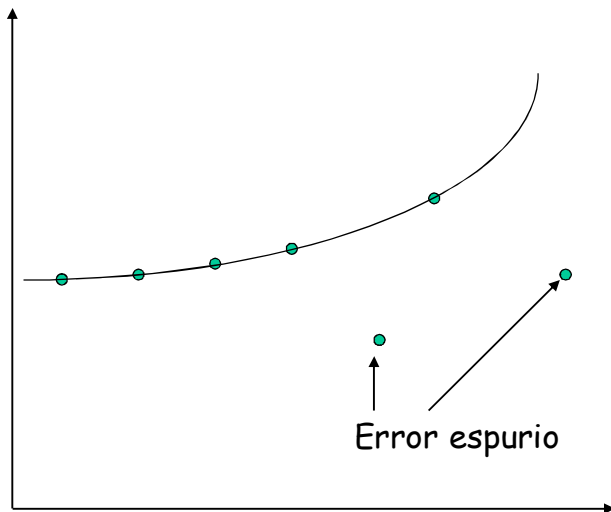
3.135

3.145

- Este error es inherente a la forma de enunciar una cantidad o un valor.
- En la práctica el hecho de truncar un número de cifras significativas lleva a este tipo de error.
- Por ejemplo consideremos la afirmación:  $\pi=3.14$ . Todos sabemos que no es así, porque podemos recordar, al menos, algunas de las cifras siguientes: 3.14159...; entonces, ¿qué queremos decir cuando citamos  $\pi$  como 3.14? Sólo puede significar que  $\pi$  tiene un valor más cercano a 3.14 de lo que es a 3.13 o 3.15. Por lo tanto nuestra afirmación es que  $\pi$  está entre 3.135 y 3.145.
- Este margen de posibilidad representa lo que algunas veces se conoce como "el error de redondeo". Esos errores pueden ser pequeños e irrelevantes, o pueden volverse significativos.
- Por ejemplo, en un cálculo largo, hay posibilidad de que los errores de redondeo se acumulen, y resulta más sensato, especialmente es esta época de gran disponibilidad de calculadoras, llevar el cálculo con más cifras de las que se podría pensar que son necesarias.

Notas:

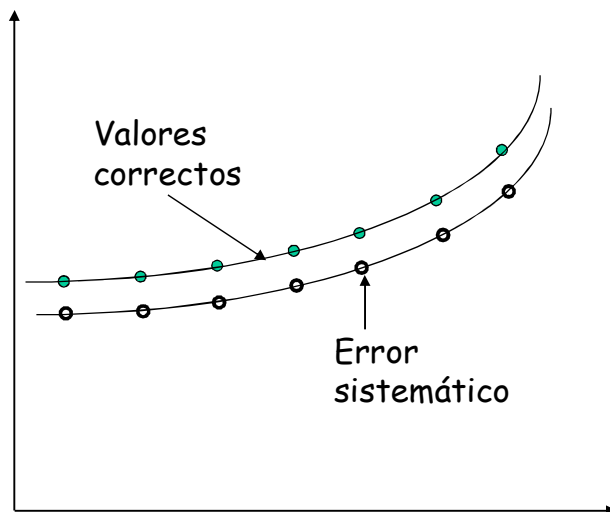
### 3.4.2 Error espurio



- El error espurio es causado por accidentes de ahí que se le conozca como error accidental.
- Se presenta por fallas humanas, falta de cuidado, o incapacidad física.
- Algunos factores que los generan son: mala ubicación del sitio de medición o sentido de la vista deficiente.
- Estos errores son los que parecen "alejarse" del resto de los datos medidos.
- El error espurio es fácil de detectar porque es un valor muy alejado de lo que se espera encontrar.
- Este tipo de error se elimina haciendo las mediciones con mucho cuidado y con todas las recomendaciones del método empleado. Lo cual se logra con supervisión y buen entrenamiento.

Notas:

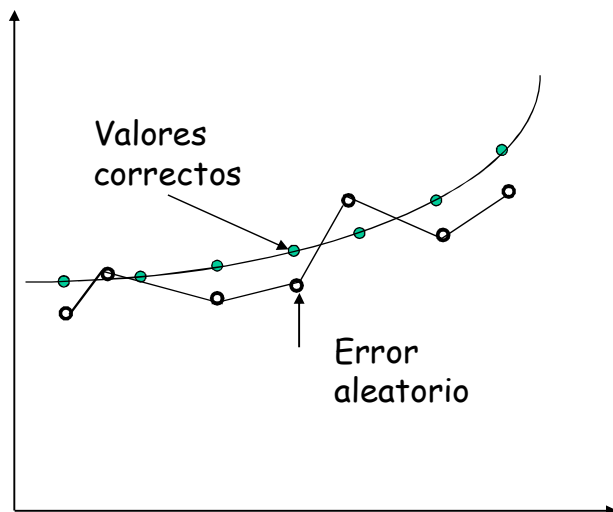
### 3.4.3 Error sistemático



- Este error surge cuando el dispositivo de medición no se ajusta a un patrón conocido.
- Este error se comete cuando un instrumento no está bien calibrado, una regla mal graduada, o un recipiente mal calibrado.
- Estos errores guardan la misma proporción o el mismo sentido con relación a las mediciones correctas.
- Se eliminan calibrando cada uno de los dispositivos que se emplean en el proceso de medición.
- En la práctica cuando dos operadores miden la misma cantidad este error puede surgir debido al efecto de paralaje.

Notas:

### 3.4.4 Error aleatorio



- Este error está relacionado con la dispersión de las mediciones inherentes al fenómeno físico.
- Si se realiza una sola medición por ejemplo de la velocidad en un canal, se corre el riesgo de que se registre un valor justo cuando ha ocurrido una alteración extraordinaria en la estabilidad del flujo.
- El tomar una sola lectura se corre el riesgo de que no corresponda con el valor predominante.
- El error aleatorio se reduce repitiendo varias veces la misma medición en condiciones iguales del sitio.

Notas:

Por lo común existen dos tipos de errores de medición (no considerando el error espurio):

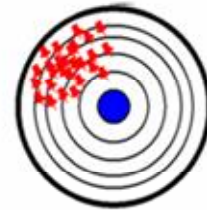
“ Errores "aleatorios" = bastante fácil de cuantificar

“ Errores "sistemáticos" = a veces difíciles de detectar

**Errores**

**Aleatorio:**

**Sistemático:**



**Poco**

**Poco**

**Mucho**

**Poco**

**Poco**

**Mucho**

**Mucho**

**Mucho**

• Preciso  
y  
Exacto

• Impreciso  
pero  
Exacto

• Preciso  
pero  
Inexacto

• Impreciso  
e  
Inexacto

Notas:

### 3.5 Incertidumbre y precisión en gastos calculados.

La fórmula general es:

$$\Delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \Delta y + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \right| \Delta z$$

Donde

$\Delta f, \Delta x, \Delta y, \Delta z$  es el valor de cada incertidumbre en la variables  $f, x, y, z$ .

Notas:



### 3.5.1 Métodos de área-velocidad

La fórmulas son:

$$\frac{\delta Q}{Q} = \frac{\delta V}{V} + 2 \frac{\delta D}{D} \qquad \delta Q = \frac{\pi D^2}{4} \delta V + \frac{\pi D V}{2} \delta D$$

**Ejemplo:**

Supongamos que el medidor de velocidad tiene una precisión del 2%  
El diámetro una precisión del 1%

Si tenemos una medición de la velocidad de 2 m/s y un diámetro de 30 cm. La incertidumbre en el gasto se calcula aplicando la fórmula anterior de la forma siguiente:

La velocidad tendrá una incertidumbre de  $\delta V = (0.02)(2\text{m/s}) = \pm 0.04 \text{ m/s}$   
El diámetro tendrá una incertidumbre de  $\delta D = (0.01)(0.3\text{m}) = \pm 0.003 \text{ m}$

Por tanto la incertidumbre en el gasto será

$$\begin{aligned} \delta Q &= \frac{(3.1416)(0.3\text{m})^2}{4} (\pm 0.04\text{m/s}) + \frac{(3.1416)(0.3\text{m})(2\text{m/s})}{2} (\pm 0.003\text{m}) \\ &= \pm 0.0028\text{m}^3 / \text{s} \pm 0.0028\text{m}^3 / \text{s} \\ &= \pm 0.0056\text{m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

y la precisión de:

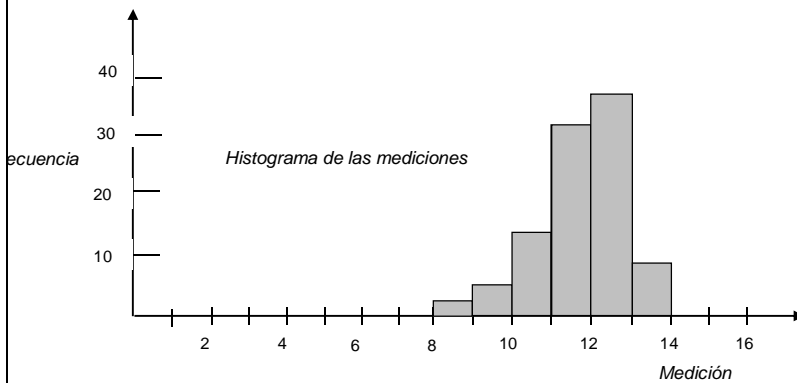
$$\frac{\delta Q}{Q} = \frac{\delta V}{V} + 2 \frac{\delta D}{D} = 2\% + 2(1\%) = 4\%$$

Notas:

### 3.6 Análisis estadístico de las mediciones

8.5	10.2	10.9	11.2	11.4	11.9	12.2	12.4	12.8	13.0
9.2	10.3	11.0	11.3	11.5	12.0	12.2	12.4	12.8	13.0
9.6	10.3	11.0	11.3	11.6	12.0	12.2	12.5	12.8	13.1
9.7	10.5	11.1	11.3	11.6	12.0	12.2	12.5	12.8	13.1
9.7	10.6	11.1	11.3	11.6	12.0	12.3	12.5	12.8	13.1
9.7	10.6	11.1	11.3	11.7	12.1	12.3	12.6	12.8	13.1
10.0	10.7	11.1	11.3	11.7	12.1	12.3	12.7	13.0	13.2
10.1	10.8	11.1	11.4	11.8	12.1	12.3	12.7	13.0	13.3
10.1	10.8	11.2	11.4	11.8	12.1	12.3	12.7	13.0	13.4
10.2	10.9	11.2	11.4	11.9	12.2	12.4	12.7	13.0	13.4

Registro de mediciones en litros /segundo

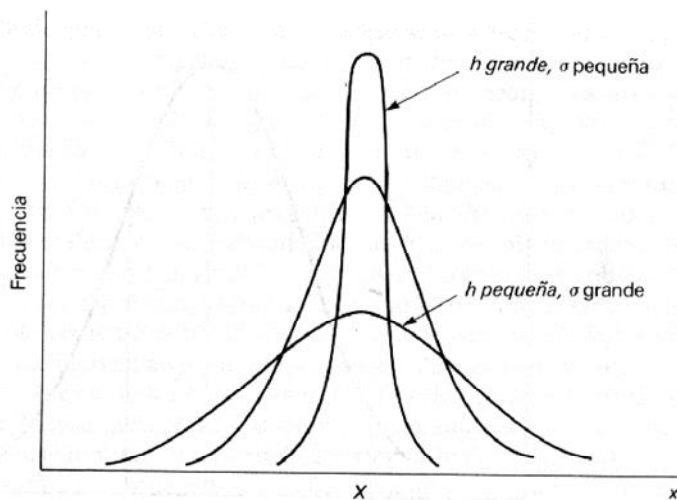


El análisis estadístico de la medición resulta importante porque nos permite estimar valores promedio de una serie de mediciones o el comportamiento natural de un sistema (por ejemplo el sistema: pozo-extracción-equipo de bombeo)

Entre mayor sea el número de mediciones efectuadas mayor será la calidad de nuestras conclusiones, y que los gastos mal medidos o inventados hacen que estos análisis carezcan de sentido.

Notas:

### 3.6.1 Distribución Gaussiana de las mediciones (1)



$$y = Ce^{-h^2(x-X)^2}$$

$$\sigma = \frac{1}{h\sqrt{2}}$$

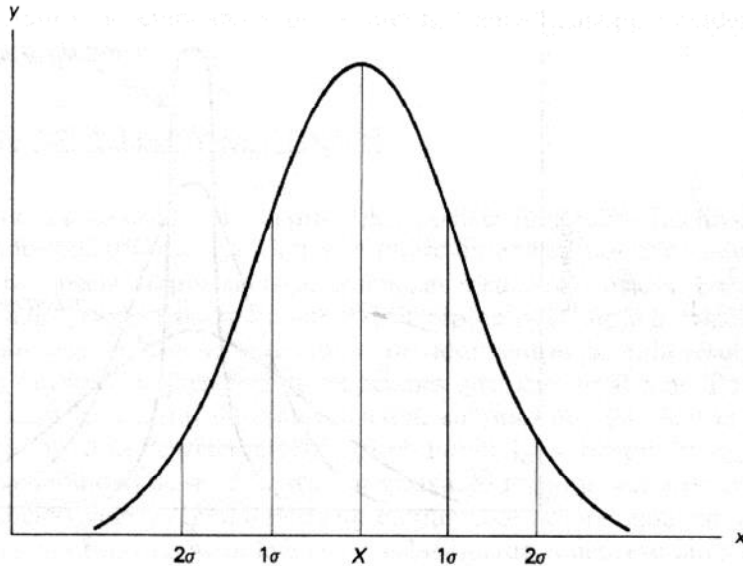
- La distribución de Gauss parte de la hipótesis de que la desviación total de una cantidad medida  $x$ , respecto a un valor central  $X$ , es la resultante de una gran cantidad de fluctuaciones que ocurren al azar.
- La distribución gaussiana puede aplicarse a la mayoría de las mediciones.

$C$ , es una medida de la altura de la curva.

$h$ , es un parámetro que está relacionado con la desviación estándar  $\sigma$  de la distribución.

Notas:

### 3.6.1 Distribución Gaussiana de las mediciones (2)



El 68% del área está entre el intervalo  $X \pm \sigma$ , (una medición tiene un 68% de probabilidad de estar entre  $X \pm \sigma$  )

El 95% del área está entre el intervalo  $X \pm 2 \sigma$ , (una medición tiene un 95% de probabilidad de estar entre  $X \pm 2 \sigma$  )

La desviación estándar es una medida de la confianza que podemos tener en nuestros resultados y en nuestro equipo de medición.

La desviación estándar es una medida de la calidad de nuestro equipo de medición.

Notas:

## Incertidumbre estándar e incertidumbre expandida

En la práctica nunca se sabe cual es el valor verdadero de lo que se esta midiendo. Solo se puede **estimar** el error: al respecto, se habla de "incertidumbre" de medición:

- $u(Q)$  - "**Incertidumbre estándar**" = incertidumbre expresada como una desviación estándar ( $p = 0.68$ ).
- $U(Q)$  - "**Incertidumbre expandida**" = intervalo alrededor del resultado de una medición, que incluye una proporción "grande" de los valores que podrían ser atribuidos a lo que se está midiendo ( $p = 0.95$ ) .

Notas:

### 3.6.2 Cuantificación de errores

$$E(\%) = \frac{100(C_{medida} - C_{patrón})}{C_{patrón}}$$

- Básicamente hay dos formas de cuantificar el tamaño del error que se produce en una medición: El porcentaje de error y la desviación estándar.
- El porcentaje de error evalúa el grado de exactitud de una medición y se calcula con la fórmula mostrada.

$C_{medida}$  es la variable física medida.

$C_{patrón}$  es la variable física medida con el patrón.

Por ejemplo cual es el porcentaje de error si:

$$C_{medida} = 98 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_{patrón} = 97.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E(\%) = ?$$

Notas:

## 4 MEDICIÓN DEL CAUDAL EN CONDUCTOS HIDRAÚLICOS

### 4.1 Métodos y técnicas de aforo

Para evitar confusiones, es importante hacer una distinción entre:

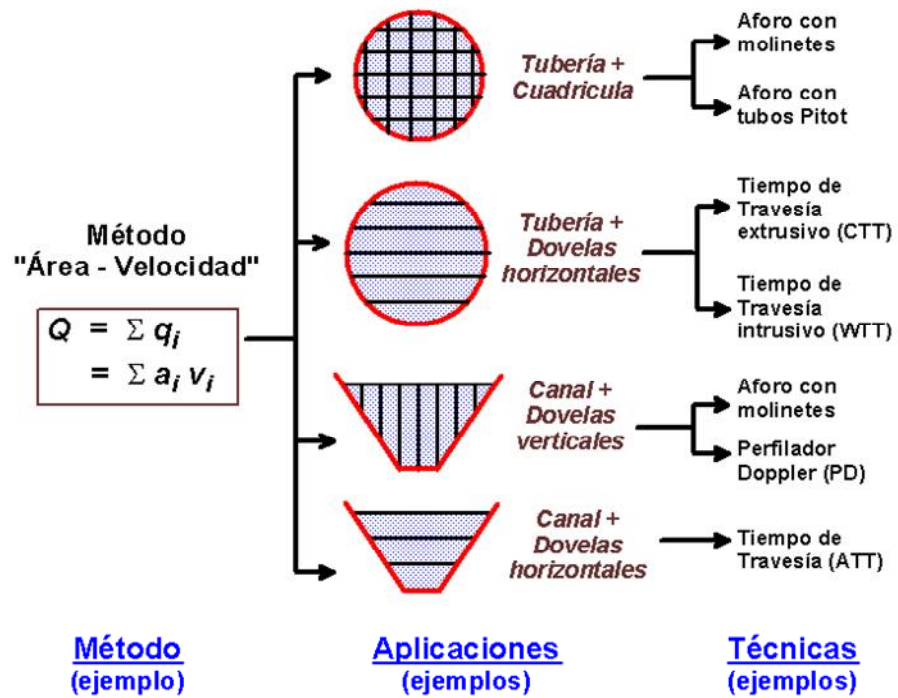
- "**Método de aforo**": procedimiento general basado en ciertos principios físicos, para determinar el gasto en ciertas condiciones( por ejemplo el método de área-velocidad que sirve para aforar canales y tuberías).
- "**Técnica de aforo**": forma particular de aforar, que se basa en la aplicación de un cierto método de aforo (por ejemplo usando molinete, flotador, o medidor ultrasónico).

En la práctica, **son pocos los métodos de aforo.**

A cambio, existe **una gran diversidad de técnicas** para aforar; esto se debe a que un mismo método puede aplicarse de una manera más o menos refinada y con equipos de medición distintos.

Notas:

## Ejemplo:



Notas:



Las técnicas de aforo (**Cuadros 2.2 - 2.4**) pueden considerarse desde varios puntos de vista:

[1] • **Aplicación:**

- **Flujo a presión** (tubería de presas)
- **Flujo a superficie libre** (canales)

[2] • **Forma de uso:**

- **Fija**
- **Portátil**

[3] • **Antigüedad:**

- **Tradicional**
- **Nueva** (< 30 años, pero reconocida)
- **Emergente** (más precisa y/o versátil)

[4] • **Precisión:**

- **Primaria**
- **Secundaria**

Notas:

### 4.1.1 Principales métodos de aforo para tuberías a presión y a superficie libre

Grupo	Método	Breve descripción (práctica) del método
Metodos que requieren medir el volumen de agua	Método del 'balance volumétrico' en tanques de agua.	Se mide un cambio de volumen de agua en un tanque y se calcula el gasto como siendo el cambio de volumen entre el tiempo transcurrido.
Metodos que requieren medir la concentración de un soluto	Método de los trazadores.	Se mide la concentración y la velocidad de un trazador en el agua. Se calcula el gasto a partir de la ecuación de conservación de masa.
Metodos que requieren medir un cambio de tirante o de presión provocado por un cambio de geometría	Método 'presión-gasto' (para tuberías a presión).	Se mide el cambio de presión a altura de una contracción artificialmente creada en una tubería a presión. Se calcula el gasto a partir de la ecuación de conservación de energía y algunos coeficientes empíricos cuyo valor esta reportado en la literatura.
	Método 'tirante-gasto' (para canales).	Se mide el cambio de tirante a altura de una contracción artificialmente creada en un canal. Se calcula el gasto a partir de la ecuación de conservación de energía y algunos coeficientes empíricos cuyo valor esta reportado en la literatura.
	Método 'pendiente-área' (para canales).	Se mide el cambio de tirante a lo largo de un tramo de canal. Se calcula el gasto a partir de la ecuación de conservación de energía y algunos coeficientes empíricos cuyo valor esta reportado en la literatura.
Metodos que requieren medir transitorios de presión	Método de Gibson (para tuberías a presión).	Se monitorean los cambios de presión en una tubería y se deduce el gasto a partir de una teoría sobre los transitorios de presión.
Metodos que requieren medir la velocidad del agua	Método 'área-velocidad'.	El método requiere tener un tramo de canal o de tubería con una geometría regular y un flujo uniforme. En este tramo se mide la velocidad del agua en varias porciones que cubren el área hidráulica. Se calcula el gasto como siendo la suma de los gastos elementales, es decir, el producto de una velocidad medida por el área asociada.
	Submétodo de la 'velocidad índice'.	El método puede ser visto como una variante del método 'área-velocidad'. En este caso se mide la velocidad del agua en una sola porción del canal. Se estima la velocidad media del canal mediante una relación empírica (que requiere normalmente de una calibración in situ) y se calcula el gasto como siendo el producto de la velocidad media por el área hidráulica.

Notas:

### 4.1.2 Principales técnicas de aforo fijas para tuberías a presión

Método	Técnica	$U_r(Q)$ [p=0.95]	Referencia
Presión - gasto	P Placa de orificio, tubo de Venturi "clásico", tobera tipo "ISA 1932".	± 15 %	IEC 60041 (1991) ISO 5167 (2003)
	Otros sistemas no "clásicos"	± 2 %	IEC 60041 (1991)
	C Técnica de Winter-Kennedy	?	Depende de la calibración IEC 60041 (1991)
Transitorios de presión	P Método de Gibson con transductores de presión calibrados	± 2.5 %	IEC 60041 (1991)
Area - velocidad	P Aforo "fino" con molinetes calibrados	± 15 %	IEC 60041 (1991)
	P Aforo "fino" con tubos de Pitot "convencional"	± 2.5 %	IEC 60041 (1991)
	P <b>Aforador de tiempo de travesía con cuatro pares de sensores "intrusivos", y eventualmente "cruzados" (ATT4-i)</b>	± 1 %	IEC 60041 (1991) ISO 6416 (2004)
	P <b>Aforador de tiempo de travesía con un par de sensores "externos", y eventualmente "cruzados" (ATT1-c)</b>	± 2 %	BS 8452 (2005)
	C Sonda electromagnética que cubre todo la pared del tubo	≈ ± 5 % Depende de la calibración	ISO 9213 (2004)
	Medidor acústico de tipo "Doppler extrusivo"	± 10 %	BS 8452 (2005)
	Medidor acústico de "correlación cruzada"	± 5 %	BS 8452 (2005)
	Medidor de centelación acústica (similar a la técnica anterior, pero con más sensores)	?	Tecnología emergente Lemmon (2006)

Notas:

### 4.1.3 Principales técnicas de aforo fijas para canales de riego

Método	Técnica	$U_i(O)$ [p-095]	Referencia
Balance volumétrico	P Medición del tirante en un tanque de concreto	± 2 %	IEC 60041 (1991)
Tirante - gasto	P Aforador de pared delgada (APD) con una sección rectangular	± 3 %	ISO 8368 (1999) IEC 60041 (1991)
	P <b>Aforador de garganta larga (AGL) o aforador Parshall</b>	± 5 %	ISO/TR 8363(1997) ISO 4362 (1999)
Pendiente-área	Medición del tirante en dos puntos de un mismo tramo de canal	± 10 %	ISO/TR 8363 (1997) ISO 1070 (1992)
Área - velocidad	C Tiempo de travesía con cuatro pares de sensores sumergidos y 'cruzados' (ATT4x2)	± 5 %	ISO 6416 (2004)
	C <b>Tiempo de travesía con cuatro pares de sensores sumergidos (ATT4)</b>	± 6 %	ISO 6416 (2004)
	C <b>Tiempo de travesía con tres pares de sensores sumergidos (ATT3)</b>	± 8 %	ISO 6416 (2004)
	C <b>Tiempo de travesía con dos pares de sensores sumergidos (ATT2)</b>	± 9 %	ISO 6416 (2004)
	C Tiempo de travesía con un par de sensores sumergido (ATT1)	± 15 %	ISO 6416 (2004)
	C Tiempo de travesía con un par de sensores sumergido (ATT1)	± 7 % <i>Depende de la calibración</i>	ISO 6416 (2004)
	C Sonda electromagnética que cubre todo el ancho del canal	± 5 %	ISO 9213 (2004)
	C <b>Aforador acústico de efecto Doppler Lateral (ADL) Aforador acústico de efecto Doppler de Fondo (ADF)</b>	± 7 % <i>Depende de la calibración</i>	ISO 15769 (2010)
	C Medición de la velocidad superficial del agua con un radar	? <i>Tecnología emergente</i>	Fulton & Ostrowski (2008)
	C Velocimetría por imágenes de partículas a gran escala	? <i>Tecnología emergente</i>	Muste et al. (2008)

Notas:

#### 4.1.4 Principales técnicas de aforo portátiles para canales de riego

Metodo	Técnica	$U_r(Q)$ [p=0.95]	Referencia
Tirante-gasto	Aforador [portátil] de cresta delgada (APD-p)	± 3 %	ISO 8368 (1999)
	Aforador [portátil] de garganta larga (AGL-p)	± 5 %	ISO/TR 8363 (1997) ISO 4362 (1999)
Trazadores	P Medición del tiempo de travesía de un trazador	± 2.5 %	IEC 60041 (1991) ISO 9555 (1994)
	P Medición de la dilución de un trazador	± 3 %	IEC 60041 (1991) ISO 9555 (1994)
Area- velocidad	P Aforo "fino" con molinete (30 dovelas × 5 puntos por dovela)	± 3.5 %	ISO 748 (2007) IEC 60041 (1991)
	Aforo "regular" con molinete (20 dovelas × 3 puntos por dovela)	± 5.5 %	ISO 748 (2007)
	Aforo "rutinario" con molinete (10 dovelas × 1 punto por dovela)	± 11 %	ISO 748 (2007)
	Aforo con perfilador Doppler (PD) en modo "estacionario" (-20 dovelas)	± 5 %	Análogo del aforo "fino" en ISO 748 (2007)
	Aforo con perfilador Doppler (PD) en modo "dinámico"	± 5 % <b>Depende de la experiencia</b>	ISO/TS 24154 (2005) Oberberg & Mueller (2007)
	C Medición manual de la velocidad superficial con un flotador (5 dovelas, flotador superficial)	± 20 %	ISO 748 (2007)
C Velocimetría por imágenes de partículas a gran escala	? <i>Tecnología emergente</i>	Muste <i>et al.</i> (2008)	

Notas:

## 4.2 Comparación de técnicas de medición

Fuente: Aforo en canales y presas: Selección de una técnica. Guía Técnica: Serge Tamari y Ariosto Aguilar, 2010)

Cuando se comparan dos técnicas de aforo en un mismo sitio, es importante saber si las diferencias encontradas son importantes o no. El procedimiento es el siguiente:

$$U(\Delta Q) \approx Q \sqrt{U_r(Q_1)^2 + U_r(Q_2)^2}$$

$Q_1$  y  $Q_2$  = mediciones de gasto ( $m^3/s$ )  
 $Q$  = promedio ( $m^3/s$ )  
 $\Delta Q$  = diferencia ( $m^3/s$ ).

$U()$  = incertidumbre expandida absoluta ( $p=0.95$ )  
 $U_r()$  = incertidumbre expandida relativa ( $p=0.95$ )

Notas:

**EJEMPLO 1 - En un mismo canal, se mide:**

$$\begin{aligned} Q_1 &= 19.6 \text{ m}^3/\text{s} && \text{con ATT2} \\ Q_2 &= 22.1 \text{ m}^3/\text{s} && \text{molinete (10 dovelas, 1 pto)} \end{aligned}$$

$$\Delta Q = 2.5 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{¿ es significativo ?}$$

**SOLUCIÓN:**

$$\begin{aligned} Q &= 20.85 \text{ m}^3/\text{s} \\ U_r(Q_1) &= \pm 0.09 && \text{(Cuadro 2.3)} \\ U_r(Q_2) &= \pm 0.11 && \text{(Cuadro 2.4)} \end{aligned}$$

$$\rightarrow U(\Delta Q) \approx 20.85 \times 0.14 = 2.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

**→ La diferencia NO es significativa ( $p = 0.95$ )**

Notas:

**EJEMPLO 2 - En un mismo canal, se mide:**

$$\begin{aligned} Q_1 &= 19.7 \text{ m}^3/\text{s} && \text{con ATT4} \\ Q_2 &= 21.5 \text{ m}^3/\text{s} && \text{con PD} \end{aligned}$$

$$\Delta Q = 1.8 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{¿ es significativo ?}$$

**SOLUCIÓN:**

$$\begin{aligned} Q &= 20.05 \text{ m}^3/\text{s} \\ U_r(Q_1) &= \pm 0.06 && \text{(Cuadro 2.3)} \\ U_r(Q_2) &= \pm 0.05 && \text{(Cuadro 2.4)} \end{aligned}$$

$$\rightarrow U(\Delta Q) \approx 20.05 \times 0.078 = 1.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$\rightarrow$  La diferencia SI es significativa ( $p = 0.95$ )

Notas:



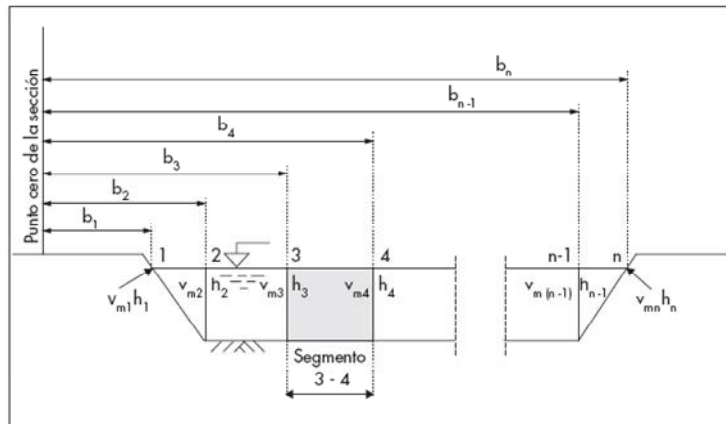
## 4.3 Métodos de cálculo de gasto para conductos a superficie libre.

### 4.3.1 Método de la sección promedio (MEAN section)

#### Método MEAN Section

En este método se divide la sección de medición en segmentos individuales del caudal. Cada segmento parcial se limita mediante dos verticales de medición colocadas una junto a la otra.

Método MEAN Section



$$q_{3-4} = \left( \frac{V_{m3} + V_{m4}}{2} \right) \times \left( \frac{h_3 + h_4}{2} \right) \times (b_4 - b_3)$$

El gasto total se obtiene como la suma de cada gasto parcial.

$V_m$  es la velocidad media en la vertical de medición b

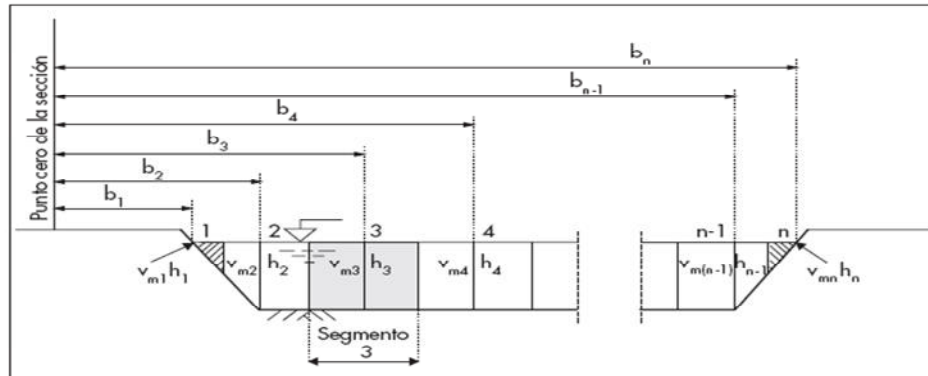
Notas:

### 4.3.2 Método de la sección media (MID section)

#### Método MID Section

La sección de medición se divide igualmente en segmentos individuales en el procedimiento del medio de la sección. Sin embargo, el segmento individual no se encuentra ahora entre las verticales de medición sino que es limitado por la mitad de cada espacio a la vertical vecina. Por este motivo, la primera y la última vertical de medición deberían estar lo más cerca posible a los extremos cuando se emplee este procedimiento.

Método MID Section



$$q_3 = V_{m3} \times \left( \frac{(b_3 - b_2) + (b_4 - b_3)}{2} \right) \times h_3$$

El gasto total se obtiene como la suma de cada gasto parcial.

$V_m$  es la velocidad media en la vertical de medición  $b$

Notas:

### ¿Cuántas verticales de medición hacer?

La norma ISO 748 (1997) "Measurements of liquid flow in open channels-Velocity-area methods recomienda lo siguiente:

Channel width > 0 and < 0,5 m  $n = 3$  to 4

Channel width > 0,5 m and < 1 m  $n = 4$  to 5

Channel width > 1 m and < 3 m  $n = 5$  to 8

Channel width > 3 m and < 5 m  $n = 8$  to 10

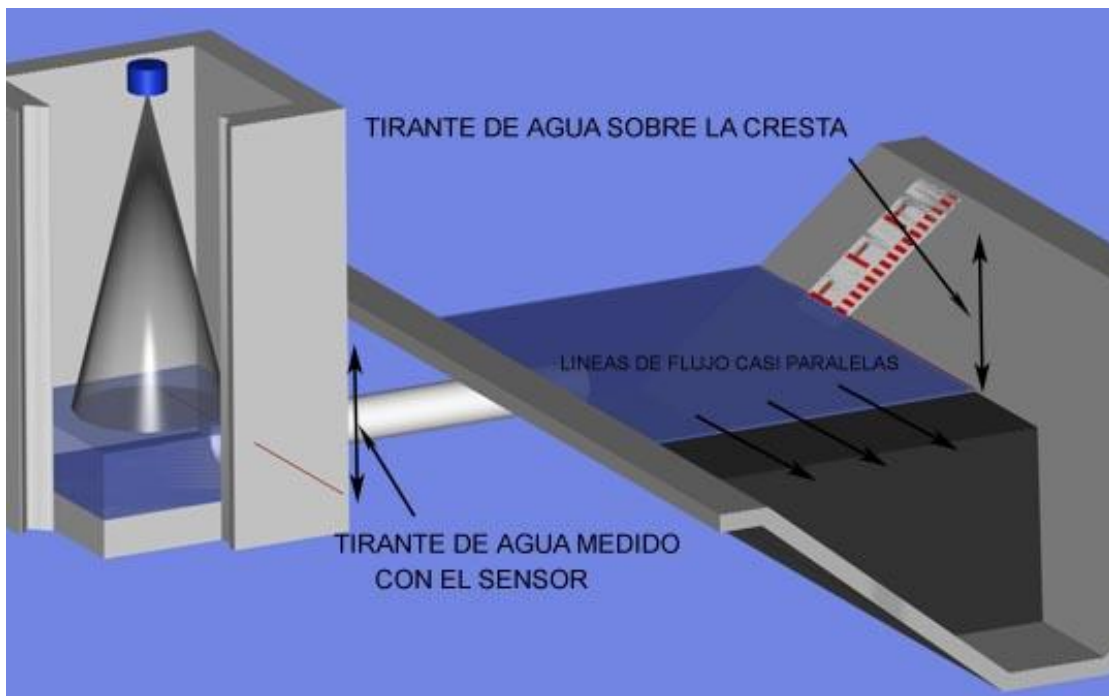
Channel width > 5 m and < 10 m  $n = 10$  to 20

Channel width > 10 m  $n \geq 20$

También recomienda que las verticales deben determinarse de tal forma que el gasto en cada dovela sea menor al 5% del gasto total el la medida de lo posible, pero que no sea mayor al 10%.

Notas:

# AFORADOR DE GARGANTA LARGA CONFIGURACIÓN Y OPERACION





## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. RECOMENDACIONES PARA LA LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>3. GEOMETRÍA DEL CANAL Y EL AFORADOR.....</b>	<b>3</b>
<b>4. ESTACIÓN DE MEDICIÓN.....</b>	<b>6</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO VANTAGE 2210.....	6
4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL VANTAGE 2210.....	6
4.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	7
4.4. INSTALACIÓN DEL VANTAGE 2210 .....	7
<b>5. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO .....</b>	<b>9</b>
5.2 PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO COMO MEDIDOR DE GASTO.....	15
5.3 PROGRAMACIÓN DEL TOTALIZADOR DE VOLUMEN DEL EQUIPO.....	19
5.4 CALIBRACIÓN DEL SENSOR .....	20
5.5 CONFIGURACIÓN DEL ALMACENADOR DE DATOS (DATALOGGER) .....	21
<b>6. CONSULTA DE DATOS .....</b>	<b>23</b>
<b>7. RECUPERACIÓN DE DATOS ALMACENADOS.....</b>	<b>26</b>
7.1. OPERACIÓN DEL PROGRAMA VANTAGE DDS.....	27
<b>8. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.....</b>	<b>31</b>
8.1 ESTRUCTURA HIDRÁULICA .....	31
8.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....	33
8.3 DISCREPANCIAS ENTRE LOS AFOROS Y LA LECTURA DEL AGL .....	37
8.4. ESCALA SOBRE EL TALUD .....	37



## 1. INTRODUCCIÓN

El término de aforador de garganta larga se aplica a dispositivos usados para medir el gasto en canales a superficie libre. Estos dispositivos están adaptados a una variedad de escurrimientos ya sea de canales de tierra o revestidos. La principal característica de estas estructuras es el hecho que se puede determinar por su geometría una relación de tirante-gasto, con sólo cálculos de computadora, sin la necesidad de de ser calibrados en un laboratorio.

El sistema AGL (Aforador de Garganta Larga) utiliza el método denominado "tirante - caudal " para estimar el caudal. El sistema AGL esta conformado por una estructura de cambio de régimen, un sensor para medir el nivel del agua y un sistema de totalización volumétrica. La estructura de cambio de régimen consta de un obstáculo al flujo de forma trapezoidal con taludes de hacia aguas arriba y abajo. Esta estructura tiene la característica de producir una sección de control a flujo crítico, con el cual se puede obtener una relación única entre el caudal y el tirante aguas arriba de la estructura de control. La relación entre el tirante y el caudal (o "curva del aforador") se determina con base a las características geométricas de la estructura de cambio de régimen y por medio de consulta de la norma ISO 4362:1999 (E) en los apartados [7.5] y [8.5] (la curva de "tirante - caudal " puede ser facilitada por el personal IMTA). Para obtener el volumen totalizado se integra el caudal medido por unidad de tiempo.

El sistema AGL se considera un medidor de tipo primario, ya que por su forma de estimar el caudal no es necesario implementar una campaña de aforos con el propósito de calibrarlo. Sin embargo, durante la puesta en operación de un AGL, se debe verificar la geometría de la estructura de cambio de régimen y la ecuación "tirante - caudal" según lo indicado en la norma ISO 4362: 1999 (E) - *Hydrometric determinations . Flow measurement in open channels using structures . Trapezoidal broad-crested weirs*. También se debe verificar la tolerancia en la estimación del caudal por el sistema AGL según lo indicado en el apartado [9] de la misma norma.

El sistema AGL tiene un registro para medir el nivel del agua, el cual debe de cumplir con lo indicado en el Anexo [A] de la norma ISO 4373: 1995(E) - *Measurement of liquid flow in open channels - Water-level measuring devices*.



## **2. RECOMENDACIONES PARA LA LOCALIZACIÓN**

La red de canales de los Distritos de Riego generalmente es diseñada con baja pendiente para lograr la mayor cobertura de superficie de la zona de riego y por cuestiones de diseño para caudal máximo se tiene un tirante hasta la zona de bordo libre del canal. Por lo tanto, el caso ideal de diseño de los canales no permite alojar alguna estructura como es el caso de un AGL, ya que produce un remanso que sobrepasa el bordo.

Sin embargo, por razones de topográficas o considerando la elevación del bordo, es posible a veces incluir un AGL en ciertos canales. Los puntos de localización para tener un buen funcionamiento de un AGL, deben cumplir con las siguientes condiciones:

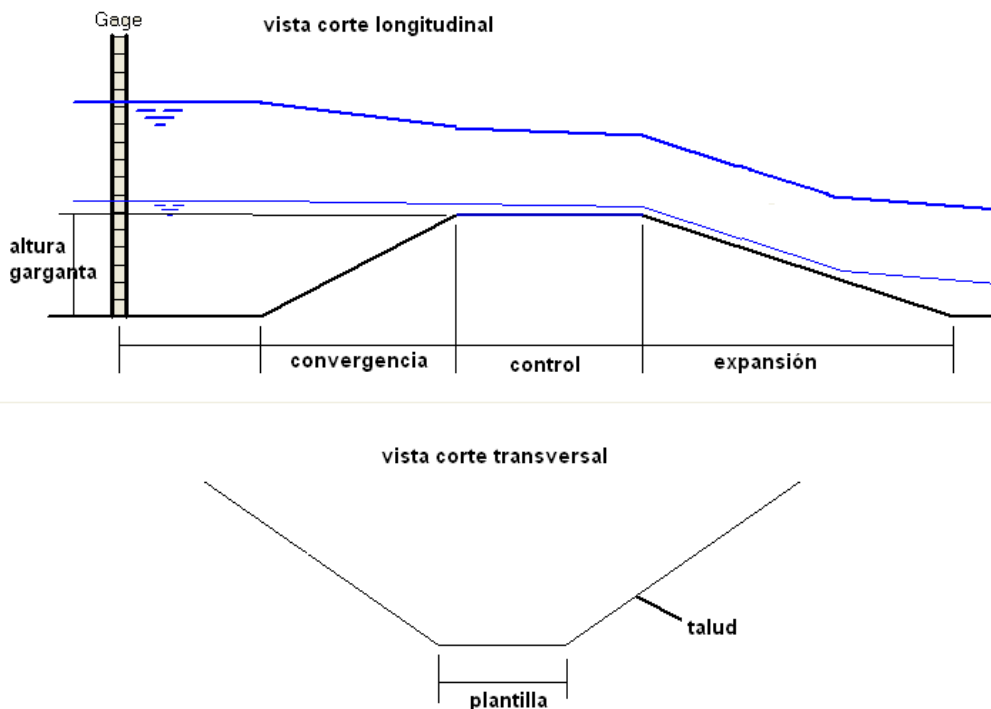
- Tener un tramo del canal con sección transversal regular para alojar el aforador,
- Que exista una distribución de velocidad uniforme y estable (el canal debe ser lo suficientemente largo para lograr alcanzar la condición de flujo uniforme),
- De ser posible evitar canales con gran pendiente (flujo supercrítico),
- Cuidar los efectos de remanso de estructuras agua abajo que ahoguen el aforador,
- Cuantificar el remanso y en caso necesario incrementar el bordo libre del canal,
- Cuidar la impermeabilización de la zona de desplante,
- En canales en tierra es necesario reforzar los bordos, por el efecto de erosión en la zona de la cresta e incremento del empuje agua arriba,
- Para canales en tierra es necesario la eliminación de rocas,
- Se debe evitar la acumulación de sedimentos gruesos en la zona aguas arriba,
- Cuidar los efectos del vientos transversales especialmente en vertedores muy anchos con carga de operación pequeña.

Además, es deseable contar con un sitio que cumple con los siguientes requisitos:

- Se tiene un tramo recto de canal cuya longitud es de más de 10 veces el ancho del canal aguas arriba del sitio de medición y más de 6 veces el ancho del canal aguas abajo.
- El canal es revestido y su geometría esta bien definida.

### 3. GEOMETRÍA DEL CANAL Y EL AFORADOR

Es necesario contar con la geometría del canal, esto es las dimensiones de la sección transversal y los taludes. Por otro lado, conocer las dimensiones de la garganta larga; longitudes de inicio (distancia entre el pozo para medir el nivel y el inicio de la rampa), longitud de convergencia (distancia entre la platilla y el cimacio), longitud de control (parte horizontal de la garganta), y la longitud de expansión. Todas estas dimensiones se deben obtener con mucho cuidado a fin de tener las dimensiones lo mas exactas posible, pues éstas determinan la ecuación tirante-gasto para programación de la unidad electrónica. En el siguiente diagrama se muestran las longitudes a recabar, y un cuadro sugerido para captura de dichas dimensiones.



Plantilla		L inicio	
Talud		L. convergencia	
Altura garganta		L. control	
		L. expansión	

Longitudes en metros

Además de la geometría de la sección y la garganta, es **muy importante** determinar la distancia vertical entre la garganta y el sensor de nivel. En la imagen siguiente se muestra un diagrama de apoyo.

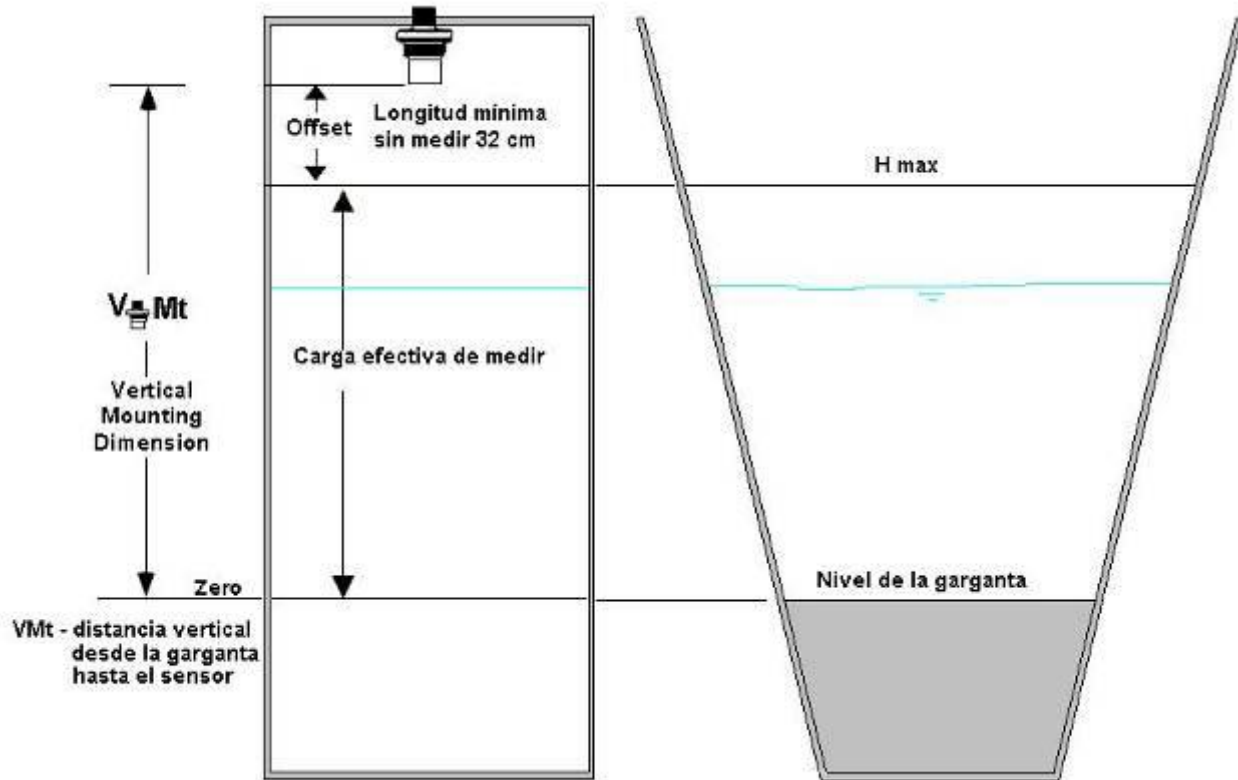


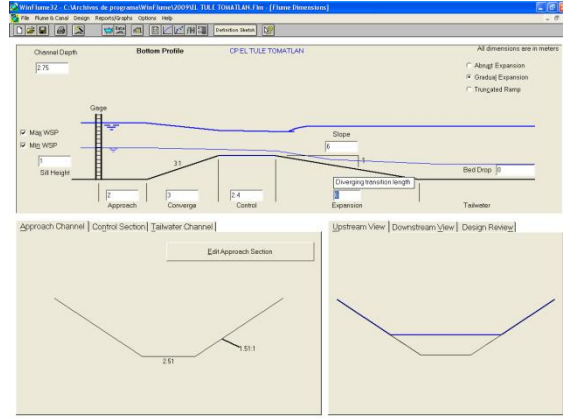
Diagrama de distancia vertical



Determinación del VMt

**NOTA.** VMt es una longitud vertical entre el sensor de nivel y el nivel de la garganta. Es importante determinar Hmax, el máximo nivel de agua posible en el canal, y tomar en cuenta que, Mmax +0.32 m (Offset) debe ser menor al VMt. Si esto ocurriera se debe de colocar el sensor de nivel más arriba.

Con las dimensiones geométricas acudir al IMTA para el cálculo de la ecuación o bien por medio del programa de cómputo WinFlume el cual se puede descargar de la liga:  
[http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics\\_lab/winflume/](http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/winflume/)



La ecuación tiene la forma de:  $Q = K * H^{PWR}$ , donde Q es el gasto, K coeficiente, H carga o tirante, y PWR potencia. Se sugiere el siguiente cuadro:

Q en cfs		Q en m <sup>3</sup> /s	
K=		K=	
PWR=		PWR=	
Enter Application Max Flow and Vmt Max Flow = _____ VMt= _____			

Es importante conocer el coeficiente K tanto para cálculo de gasto en pie cúbico por segundo así como en m<sup>3</sup>/s, así como el gasto máximo que puede pasar en función de la Hmax puesto que se requieren en la programación de la unidad electrónica.

Conversión de unidades. Dado que 1 pie=0.3048 m, en un metro hay 3.2808 pies. Si se conoce el valor de K en m<sup>3</sup>/s; K en cfs se calcula como:

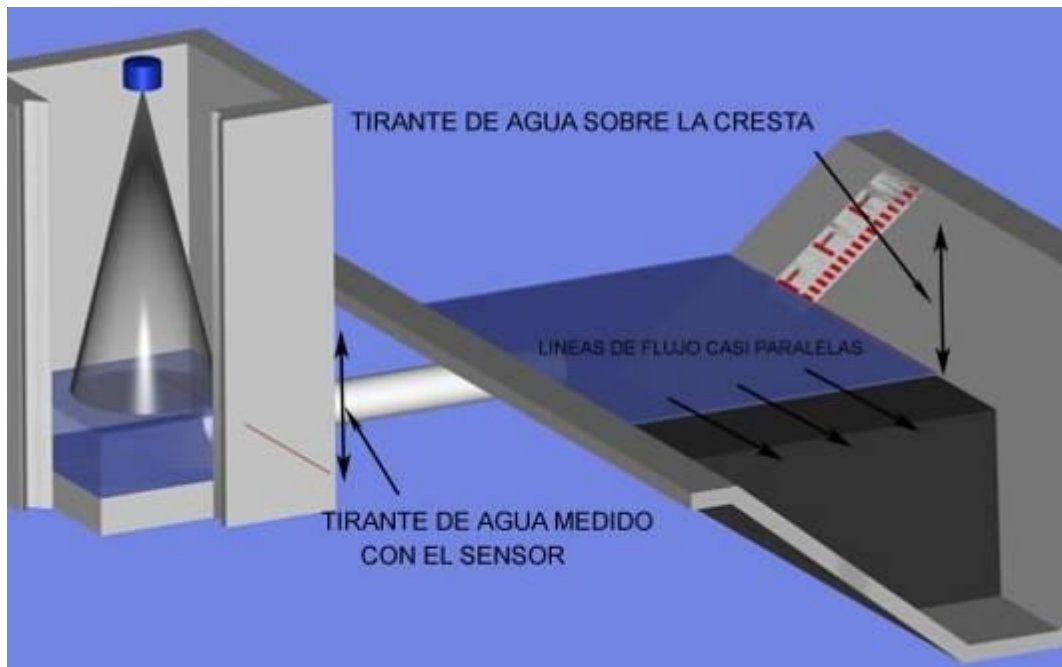
$$K[cfs] = (3.2808)^{(3-PWR)} * K[m^3 / s]$$

Si se conoce el valor de K cfs en; K en m<sup>3</sup>/s se calcula como:

$$K[m^3 / s] = \frac{K[cfs]}{(3.2808)^{(3-PWR)}}$$

#### 4. ESTACIÓN DE MEDICIÓN

La estación se basa en el equipo Vantage 2210 de Eastech Badger alojado dentro de una caseta, un cárcamo de medición que está comunicado al canal mediante un tubo de PVC el cual sirve como amortiguador para que el agua (dentro del cárcamo) esté lo más quieta posible; una fuente de alimentación de energía, cableado y protección contra descargas eléctricas. Cabe mencionar que el cárcamo está también dentro de la caseta.



Componentes de la estación de medición del aforador de garganta larga.

##### 4.1 Descripción del equipo Vantage 2210.

El equipo Vantage 2210 incorpora en una sola unidad el medidor de nivel, se mide el nivel aguas arriba del aforador de garganta larga-, un registrador de datos o *data logger*, un sistema de cálculo de gasto a partir del nivel medido usando una ecuación o tabla  $h$  vs  $Q$  (*Carga vs. Gasto*). El sistema se complementa con una fuente de energía basada en un cargador de baterías plomo-ácido. El sensor de nivel de tipo ultrasónico se encuentra en la parte superior del cárcamo, mide la altura relativa del agua con respecto a la cresta de la estructura.

##### 4.2 Características generales del Vantage 2210

La serie Vantage 2210 de Eastech Meter es un medidor con sensor ultrasónico de nivel. La electrónica está separada del sensor, la distancia máxima permitida entre éstos es de aproximadamente 30.0 m (100 ft). Para distancias mayores a 10.0 m se requiere de inductores especiales suministrados por el fabricante (NOTA: los cables entre la electrónica y el sensor no se deben agrandar o recortar ya que sería necesario cambiar el inductor o capacitor que ajusta la impedancia entre del sensor y la electrónica para el correcto funcionamiento del medidor).

La electrónica montada en un gabinete IP 66, NEMA 4X, opera a una temperatura de -20°C a 70°C. Su diseño es de fácil configuración mediante su teclado de 16 botones. El equipo se puede usar en la medición de dos niveles y/o gasto; muestra un display de 4 líneas con 20 caracteres por línea presentando dos páginas. regularmente muestra la programación actual del equipo- esta información es totalmente reprogramable por el usuario, así como la luz de fondo.

El sensor usado es un sensor FB2 que tiene un rango de medición de 4.5 m (15 ft) con una resolución de +/-0.5 mm o 0.01% de la distancia entre el sensor y el agua, con temperatura de operación de -30°C a 70°C, frecuencia de operación de 50 Khz y con un ángulo de haz de 8°. La incorporación del registrador de datos o *data logger* permite almacenar localmente la información recabada del aforador. Los datos almacenados pueden mostrarse en la pantalla, tomando en este caso, sólo los últimos 8 días.

La información de la base de datos almacenada se puede recuperar mediante un programa disponible para PC y Palm suministrado por el fabricante del equipo, el cual importa el contenido dejándolo en un archivo del tipo \*.CSV que puede ser leído en Excel.

El equipo tiene programado los principales elementos primarios de medición de flujo en canales, aforadores y vertedores y dispone de una opción que permite incorporar una tabla *Carga-Gasto* con 32 puntos o una curva de la forma  $Q = K h^a$ , donde Q es el gasto y h la carga medida. El equipo dispone de una opción de autodiagnóstico que se presenta en la pantalla del equipo.

El Vantage se alimenta ya sea mediante voltaje AC 90. 240 AC, 50/60 Hz ó 12 VCD. Se tiene un puerto serial RS-232 DB 9 compatible con MODBUS de 9600 a 36500 bps.

#### 4.3 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación usada se basa en el cargador de baterías de 100 AH. Este equipo se encarga de mantener la carga en la batería de 12 VCD de plomo-ácido que alimenta la estación y está preparada. si se dispone de uno- para alimentar el sistema de comunicación. El equipo cuenta con un conjunto de clemas con interruptores que permiten desconectar la alimentación al cargador, la batería y los equipos alimentados por ellas. El orden de las clemas de interruptores de izquierda a derecha son: Alimentación AC, Batería, equipos (radio, Vantage, libre para crecimiento futuro).

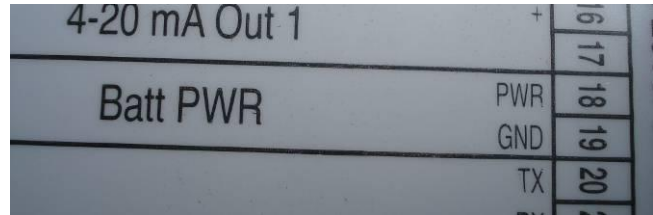
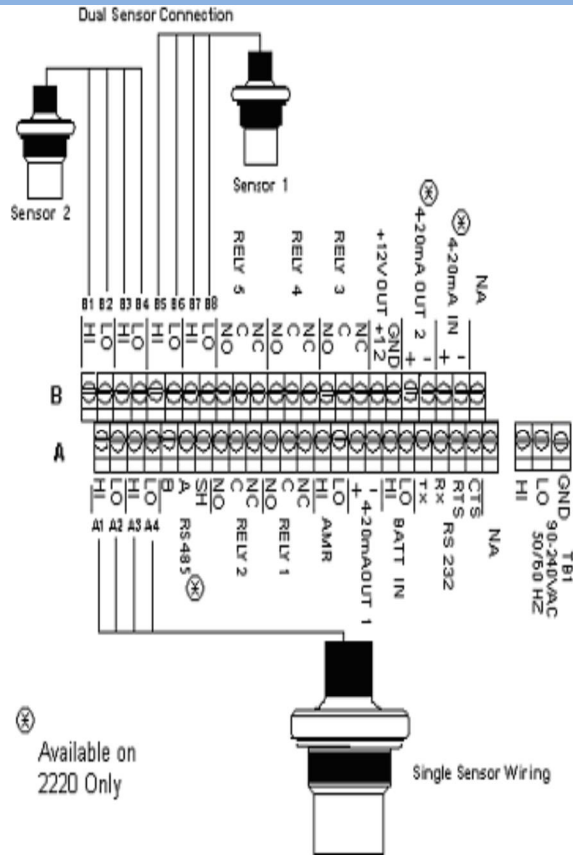
#### 4.4. Instalación del Vantage 2210

Aquí se describen los principales pasos para la instalación del equipo.

La instalación se realiza en forma sencilla siguiendo los siguientes pasos:

Montar el equipo en la superficie deseada, el fabricante suministra dos rieles metálicos atornillados al gabinete IP 66 del equipo para facilitar la tarea.

En la siguiente imagen se muestra del lado izquierdo el diagrama de conexión, sea para uno o dos sensores. Del lado derecho se muestra de arriba abajo, primero la posición en que deben conectarse los 4 hilos del sensor de nivel, luego la conexión de la corriente directa, y por último una fotografía de la conexión en el dispositivo Vantage.



Colocar el sensor ultrasónico de manera perpendicular a la superficie del agua verificando que quede a nivel.

Determinar el rango de nivel a medir y la distancia entre el nivel máximo y la parte inferior del sensor ya instalado y nivelado. Esta distancia debe ser mayor a 0.32 m (*Offset*).

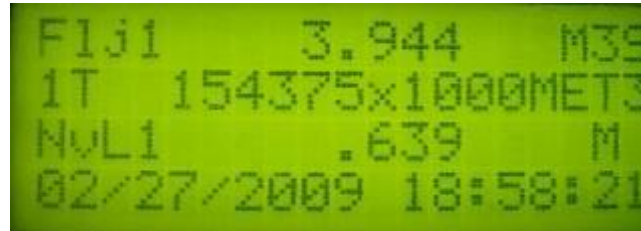
## 5. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

La configuración del Vantage 2210 se realiza mediante el teclado de 16 botones que tiene. La tecla **ÍMENUÍ** permite entrar y salir del programa de configuración. La tecla **ÍENTERÍ** acepta la opción seleccionada en pantalla. Las teclas numéricas y el punto permiten ingresar el valor numérico deseado y las teclas **ÍUPÍ** y **ÍDOWNÍ** permiten moverse entre las opciones mostradas.





Debido a que los equipos Vantage instalados en los canales de riego pueden ser de diferente modelo en cuanto a su programa interno (firmware), se presentarán las opciones en inglés que es el idioma inicial del dispositivo.



Pantalla Principal

Al seleccionar **Í MENUÍ** el equipo presenta las siguientes opciones:

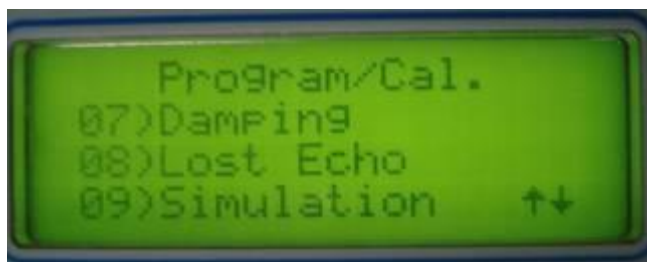
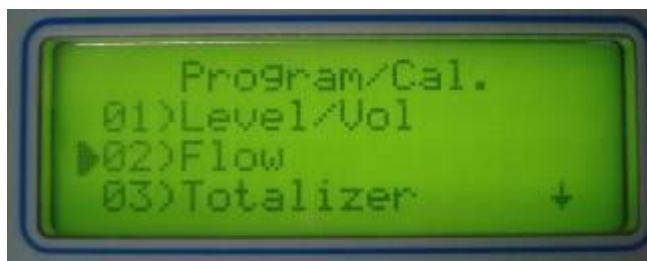


#### 01) **Review Meter** (Revisión del medidor)

Al seleccionar esta opción se muestra en la pantalla la configuración del equipo, totalizador de nivel, registrador etc.



02) **Program** (Programación)



01) <i>Level/Vol</i>	El equipo se programa como medidor de nivel
02) <i>Flow</i>	El equipo se programa como medidor de gasto
03) <i>Totalizer</i>	Selecciona las unidades de volumen y sus múltiplos
04) 4-20 Out	Asigna corriente de salida de 4-20 mA
05) Setpoints	Permite accionar un dispositivo externo a niveles altos y bajos
06) Sensor Cal.	Permite la calibración de la distancia de la superficie libre al sensor
07) Damping	Tiempo de amortiguamiento en cuanto a la salida de energía 4-20mA
08) Lost Echo	Cuanto tiempo el medidor puede mostrar el dato, en la ausencia de señal del sensor
09) Simulation	Permite introducir un nivel, y el equipo despliega el gasto.
10) Integrator	Permite poner un límite en cuanto a volumen totalizado, y detener el funcionamiento de un equipo externo
11) Pump Alt.	Permite seleccionar y operar bombas.
12) Relays	Definición de interruptores

Como se observa en las 12 opciones, el equipo tiene dos tareas principales:

A) determinar el nivel y el gasto, actividad en la que nos enfocaremos, y

B) con base en los datos accionar equipos adicionales (bombas), por lo que las opciones 04, 05,07, 08, 10, 11 y 12 no son del alcance de este manual.

### 03) Status

01) <i>Sensor</i>	Revisa la potencia de la señal, temperatura y ganancia.
02) <i>Level</i>	Presenta la distancia del sensor al nivel del agua.
03) <i>Alarms/Relays</i>	Estado de alarmas e interruptores 4-20 mA.
04) <i>Logger</i>	Muestra la hora, la frecuencia de almacenamiento, el espacio de memoria usada y disponible
05) <i>History</i>	Muestra en forma gráfica los últimos 8 días
06) <i>Daily Sum</i>	Muestra el gasto promedio, máximo y mínimo y la hora en que sucedieron en los últimos ocho días.

### 04) Data Logger

01) <i>Set Time/date</i>	Ajusta fecha y hora en el equipo
02) <i>Storage Rate</i>	Establece intervalo de almacenamiento de datos
03) <i>Secondary</i>	Programa un segundo intervalo para almacenamiento de datos
04) <i>Log channels</i>	Parámetros a almacenar
05) <i>Clear data</i>	Borra datos almacenados

## 05) System Setup

01) <i>Language</i>	Selecciona idioma a desplegar
02) <i>Display</i>	Elige contraste y luz de fondo
03) <i>Communications</i>	Parámetros de comunicación y habilita módem
04) Display lines	Se eligen los parámetros a ser mostrados en la pantalla
05) Sensors Used	Selección de tipo y cantidad de sensores usados
06) Rly Pulse Wdt	Tiempo de contacto de interruptores
07) Totals Reset	Reinicia el contador volumétrico, lo ajusta a 0.00
08) New Password	Cambio de contraseña
09) Summary Reset	Pone en ceros los promedios diarios
10) Meter reset	Borra configuración actual, y pone configuración de fábrica
11) New Firmware	Carga al medidor nuevo programa

## 06) Calibration

01) Flow Simulation	Revisa una simulación de gasto (se introduce H)
02) 4-20 Adjustment	Ajusta la señal de salida de 4-20 mA
03) <i>Sensor Cal.</i>	Calibra la distancia del sensor a la superficie libre del agua

A continuación se presentan algunos detalles de la configuración del equipo para las opciones de nivel, gasto, totalizador y calibración de sensor.

## 5.1 Programación del equipo como medidor de nivel/Volumen



Desde la pantalla principal presionar la tecla **MENU**, después presionar los dígitos **02** (Program). Solicita la contraseña (00000000 de fábrica), presionar **ENTER**,

- Program/Cal.  
01) Level/Vol  
02) Flow  
03) Totalizer

Se despliega las cuatro líneas mostradas, posteriormente presionar los dígitos **01**. Una pantalla de unidades de nivel se mostrará

- Level Units  
01) Inches  
02) Feet  
03) Meters

Presionar los dígitos que correspondan a las unidades deseadas, en nuestro caso **03** (metros).

También están las opciones de:  
**04) Centimeters**

**05) Millimeters**

- Volume Units  
01) None  
02) Gal  
03) MET3

La siguiente pantalla solicita las unidades de volumen para nuestro caso **03) MET3** que corresponde a m<sup>3</sup>

También están las opciones de:  
**04) LTRS**

**05) IGAL**

**06) BARR**

**07) CUFT**

- Display Format  
01) #.  
02) #.#  
03) #.##

Una vez seleccionado las unidades de volumen, se define el número de decimales a mostrar.

También está la opción de: **04) #.###**

<p>Choose Tank Type 01) Linear 02) Data Points 03) Horiz Circ</p>	<p>La siguiente pantalla permite elegir el tipo de tanque. <b>Linear</b> se aplica a tanques verticales (cilíndricos o rectangulares), <b>Data Points</b> permite hasta definir el volumen hasta 32 puntos en una relación nivel-volumen.</p>
---	---

<p>Enter Tank Maximum Level and Volume Lvl= 1.27 m Vol= 27.75 M3</p>	<p>En la siguiente pantalla se introduce los niveles y volúmenes máximos. El cursor se ubica en el primer dígito del valor de nivel. Si es necesario un número de más dígitos, presionar la tecla %down/flecha a la izquierda+. Después de presionar el último dígito o la tecla %enter+</p>
--	--

<p>Sensor #1 Units-meters Max Level 1.27 Offset 0.30</p>	<p>El número de sensor y las unidades previamente programadas se desplegarán. Si existieran dos sensores, el equipo preguntará cual sensor que se configurará. Mover el cursor al renglón deseado para introducir el máximo nivel, y el Offset (distancia sin medir a partir del sensor)</p>
--	--

**Nota:** Si tiene dos sensores de nivel repita lo anterior para el otro sensor.

La siguiente pantalla permite al usuario asignar la salida de 4-20 mA. En nuestro caso no es necesario, solo presionar %ENTER+.

Aquí se han introducido los datos de configuración para que por medio de medir el nivel, el sistema determine el volumen. Ahora al presionar el botón **Í MENUÍ**, aparece la siguiente pantalla:

<p>Press ENTER to store Any changes. Press any other key To not store changes.</p>	<p>Si queremos almacenar los datos de configuración se presiona la tecla %ENTER+. Presionando cualquier otra tecla, los cambios no se almacenan y no habrá modificación en la configuración del equipo.</p>
--	---

## 5.2 Programación del equipo como medidor de gasto



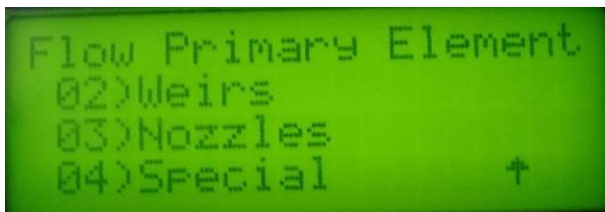
Desde la pantalla principal presionar la tecla **MENU**, después presionar los dígitos **02** (Program). Solicita la contraseña (00000000 de fábrica), presionar **ENTER**,

<p>Program/Cal. 01) Level/Vol 02) Flow 03) Totalizer</p>	<p>Se despliega las cuatro líneas mostradas, posteriormente presionar los dígitos <b>02</b>. Una pantalla de unidades de nivel se mostrará</p>
<p>Level Units 01) Inches 02) Feet 03) Meters</p>	<p>Presionar los dígitos que correspondan a las unidades deseadas, en nuestro caso <b>03</b> (metros). También están las opciones de: <b>04) Centimeters</b></p>
<p>Flow Units 01) GPM 02) GPD 03) MGD</p>	<p>La siguiente pantalla solicita las unidades de gasto. Las unidades disponibles son: <b>01) GPM</b>, galones/minuto <b>02) GPD</b>, galones/día</p>
	<p><b>03) MGD</b>, millones de galones/día <b>04) CFS</b>, pies cúbicos/segundo <b>05) CFM</b>, pies cúbico/minuto <b>06) CFD</b>, pies cúbico/día <b>07) LPS</b>, litros/segundo <b>08) LPM</b>, litros/minuto <b>09) LPD</b>, litros/día <b>10) MLD</b>, millones de litros/día <b>11) M3S</b>, metros cúbicos/segundo <b>12) M3H</b>, metros cúbicos/hora <b>13) M3D</b>, metros cúbicos/día <b>14) IGM</b>, galones imperiales/minuto <b>15) BPH</b>, barriles/hora Para nuestro caso presionar <b>07) LPS</b> ó <b>11) M3S</b></p>
<p>Display Format 01) #. 02) #.# 03) #.##</p>	<p>Una vez seleccionado las unidades de volumen, se define el número de decimales a mostrar. También está las opción de: 04) #.###</p>

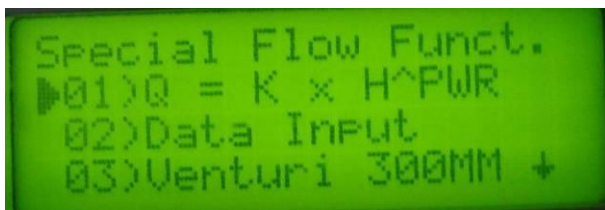
La siguiente pantalla permite seleccionar el tipo y dimensiones del elemento primario de medición, es decir la estructura de aforo, como puede ser el escalón sobre el canal, vertedores, apertura de compuertas, etcétera.

En la siguiente tabla están las opciones disponibles del equipo.

01) Flumes	01) Parshall	1) 2 inch; 2) 3 inch; ÷ ÷ 13) 96 inch
	02) Manhole	1) 4 inch; 2) 6 inch; . . . 5) 12 inch
	03) Palmer Bowlus	1) 6 inch; 2) 8 inch; . . . 8) 24 inch
	04) Trapezoidal	1) Small V60; 2) Large V60; ÷
	05) H Flume	1) H 4.5 Ft; HL 4.5 Ft; ÷
	06) Lagco	1) 6 inch; 2) 8 inch: ÷ ..
02) Weirs	01) V-Notch	1) 11.25 degree; 2) 22.5 degree; ÷ .
	02) Contrated	1) 12 inch; 2) 18 inch; ÷ ..
	03) Suppressed	1) 12 inch; 2) 18 inch; ..
	04) Cipolletti	1) 12 inch; 2) 18 inch; ÷
03) Nozzles	01) Open Flow	1) 6 inch; 2) 8 inch; ÷
	02) Kennison	1) 8 inch; 2) 10 inch
04) Special		



Para nuestro caso se ocupará la opción **04) Special**, la que permite usar una ecuación o bien una tabla de nivel-gasto.



En esta pantalla, seleccionar la opción 01)  $Q = K \times H^{PWR}$





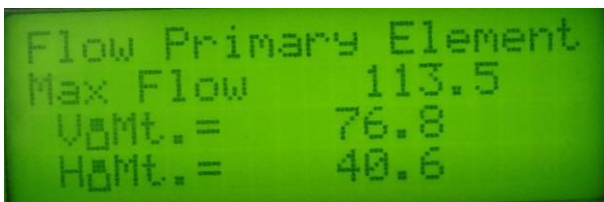
Function  $Q=K \times H^{PWR}$   
units are  $Q=CFS$   $H=FT$   
K = 25.09  
Power = 1.64

Es necesario mencionar que los parámetros de la ecuación o bien de la tabla deben introducirse en unidades inglesas, esto es, para el gasto en CFS (pie cúbico/segundo), y de nivel en pies. En caso de que se requiera un valor con más dígitos use la tecla:



Una vez introducido el valor de **K**, el cursor se pondrá en el renglón de **Power**. Ya introducido el valor de **K**, presionar la tecla **ENTER**

Una vez introducidas en este sistema de unidades, se puede cambiar el gasto y el nivel a las unidades deseadas, en nuestro caso el nivel en centímetros o metros, y el gasto en litros por segundo o metros cúbicos por segundo.



Flow Primary Element  
Max Flow 113.5  
 $V_{Mt.} = 76.8$   
 $H_{Mt.} = 40.6$

Una vez introducida la ecuación, el equipo muestra esta pantalla. En ella se observan el gasto máximo, el **VMt** que es la distancia vertical de montaje del sensor hasta el gasto igual a cero, y **HMt** que es la distancia horizontal del sensor a la estructura de medición, para nuestro caso **HMt** no se aplica.

El valor de **VMT** que se muestra es un valor recomendado. La siguiente pantalla debe de editarse para colocar el valor real. Solo presionar el botón **ENTER**



Enter Application  
Max Flow and  $V_{Mt.}$   
Flow= 3.6 LPS  
 $V_{Mt.} = 76.7$  cm

Esta pantalla permite introducir el valor de máximo gasto a medir (**Flow**), y **VMt** que es la distancia vertical desde el sensor al piso de la garganta. Si se requieren de más cifras a las mostradas en la pantalla con el botón de flecha izquierda es posible iniciar la captura de dígitos espacios antes.

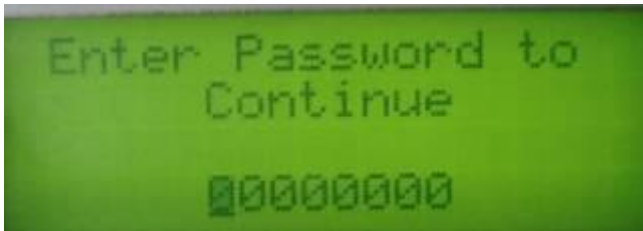
**NOTA.-** Si el valor del **VMt** introducido es menor que la distancia no medible (Offset 32 cm) más el valor de la carga en función del gasto máximo, el valor mínimo de **VMt** no cambia.

Aquí se han introducido los datos de configuración para que por medio de medir el nivel, el sistema determine el gasto. Ahora cuando presione el botón **IMENUÍ**, aparece en la pantalla:

Press ENTER to store  
Any changes.  
Press any other key  
To not store changes.

Si queremos almacenar los datos de configuración se presiona la tecla **ENTER**. Presionando cualquier otra tecla, los cambios no se almacenan y no habrá modificación en la configuración del equipo.

### 5.3 Programación del totalizador de volumen del equipo



Desde la pantalla principal presionar la tecla **MENU**, después presionar los dígitos **03** (Totalizer). Solicita la contraseña (00000000 de fábrica), presionar **ENTER**,

Program/Cal.  
01) Level/Vol  
02) Flow  
03) Totalizer

Se despliega las cuatro líneas mostradas, posteriormente presionar los dígitos **03**. La siguiente pantalla mostrará las unidades disponibles, y son:

01) GAL, galón

02) MET3, metro cúbico

03) LTRS, litro

04) IGAL, galón imperial

05) BARR, Barriles

06) CUFT, pie cúbico

07) ACFT, acre pie

Para nuestro caso presionar los dígitos 02 o 03

- 01) x .001
- 02) x .01
- 03) x .1
- 04) x 1
- 05) x 10
- 06) x 100
- 07) x 1000
- 08) x 10K

La siguiente pantalla permite almacenar el volumen con un multiplicador, las opciones disponibles se muestran a la izquierda.

Por ejemplo, sea una aforador en el que se requiera almacenar en miles de m<sup>3</sup>, entonces en la pantalla anterior presionar 02, y en ésta 07.

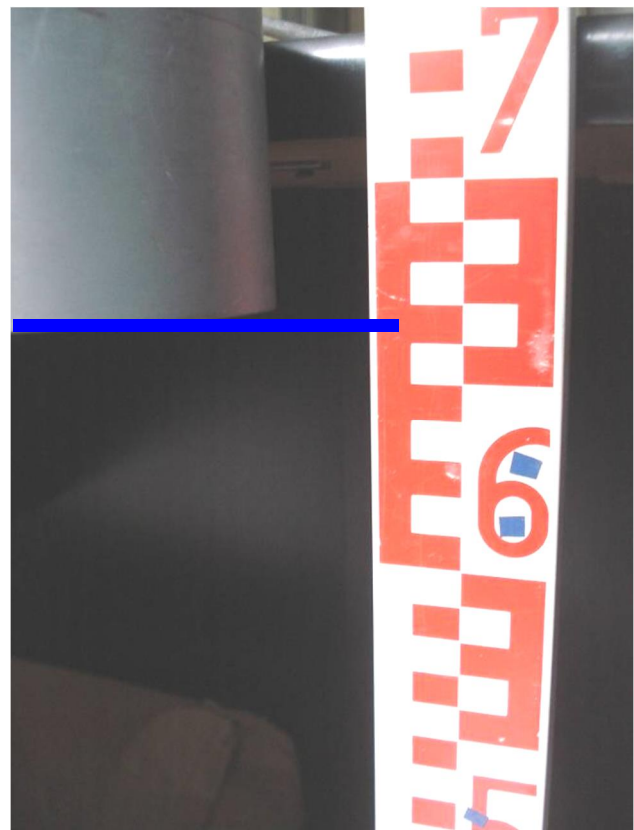
Al igual que en los casos anteriores, presionar la tecla MENU, y solicitará presionar la tecla ENTER para aceptar los cambios.

#### 5.4 Calibración del sensor

Para ajustar el sensor de nivel, desde la pantalla principal presionar la tecla **MENU**, posteriormente teclear **02**) Program, solicitará la clave de acceso, presenta 0000000 entonces presionar **ENTER**, ahora presionar **06) Sensor Cal.**

Con ayuda de un flexómetro o un estadal, determinar con mucho cuidado la distancia entre el sensor y el nivel del agua o un objeto cualquiera.

Si la distancia medida y la mostrada no son iguales, usar las teclas 1 y 3 para ajustar la distancia a la medida mostrada en el equipo



Una vez ajustado el sensor, presionar la tecla **MENU**, y posteriormente **ENTER** para aceptar el ajuste.

## 5.5 Configuración del almacenador de datos (Datalogger)

Para ajustar el almacenador de datos, desde la pantalla principal presionar la tecla **MENU**, posteriormente teclear **04) Data Logger**, solicitará la clave de acceso, presenta 0000000 entonces presionar **ENTER**

**1) Set Time/Date.** Permite ajustar la hora ya la fecha, digitar directamente sobre el teclado dichos datos.

**02) Storage Rate.** Permite seleccionar a cada cuanto tiempo se guardarán los datos, las opciones disponibles son:

- 01) 1 minute
- 02) 5 minute
- 03) 10 minute
- 04) 15 minute
- 05) 30 minute
- 06) 60 minute

Por ejemplo si se desea guardar información cada 10 minutos presionar **03**.

**03) Secondary.** Permite almacenar un segundo juego de datos a frecuencia diferente, para nuestro caso que no se desea información diferente, se presionará **01) Not active**

**04) Log Channels.** El equipo permite guardar hasta 8 variables. Las variables a guardar, y son:

- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 01) Not Used | 07) Total 2       |
| 02) Level 1  | 08) Setpoints     |
| 03) Level 2  | 09) Sensor 1 Temp |
| 04) Flow 1   | 10) Sensor 2 Temp |
| 05) Flow 2   | 11) Lvl1-Lvl2     |
| 06) Total 1  |                   |

---

Para nuestro caso es deseable almacenar nivel, gasto y volumen y como se cuenta con un solo sensor de nivel, las opciones deben ser **02), 04) y 06)**.

Finalmente presionar **ÍMENUÍ** para regresar y posteriormente **ÍENTERÍ** para aceptar la programación.

**05) Clear Data.** Esta opción borrará los datos almacenados, el equipo solicita la confirmación de borrado (presionar el número **5** si se está seguro), puesto que una vez borrados no hay manera de recuperar la información.

## 6. CONSULTA DE DATOS

La pantalla del VANTAGE muestra varias lecturas las cuales se describen a continuación:

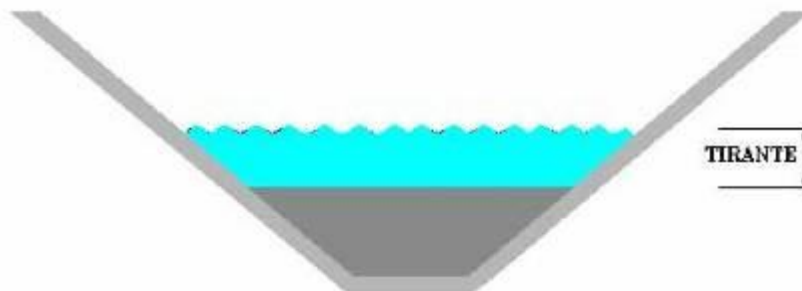


Pantalla del dispositivo de medición

**Flujo instantáneo:** Esta línea marca el flujo que en ese momento esta pasando por la estructura, está dado generalmente en litros por segundo LPS.

**Totalizador:** Aquí se va acumulando el caudal que ha pasado por el canal, está dado en  $m^3$  -metros cúbicos-, generalmente con un factor de 1000 para representar los millares.

**Nivel de tirante:** Este es el nivel que tiene el tirante del agua sobre la cresta del aforador. Está dado en centímetros.



Nivel de tirante en el canal

Para tener acceso y consultar otros datos hay que ingresar al **Í MENUÍ** y seguir la secuencia que se describe más adelante. Los datos que podemos consultar en esta pantalla secundaria son los siguientes:



Consulta de datos en pantalla

Para ingresar a esta pantalla atienda los siguientes pasos:

- Presionar la tecla **Í MENUÍ** . En él se acceden a varias opciones.

- 1) Revisar el medidor.
- 2) Programa
- 3) Estado
- 4) Registrador (Datalogger)
- 5) Ajustar sistema
- 6) Sistema

Si no se ven todas las opciones presione la tecla **UP** o la tecla **DOWN** para subir o bajar la pantalla.



Si se desea regresar a la pantalla principal en cualquier momento, se debe presionar la tecla **Í MENUÍ** las veces necesarias.

- Después de presionar la tecla **Í MENUÍ** aparece una pantalla, en la cual se selecciona la opción **Í 03) EstadoÍ** , tecleando **Í 03Í** y luego presionando **Í ENTERÍ** .



- En la pantalla que aparece, seleccionar la opción **06) Suma Diaria**, tecleando **06** y posteriormente **ENTER**.



- Aquí se observan los datos ya descritos arriba, se almacenan siete pantallas con los datos de los últimos siete días. Para acceder a ellas se deberá presionar la tecla **DOWN**.



Para regresar a la pantalla principal sólo necesita presionar la tecla **MENU** hasta llegar a ella.



## 7. RECUPERACIÓN DE DATOS ALMACENADOS

El %Datalogger+ que contiene el medidor VANTAGE almacena los datos de las mediciones, esto es, almacena un valor de caudal cada determinado tiempo. Mediante la conexión de una laptop al puerto serial del medidor se puede obtener un archivo como el que se muestra en la figura siguiente, en la primera columna se encuentra la fecha y la hora del registro y en la siguiente el dato que se almacenó . el flujo instantáneo de ese momento-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Date / Time	flow 1								
2	21/07/2005 15:00	26.17								
3	21/07/2005 16:00	26.09								
4	21/07/2005 17:00	26.13								
5	21/07/2005 18:00	26.13								
6	21/07/2005 19:00	26.16								
7	21/07/2005 20:00	26.09								
8	21/07/2005 21:00	26.15								
9	21/07/2005 22:00	26.09								
10	21/07/2005 23:00	26.09								
11	22/07/2005 00:00	25.98								
12	22/07/2005 01:00	25.68								
13	22/07/2005 02:00	25.66								
14	22/07/2005 03:00	25.68								
15	22/07/2005 04:00	25.66								
16	22/07/2005 05:00	25.72								
17	22/07/2005 06:00	25.66								
18	22/07/2005 07:00	25.68								
19	22/07/2005 08:00	25.70								
20	22/07/2005 09:00	25.75								
21	22/07/2005 10:00	25.71								
22	22/07/2005 11:00	25.77								
23	22/07/2005 12:00	25.68								
24	22/07/2005 13:00	25.65								
25	22/07/2005 14:00	25.68								
26	22/07/2005 15:00	25.49								
27	22/07/2005 16:00	25.74								
28	22/07/2005 17:00	25.65								
29	22/07/2005 18:00	25.53								
30	22/07/2005 19:00	25.55								
31	22/07/2005 20:00	25.43								
32	22/07/2005 21:00	19.57								
33	22/07/2005 22:00	19.19								

Archivo de datos

El procedimiento general es el siguiente:

- Obtenga un cable serial directo DB9 macho a DB 9 hembra.
- Instalar el software del Vantage en la computadora en la que se van a bajar los datos.
- Conectar el cable serial al puerto del medidor y al puerto de la laptop.



Puerto serial en el equipo de medición

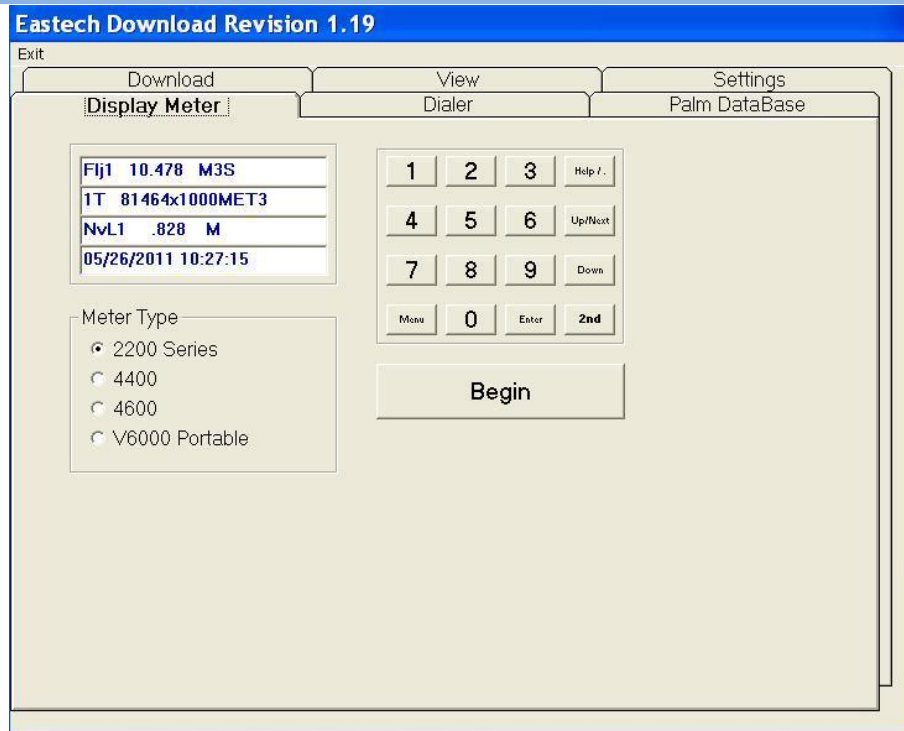
### 7.1. Operación del programa Vantage DDS

Como se mencionó, para poder recuperar los datos almacenados en el registrador se usa el programa Vantage DDS (*Eastech Download*) el cual se puede obtener la última versión en la página de Internet [www.eastechbadger.com](http://www.eastechbadger.com)

Cargue el programa en su computadora.

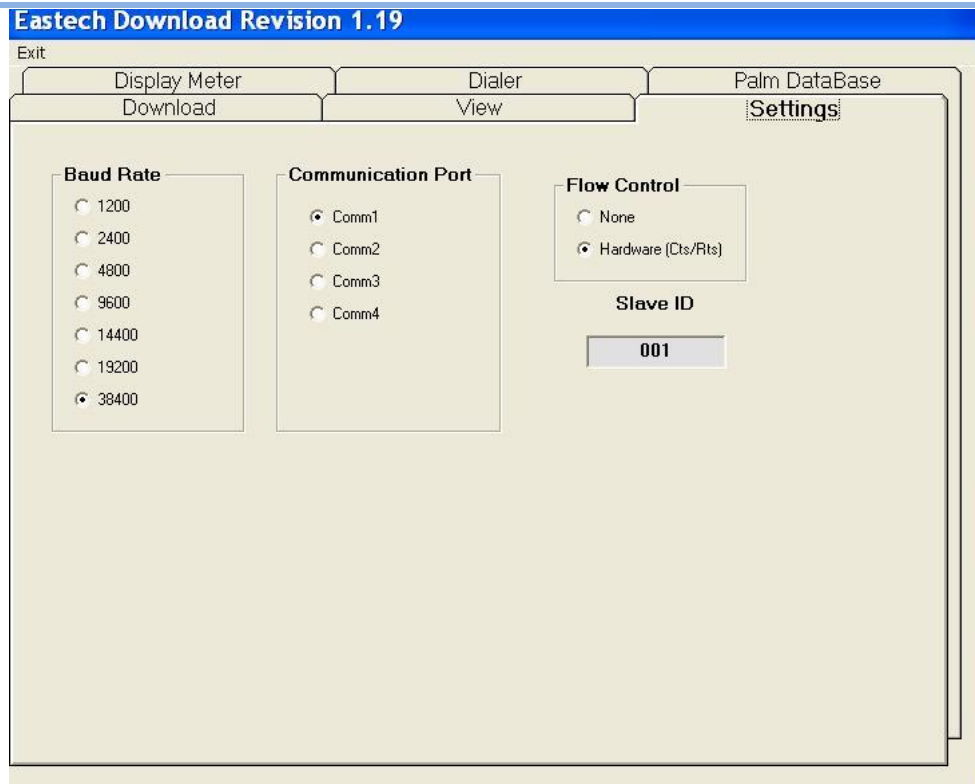
Los pasos para recuperar la información almacenada en el equipo Vantage son:

- Conectar el cable entre los puntos seriales RS-232 de la computadora y del equipo Vantage.
- Ejecutar el programa *Eastech Download*. Ejecute la secuencia **Inicio/Programas/VantageDwn**, aparece una ventana **Í Display MeterÍ** que es la pantalla del equipo Vantage la cual cuenta con 6 pestañas: **Í ViewÍ**, visor de datos recuperados del equipo; **Í SettingÍ**, configuración de los parámetros del puerto de comunicación RS-232 de la computadora; **Í DialerÍ**, configuración de los parámetros cuando un MODEM está conectado al medidor; **Í Palm DataBaseÍ**, configuración de los datos del archivo para recuperarlos en una PALM; **Í DownloadÍ**, ventana para recuperar los datos del equipo Vantage.



Pantalla Principal del Programa Eastech Download

- Configurar los parámetros del puerto de comunicación RS-232 de la computadora (Figura 8): Puerto de comunicación a usar **Í Communication PortÍ**; velocidad de transmisión **Í Baud RateÍ**; control de flujo **Í Flow ControlÍ**; número de dirección MODBUS del equipo Vantage a interrogar **Í Slave IDÍ**. Recuerde que los parámetros de puerto RS-232 de la computadora deben ser similares a los del equipo para que puedan intercambiar información.



Pantalla de configuración del puerto RS-232 de la Computadora

- Con el puerto de comunicación configurado verifique que tiene comunicación con el equipo Vantage. Pasar a la ventana de **Display Meter**, seleccione el tipo de medidor **Meter Type** serie 2200 y haga clic en **BEGIN**. Si hay comunicación entre la computadora y el equipo Vantage, en la ventana superior izquierda a un lado de los números del teclado del equipo, debe aparecer en pantalla el mismo texto que en la pantalla del medidor Vantage al que se conectó. De no ser el caso, regrese a la pantalla de configuración de comunicación **Settings**, revise los datos aquí ingresados, verifique que su cable está bien conectado, confirme ingresando al menú de configuración del Vantage los parámetros de comunicación de éste.

- Sabiendo que hay conexión, pase a la ventana de recuperación de datos **Download**. Especifique el nombre del archivo donde se guardan los datos recuperados en **Change Filename**. Inicie la recuperación de datos haciendo clic en **Download Data**. Al iniciar la recuperación de datos se llenan los cuadros de la derecha **Status**, registros disponibles **record available** y registros usados **Records used** y el tipo de dato guardado en cada canal **Channels**. Conforme se recuperan los datos la barra localizada abajo **Start Download** se recorre, indicando el avance. Al terminar se observa que el botón de **Download data** recupera su color y se vuelva a habilitar para recuperar datos nuevamente.

- En la ventana de View puede ver los datos recuperados.

- Finalmente para salir del programa dar clic en **Exit**, barra de herramientas parte superior izquierda de la ventana **Eastech Download** o cerrar la ventana.

**Nota:** Antes de hacer cualquier otra cosa verifique que los datos están en el archivo que usted indicó, abra en Excel el archivo creado. Con objeto de bajar los datos en forma más rápida se recomienda cambiar la velocidad de transmisión de información a 38400 bps. No olvide regresarla a la velocidad programada (4800 bps es la velocidad que usan los radios en los Distritos de Riego).

**Eastech Download Revision 1.19**

Exit

Display Meter      Dialer      Palm DataBase  
Download      View      Settings

**Status**

10922      10922  
Records available      Records used

**Channels**

Channel #1      Channel #5  
Level 1     

Channel #2      Channel #6  
Flow 1     

Channel #3      Channel #7  
Total 1     

Channel #4      Channel #8  
     

**Download Filename**

Coria km72.csv

Store Records into File

Change Filename

**Start Download**

All Data Download

V6000 Portable

Download Data

Since Last Time

Use Palm DataBase

Get ID List...

Ventana de recuperación de datos

**Eastech Download Revision 1.19**

Exit

Display Meter      Dialer      Palm DataBase  
Download      **View**      Settings

Record #	Date / Time	Level 1	Flow 1	Total 1
1	25/04/2011 01:00:00	3.25139072545712E-02	6.31379895292514E-02	71835
2	25/04/2011 01:05:00	3.26051805976141E-02	6.34209327948649E-02	71835
3	25/04/2011 01:10:00	3.25261187568974E-02	6.31757937774535E-02	71835
4	25/04/2011 01:15:00	3.310457069300501E-02	6.49772921191032E-02	71835
5	25/04/2011 01:20:00	3.34380773268984E-02	6.60245159879038E-02	71835
6	25/04/2011 01:25:00	3.34841964235423E-02	6.61698395711088E-02	71835
7	25/04/2011 01:30:00	3.34382710420055E-02	6.60251418367113E-02	71835
8	25/04/2011 01:35:00	3.37969680903535E-02	6.71584050153735E-02	71835
9	25/04/2011 01:40:00	3.42920927281435E-02	6.87345009287894E-02	71835
10	25/04/2011 01:45:00	3.41366773329185E-02	6.82383145832011E-02	71835
11	25/04/2011 01:50:00	3.40109115249462E-02	6.78377489946931E-02	71835
12	25/04/2011 01:55:00	3.36316694993776E-02	6.66352624675788E-02	71835
13	25/04/2011 02:00:00	3.35047376754724E-02	6.62345776697742E-02	71835
14	25/04/2011 02:05:00	3.36231423093761E-02	6.66083062653724E-02	71835
15	25/04/2011 02:10:00	3.37452275303142E-02	6.69944847818902E-02	71835
16	25/04/2011 02:15:00	3.36717834277024E-02	6.67620862580589E-02	71835
17	25/04/2011 02:20:00	3.37644127764948E-02	6.70552517208607E-02	71835
18	25/04/2011 02:25:00	3.39663384238683E-02	6.76960165915499E-02	71835

Ventana de presentación de datos, **View**

La tabla siguiente muestra las direcciones de memoria MODBUS de los datos recuperados vía radio de los equipos Vantage 2210.

<b>Dato</b>	<b>Dirección y formato MODBUS</b>	<b>Unidades</b>
Nivel sensor 1	F40005	Pulgadas
Gasto sensor 1	F40011	CFS
Totalizado sensor 1	D40017	Configuradas
Nivel sensor 2	F40007	Pulgadas
Gasto sensor 2	F40013	CFS
Totalizado sensor 2	D40019	Configuradas

Unidades: 1 CFS (pie cúbico por segundo) es .028317 m<sup>3</sup>/s.

Pulgada: es 2.54 centímetros o 0.0254 metros.

## **8. CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

### 8.1 Estructura hidráulica

Existe una forma visual muy simple de verificar la adecuada construcción de un aforador de Garganta Larga. Con su respectiva imagen de turbulencia y salto hidráulico, el flujo debe presentar cierta simetría aguas abajo. La figura siguiente muestra un AGL que tiene la corona inclinada hacia la margen derecha.



AGL que tiene la corona inclinada hacia la margen derecha.

O sin agua, con la simple observación de la huella que deja el agua. O bien realice una nivelación sobre la cresta de la estructura.



Huella del flujo sobre los taludes del AGL



Verifique la nivelación de la cresta de la estructura.

También es muy fácil observar si el AGL ha sido bien conservado . como es el caso de la figura de la izquierda y si se ha descuidado, como es el caso de la figura de la derecha. Una parte de las acciones de conservación consiste en retirar las piedras y hierbas cercanas al AGL.

Es esencial que el canal de aproximación, así como también el cárcamo de medición y su tubería de conexión al canal, permanezcan limpios y libres de maleza acuática y de sedimentos (para el canal, por lo menos la longitud de 5 veces el ancho de la superficie libre del agua a gasto máximo). No debe permitirse el crecimiento de algas sobre la cresta y la rampa aguas arriba.



Conservación de la obra civil

La escala debe ser visible con precisión de 1 centímetro, mas adelante se hace una descripción de las características de ésta.

## 8.2 Instalación eléctrica.

El cableado eléctrico se encarga de conectar los diferentes componentes del sistema a las fuentes de alimentación y sensores.

El cable usado es del No.18 al interior del gabinete para las señales eléctricas, al igual que el que conecta a los sensores. El cable tendido en tierra cuenta con una cubierta de aluminio y está aislado en pares, donde cada par, tiene su cable de tierra. Un cable del No.10 es usado para conectar las tierras.

Debido a que el gabinete donde se encuentra el controlador es a prueba de agua y polvo es conveniente mantenerlo cerrado para evitar estos contaminantes.

Para el correcto funcionamiento del sistema de carga de corriente debe evitarse en lo posible la obstrucción con ramas de luz solar sobre el panel solar, este panel deberá limpiarse con un trapo húmedo para retirar polvo o cualquier objeto que pudiera obstruir la captación solar, la frecuencia de este procedimiento no es crítica, así que se podrá hacer al inicio de cada uso continuo+ o ciclo agrícola (Figura 13).





Conservación del panel solar

Es recomendable hacer una revisión unas semanas antes del uso continuo para solucionar problemas que se pudieran presentar en el funcionamiento del equipo eléctrico y electrónico.

Dentro del gabinete se encuentra un riel con clemas de conexión, cuando por cualquier razón se requiera desconectar el sensor o al equipo en sí, se hará en éstas terminales de unión, evitando cortar cables para después unirlos.

Se deberá asegurar también que no existan terminales o cables en falso, principalmente en las clemas y en la batería. Dentro de las clemas que funcionan como interruptores, existen fusibles de protección contra sobrecorriente se hará también una revisión de este punto en caso de que el equipo no funcione.



Mantenimiento del gabinete y sus componentes

Se habrá de respetar la adecuada polaridad de las conexiones. Para la identificación de los cables se utiliza el código de colores que proporciona la norma NOM-SEDE-1999 (instalaciones eléctricas); teniendo el siguiente código para los cables:

- Banco o gris: Neutro o nivel mas bajo de voltaje (polaridad -negativa)
- Verde o verde con franja amarilla: Tierra física.
- Cualquier color excepto los anteriores, fase o nivel más alto de voltaje (polaridad +positiva)

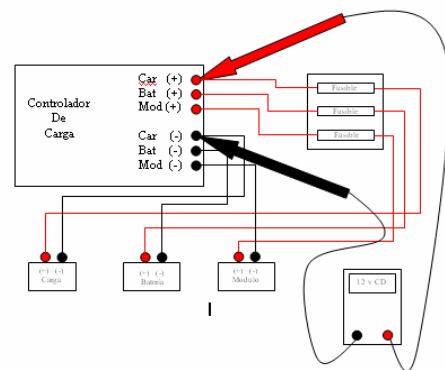
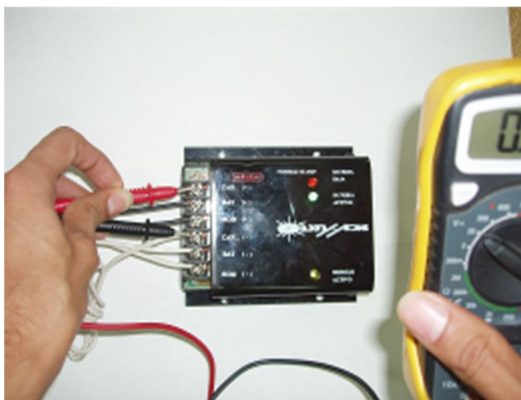
Como protocolo de verificación haga lo siguiente:

- a) Verificar que todos los componentes del sistema existen, %Datalogger+, teclado y pantalla, clemas para fusibles, controlador de carga, batería y panel solar DC (AC: luz eléctrica en su caso). Además deberá tener a la mano un multímetro en buen estado.
- b) Asegurar que todos los componentes del sistema están conectados.
- c) Revisar que los fusibles no estén quemados o fundidos.
- d) Revisar que la batería no este descargada.
- e) Revisar que el panel solar alimenta correctamente los circuitos (cables que van a los diferentes componentes).

**Nota:** Las reparaciones mayores de los sensores del equipo corresponderán a la empresa que lo suministró. Revise el manual (deberá mantener uno al interior del gabinete) de fallas más comunes y conservación preventiva.

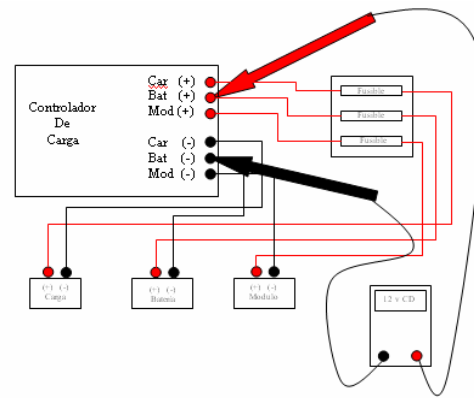
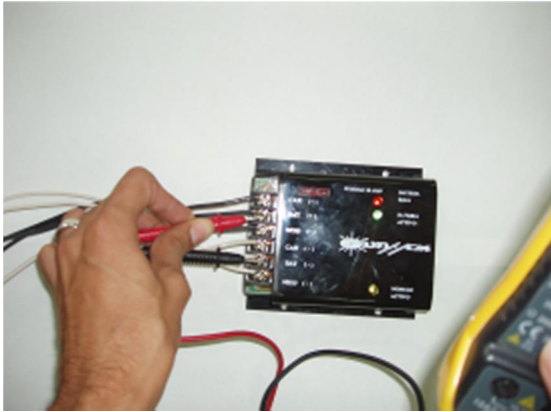
La siguiente secuencia gráfica le muestra como hacerlo.

Para comprobar el voltaje del sistema las puntas del multímetro se colocan como se muestra en la figura, la terminal roja se conecta al polo positivo (+) del controlador de carga y la terminal negra al negativo (-), posicionando el selector del multímetro en la opción de medir voltaje de corriente continua, o corriente directa (C.D.).

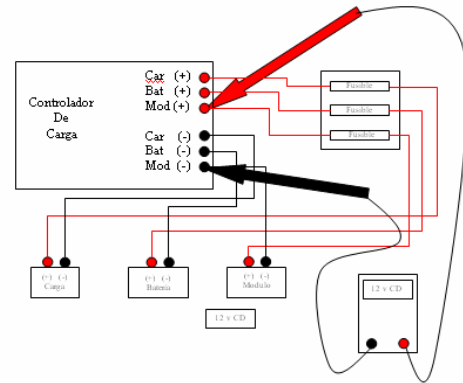


Verificación de carga del sistema

Para las siguientes mediciones Batería y Modulo es el mismo procedimiento la terminal roja del multímetro al polo positivo (+) y la negra al negativo (-) del respectivo componente a medir, el multímetro se posiciona en la opción de medir voltaje de C.D.

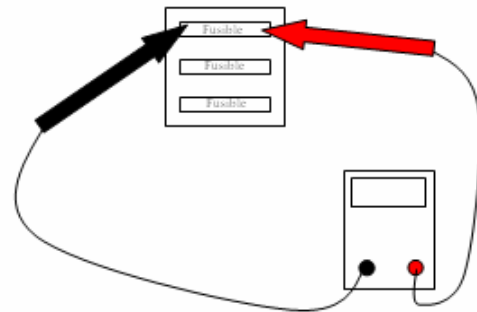
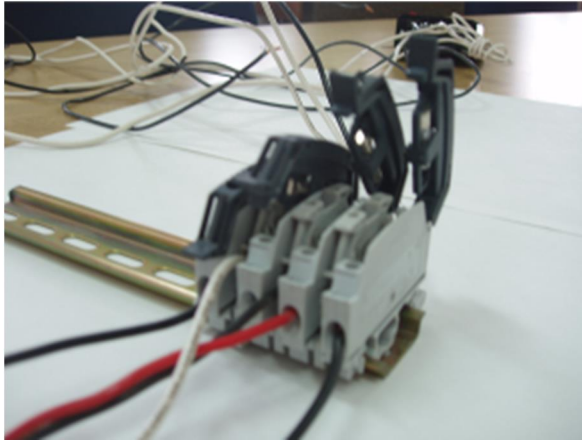


Verificación de carga de la batería



Verificación de carga del módulo

Para revisar que los fusibles estén en buen estado tomamos el multímetro y colocamos el selector de funciones en la de prueba de continuidad, si el fusible esta en buen estado se escuchara un sonido, de lo contrario no se escuchara nada, las puntas se colocan a los extremos del fusible, es indistinto la colocación de las puntas se pueden colocar en cualquiera de los dos extremos.



Revisión de fusibles eléctricos del sistema

### 8.3 Discrepancias entre los aforos y la lectura del AGL

- Verificar que no se encuentre obstruido el tubo de comunicación entre el canal y el cárcamo de medición
- Asegurar que no existan objetos flotando en el cárcamo de medición
- Mantener el canal limpio, sin sedimentos ni malezas acuáticas, para asegurar una mayor precisión
- La programación del equipo no se deberá modificar y en caso necesario se recomienda que lo haga personal calificado.
- Si el sensor fue removido de su lugar es necesario verificar la calibración de éste.
- Hay que tener en cuenta que en un aforo, hay más variables que influyen en la lectura final, y deberá considerarse que los aforos con molinete ofrecen una incertidumbre mayor con respecto al valor real

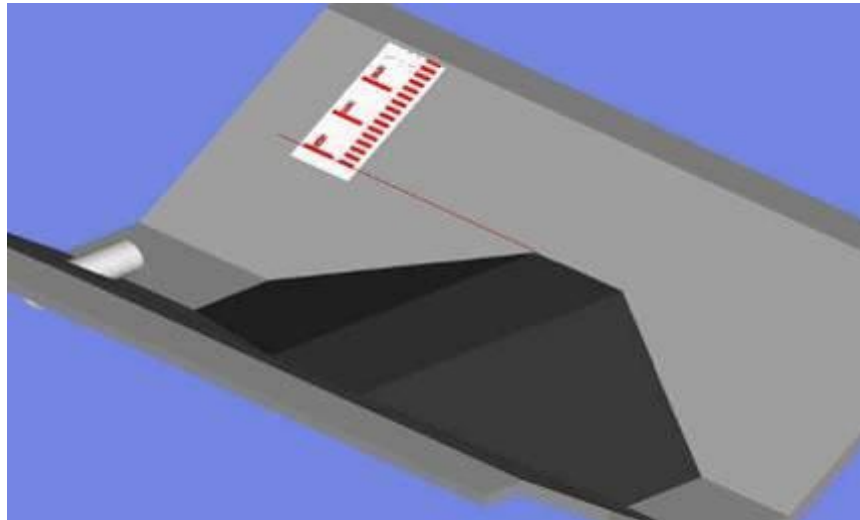
### 8.4. Escala sobre el talud

Para fines prácticos es recomendable pintar una escala sobre el talud, que nos indica la altura del tirante tomando como cero la cresta del aforador, con esta ayuda visual y con las tablas correspondientes a cada estructura es fácil y rápido estimar una lectura.

Por ejemplo supongamos que se tiene una escala de 12.2 cm, se toma la tabla correspondiente a esa estructura y se localiza en la primera columna el número que corresponde a la lectura con aproximación a centímetros y luego localizamos la fracción de milímetros para obtener el caudal.

Carga sobre la garganta	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
m	Aproximación en milímetros									
0.03	0.010	0.011	0.011	0.012	0.013	0.013	0.014	0.014	0.015	0.016
0.04	0.016	0.017	0.018	0.018	0.019	0.020	0.020	0.021	0.022	0.022
0.05	0.023	0.024	0.025	0.025	0.026	0.027	0.028	0.028	0.029	0.030
0.06	0.031	0.032	0.033	0.033	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.039
0.07	0.039	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048
0.08	0.049	0.050	0.051	0.052	0.053	0.054	0.055	0.056	0.057	0.058
0.09	0.059	0.060	0.061	0.062	0.063	0.064	0.065	0.067	0.068	0.069
0.1	0.070	0.071	0.072	0.073	0.075	0.076	0.077	0.078	0.079	0.080
0.11	0.082	0.083	0.084	0.085	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091	0.093
0.12	0.094	0.095	0.097	0.098	0.099	0.101	0.102	0.103	0.105	0.106
0.13	0.107	0.109	0.110	0.111	0.113	0.114	0.115	0.117	0.118	0.120
0.14	0.121	0.123	0.124	0.125	0.127	0.128	0.130	0.131	0.133	0.134
0.15	0.136	0.137	0.139	0.140	0.142	0.143	0.145	0.146	0.148	0.150
0.16	0.151	0.153	0.154	0.156	0.157	0.159	0.161	0.162	0.164	0.166
0.17	0.167	0.169	0.170	0.172	0.174	0.175	0.177	0.179	0.181	0.182
0.18	0.184	0.186	0.187	0.189	0.191	0.193	0.194	0.196	0.198	0.200

En este caso se tiene 0.097 m<sup>3</sup>/s o 97 l/s. En la figura se indica la manera correcta de referenciar la escala:



Correcta referencia a la escala sobre el talud del canal

- El cero de la escala debe corresponder con la cresta del aforador de garganta larga.
- La escala deberá estar frente o a un lado del tubo de PVC que sirve como vaso comunicante con el cárcamo de medición.
- La escala deberá estar proyectada según el talud que tenga el canal. Esta escala nos sirve para determinar la altura del tirante sobre la cresta del aforador de garganta larga.

## CAPITULO 3

# **Tecnología Doppler y su aplicación en aforo de canales**

**Coordinación de Hidráulica**

## Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Principios de funcionamiento .....</b>	<b>2</b>
2.1. Efecto Doppler (para ondas acústicas).....	2
2.2. Medición de la velocidad del agua por efecto Doppler .....	2
2.3. Determinación de perfiles de velocidad.....	8
2.4. Determinación del gasto con equipos Doppler.....	12
<b>3. Tecnología "VD" (Velocímetro Doppler).....</b>	<b>14</b>
3.1. Descripción de los equipos .....	14
3.2. Forma de aforar y comparación con otras técnicas .....	16
3.3. Uso y mantenimiento de los equipos.....	17
<b>4. Tecnología "PD" (Perfilador Doppler).....</b>	<b>19</b>
4.1. Descripción de los equipos .....	19
4.2. Forma de aforar y comparación con otras técnicas .....	21
4.3. Uso y mantenimiento de los equipos.....	25
<b>5. Tecnología "AD" (Aforador Doppler) .....</b>	<b>28</b>
5.1. Descripción de los equipos .....	28
5.2. Forma de aforar y comparación con otras técnicas .....	30
5.3. Uso y mantenimiento de los equipos.....	35
<b>Anexo - Complementos .....</b>	<b>38</b>
A.1. Ilustración del efecto Doppler para ondas de sonido.	
A.2. Primeros equipos acústicos basados en el efecto Doppler.	
A.3. Otros usos del efecto Doppler.	
A.4. Partículas en suspensión en el agua.	
A.5. Velocidad del sonido en el agua.	
A.6. Método "área - velocidad" con dovelas verticales	
A.7. Recomendaciones para instalar un AD	

# 1. Introducción

Desde los años 50' hasta los años 70', se han desarrollado equipos acústicos basados en el efecto Doppler para detectar objetos que se mueven en el mar, estudiar el flujo de la sangre en las arterias y medir las corrientes en el océano. A partir de los años 80', se empezaron a usar equipos similares para aforar en canales (Cuadro 1.1): por un lado, los *equipos móviles* (VD y PD) son una alternativa al aforo clásico con molinetes en canales; y por otro lado, los *equipos fijos* (AD) son una alternativa al aforo por medio de sistemas automáticos más clásicos, como son los Aforadores de Garganta Larga (AGL) y los Aforadores de Tiempo de Travesía (ATT).

Nota: También existen en el mercado equipos acústicos basados en el efecto Doppler para aforar en tuberías a presión. Sin embargo, para las obras de toma de las presas es preferible usar técnicas de medición más exactas, como son los Aforadores de Tiempo de Travesía (ATT).

A continuación, se presentan los equipos acústicos basados en el efecto Doppler para aforar en canales.

**Cuadro 1.1. Clasificación de los equipos acústicos basados en el efecto Doppler que se usan para aforar en canales.**

Tipo de uso	Tipo de tecnología	Acrónimo usado en este documento	
Equipos móviles	Medidor de velocidad (puntual)	<b>VD</b> Velocímetro Doppler <sup>(1)</sup>	
	Perfilador de velocidad	<b>PD</b> Perfilador Doppler <sup>(2)</sup>	
Equipos fijos		<b>AD</b> Aforador Doppler <sup>(3)</sup>	<b>ADL</b> Lateral
	<b>ADF</b> de Fondo		

<sup>(1)</sup> En ingles: *Acoustic Doppler Velocimeter*

<sup>(2)</sup> En ingles: *Moving Acoustic Doppler Current Profiler*

<sup>(3)</sup> En ingles: *Fixed Acoustic Doppler Current Profiler*

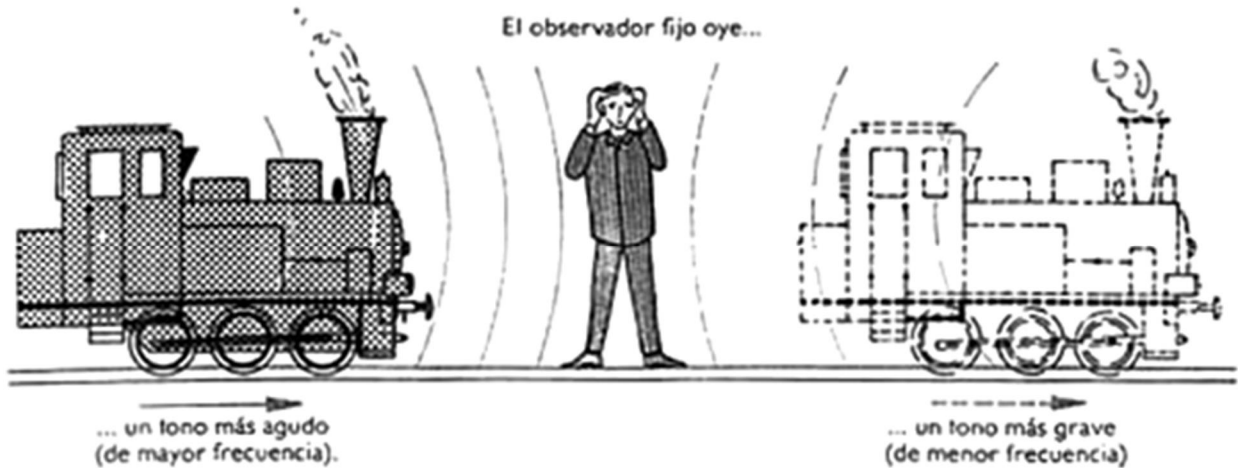


## 2. Principios de funcionamiento

### 2.1. Efecto Doppler (para ondas acústicas)

Cuando un objeto emite un sonido con una cierta frecuencia y este se acerca, se percibe un sonido con una frecuencia mayor (más aguda); al revés, si el objeto se aleja, se percibe un sonido con una frecuencia menor (más grave). Por ejemplo, esto ocurre cuando se escucha el sonido de una ambulancia que se acerca y luego se aleja. Este fenómeno se conoce como *efecto Doppler* (Ilustración 2.1).

Nota: En este documento, se habla del efecto Doppler para ondas acústicas. Sin embargo, también se presenta un efecto Doppler cuando un objeto que emite ondas electromagnéticas (luz) se acerca o se aleja.



**Ilustración 2.1. Ejemplo cotidiano, donde se pone de manifiesto el efecto Doppler: se percibe un tono más agudo cuando un vehículo se acerca, y más grave cuando se aleja.**

### 2.2. Medición de la velocidad del agua por efecto Doppler

Básicamente, los equipos Doppler para aforar en canales cuentan con un arreglo de sensores de velocidad, que envían pulsos de sonido con una cierta frecuencia (ultrasonido) en el agua y miden la frecuencia del eco enviado por partículas que están normalmente presentes en suspensión en el agua y que se mueven con ella. En este caso, se puede determinar la componente radial de la velocidad (promedio) de un grupo de partículas con base al efecto Doppler (Ilustración 2.2):

$$v_r = \frac{c}{2} \left( \frac{f - f_0}{f_0} \right)$$

- $v_r$  : componente radial de la velocidad de las partículas, es decir, proyección de su velocidad (promedio) sobre el eje que pasa entre estas partículas y el sensor de velocidad (m/s)
- $c$  : velocidad del sonido en el agua (m/s)
- $f_0$  : frecuencia del sonido emitido por el sensor de velocidad (Hz)
- $f$  : frecuencia del eco enviado por las partículas (Hz)

Nota: dicha fórmula es para el caso de una onda de sonido enviada por un observador inmóvil y *re-enviada* por un objeto en movimiento.

Ahora bien, la velocidad (promedio) de las partículas ( $v$ ) se relaciona geoméricamente con su componente radial ( $v_r$ ) de la siguiente manera (Ilustración 2.2):

$$v = \frac{v_r}{\cos(\theta)}$$

- $v$  : velocidad promedio de las partículas que reflejan el sonido (m/s)
- $\theta$  : ángulo entre la dirección del movimiento de las partículas y el eje que pasa por estas partículas y el sensor de velocidad (-)

Se deduce:

$$v = \frac{c}{2 \cos(\theta)} \left( \frac{f - f_0}{f_0} \right) \quad (2.1)$$

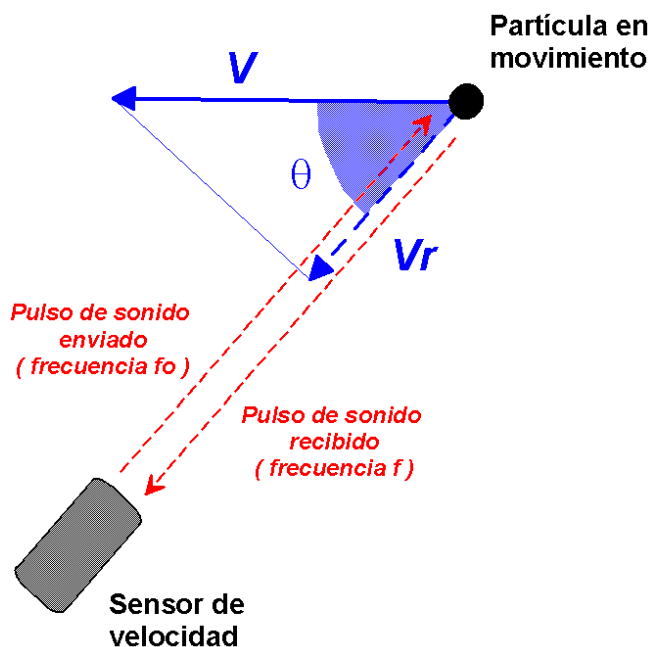


Ilustración 2.2. Esquema del funcionamiento de un sensor acústico basado en el efecto Doppler.

El sensor envía pulsos de sonido con una cierta frecuencia en el agua y mide la frecuencia del eco enviado por partículas que se mueven con ella. Con esta información, el sensor determina la componente radial de la velocidad de estas partículas.

Por lo anterior, se puede concluir lo siguiente acerca de la estimación de la velocidad del agua por medio de los equipos acústicos basados en el efecto Doppler:

1. Tal como se puede apreciar en la ecuación [2.1], la estimación de la velocidad depende del término " $(f - f_0) / f_0$ " = *cambio de frecuencia en la señal acústica*

→ Básicamente, es lo que mide el sensor de velocidad.

2. Los equipos Doppler asumen que la velocidad del agua es la de las *partículas en suspensión* que se mueven con ella.

→ La señal acústica re-enviada por las partículas en suspensión es bastante "ruidosa". Por lo tanto, los equipos Doppler cuentan con sistemas sofisticados para procesar dicha señal y estimar a partir de ella la velocidad del agua.

→ En la práctica, hay suficiente partículas en suspensión en el agua de los canales de riego, para que los equipos Doppler puedan trabajar adecuadamente. Además, y al contrario de otros equipos que miden la velocidad del agua (como son: los Aforadores de Tiempo de Travesía), los equipos Doppler pueden usarse -hasta un cierto límite- en aguas con altas concentraciones de partículas en suspensión.

3. La estimación de la velocidad depende del término " $\cos(\theta)$ " = *orientación del sensor de velocidad con respecto al flujo*

→ Al contrario de otros equipos que miden la velocidad del agua (como son: los molinetes), los equipos Doppler son sensibles a la orientación del flujo. En la actualidad, la mayoría de los equipos Doppler actuales cuentan con un arreglo de sensores de velocidad (entre 2 y 4), que les permite determinar las componentes del flujo en 2 o 3 dimensiones del espacio. Pero para poder hacerlo, deben ser orientados adecuadamente: cuando se afora en un canal (Ilustraciones 2.3 y 2.4), se orientan los equipos de tal forma que determinan las componentes de la velocidad del agua con respecto a un plano vertical y longitudinal (caso de los VD, PD y ADF) o con respecto a un plano horizontal y perpendicular al eje principal del canal (caso de los ADL).

4. La estimación de la velocidad depende del término " $c$ " = *velocidad del sonido en el agua*

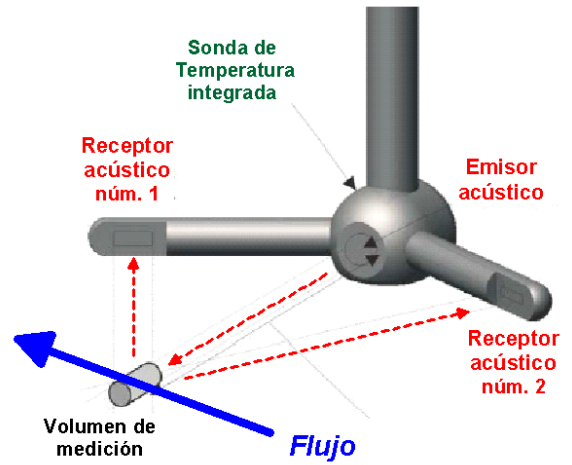
→ En la práctica, se puede estimar la velocidad del sonido en el agua con una tolerancia suficiente (del orden de  $\pm 0.25$  %), si se mide la temperatura del agua con una tolerancia de  $\pm 1$  °C y si se estima la salinidad del agua con una tolerancia de  $\pm 1$  g/L. Por lo tanto, la mayoría de los equipos Doppler actuales cuentan con una

sonda de temperatura, que mide la temperatura del agua cerca del instrumento; se estima la velocidad del sonido en el agua a partir de esta información (asumiendo que la salinidad del agua varía poco).

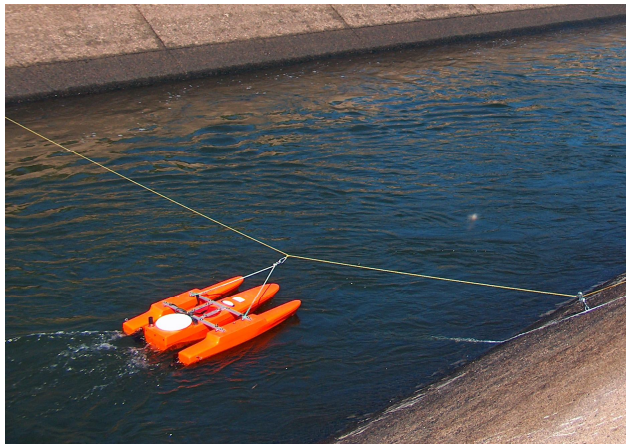
Nota: Por lo general, la salinidad del agua en los canales de riego es  $\approx 0.1$  g/L (o "*partes por mil*"). Sin embargo, debe tenerse cuidado cuando los canales transportan aguas residuales o saladas: en este caso, debe medirse la salinidad del agua y usar esta información para configurar adecuadamente los equipos Doppler.



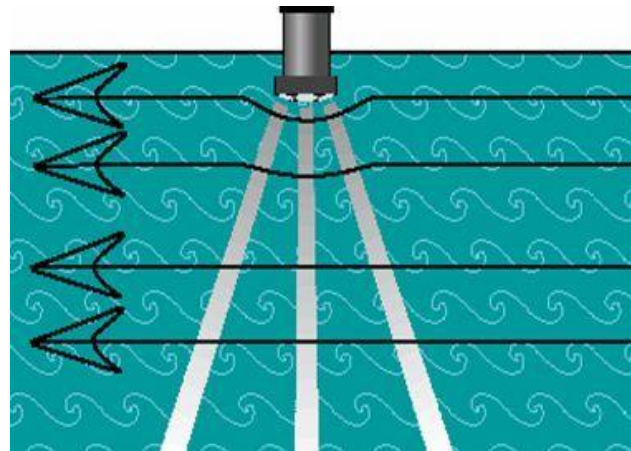
**a**



**b**



**c**



**d**

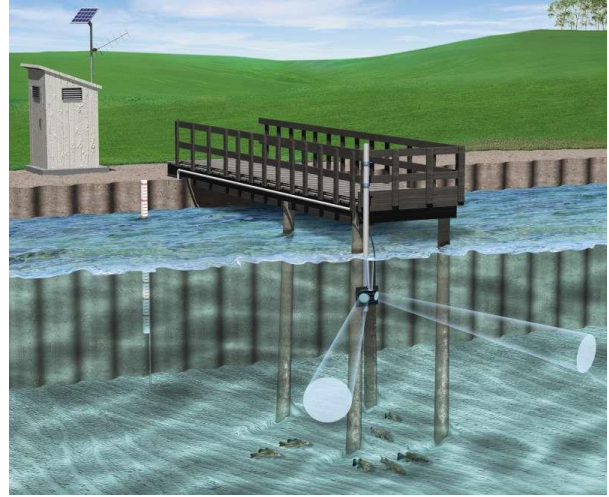
**Ilustración 2.3. Orientación de los equipos Doppler móviles:**

**(a-b) Equipos tipo VD (Velocímetro Doppler)**

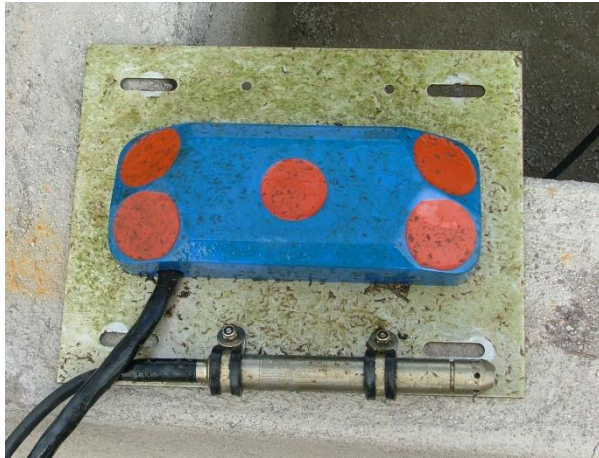
**(c-d) Equipos tipo PD (Perfilador Doppler).**



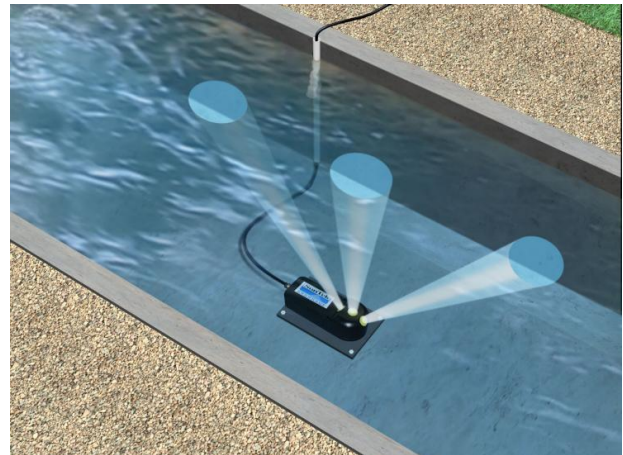
**a**



**b**



**c**



**d**

**Ilustración 2.4. Orientación de los equipos Doppler fijos:**

**(a-b) Equipos tipo ADL (Aforador Doppler Lateral)**

**(c-d) Equipos tipo ADF (Aforador Doppler de Fondo)**

## 2.3. Determinación de perfiles de velocidad

Los equipos Doppler que miden la velocidad del agua "puntualmente" (VD) tienen un arreglo geométrico de sus sensores de velocidad tal, que solo se detecta el movimiento de las partículas en suspensión dentro de un cierto volumen de agua (Ilustración 2.3b). Para poder determinar perfiles de velocidad del agua, los otros equipos Doppler (PD y AD) no solo miden el cambio de frecuencia en la señal acústica re-enviada por un grupo de partículas en suspensión, sino también el tiempo que tarda esta señal en ir y regresar. Asumiendo que la señal acústica viaja y regresa en línea recta, se tiene:

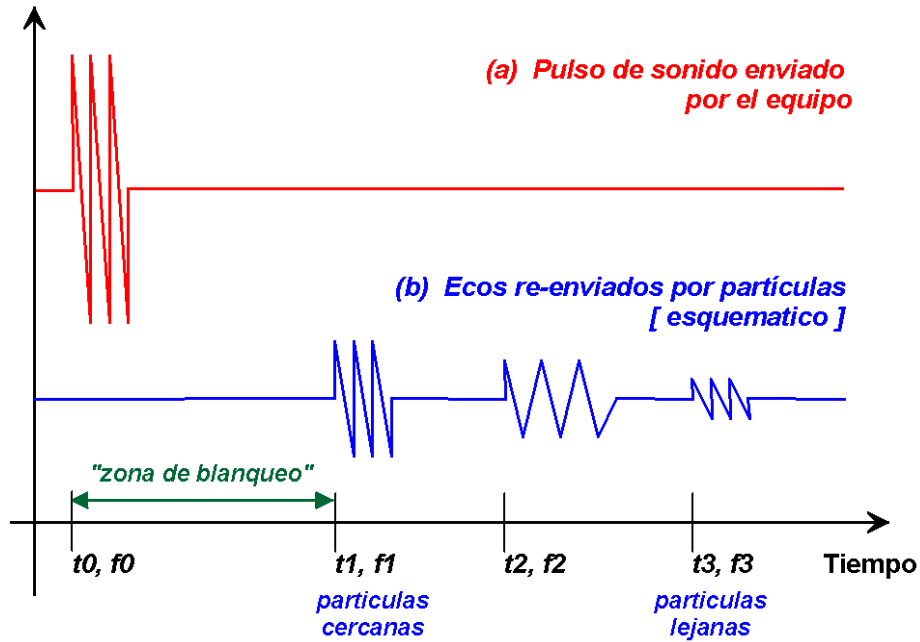
$$x = \frac{c t}{2} \quad (2.2)$$

- $x$  : distancia para la cual se está estimando la velocidad del agua (m)
- $t$  : tiempo que tarda la señal acústica para ir y regresar (s)
- $c$  : velocidad del sonido en el agua (m/s)

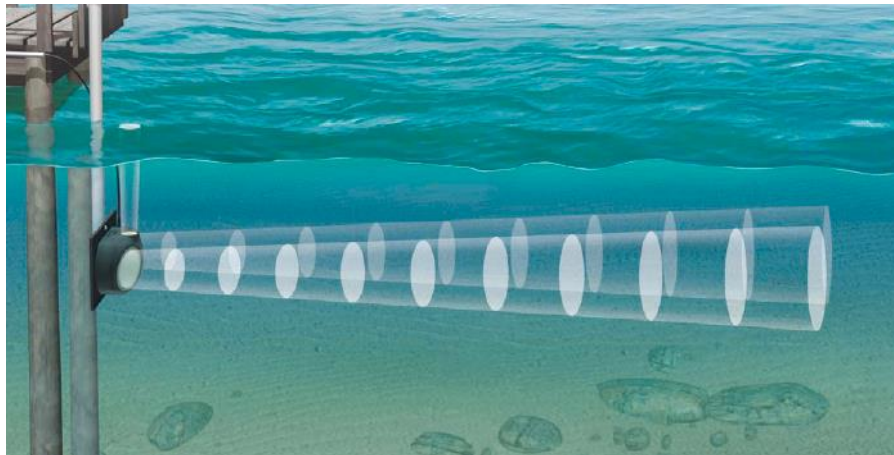
Nota: en estricto sentido, la velocidad de la señal acústica que viaja entre un sensor de velocidad Doppler y las partículas en movimiento depende de la velocidad (radial) de las partículas (de hecho, este fenómeno es la base del funcionamiento de los *Aforadores de Tiempo de Travesía*). Sin embargo, en la práctica la velocidad de las partículas es pequeña (< 6 m/s) con respecto a la velocidad del sonido en el agua quieta ( $\approx 1500$  m/s).

Conociendo la velocidad del sonido en el agua, los equipos Doppler pueden entonces determinar la distancia de donde proviene el eco re-enviado por un grupo de partículas en suspensión, y así determinar perfiles de velocidad en el agua (Ilustración 2.5).

Intensidad de la  
señal acústica



a



b

**Ilustración 2.5. Esquema del funcionamiento de un perfilador acústico basado en el efecto Doppler (equipo tipo PD o AD).**

- (a).Cada sensor de velocidad envía pulsos de sonido en el agua y detecta los ecos enviados por partículas en suspensión. Enseguida, el sensor determina la componente radial de la velocidad de estas partículas (con base al cambio de frecuencia del sonido) y su distancia (con base al tiempo que tardan los ecos para llegar al sensor).



- (b). Por lo general, los perfiladores Doppler cuentan con un arreglo de sensores de velocidad (por ejemplo, dos en la ilustración). Cada sensor determina un perfil de velocidades radiales en una cierta dirección. Enseguida, se utiliza dicha información para calcular un perfil de velocidad promedio (asumiendo que el patrón de flujo no cambia mucho en el tramo de canal).

Ahora bien, la forma como los equipos Doppler determinan perfiles de velocidad en el agua tiene ciertas limitantes:

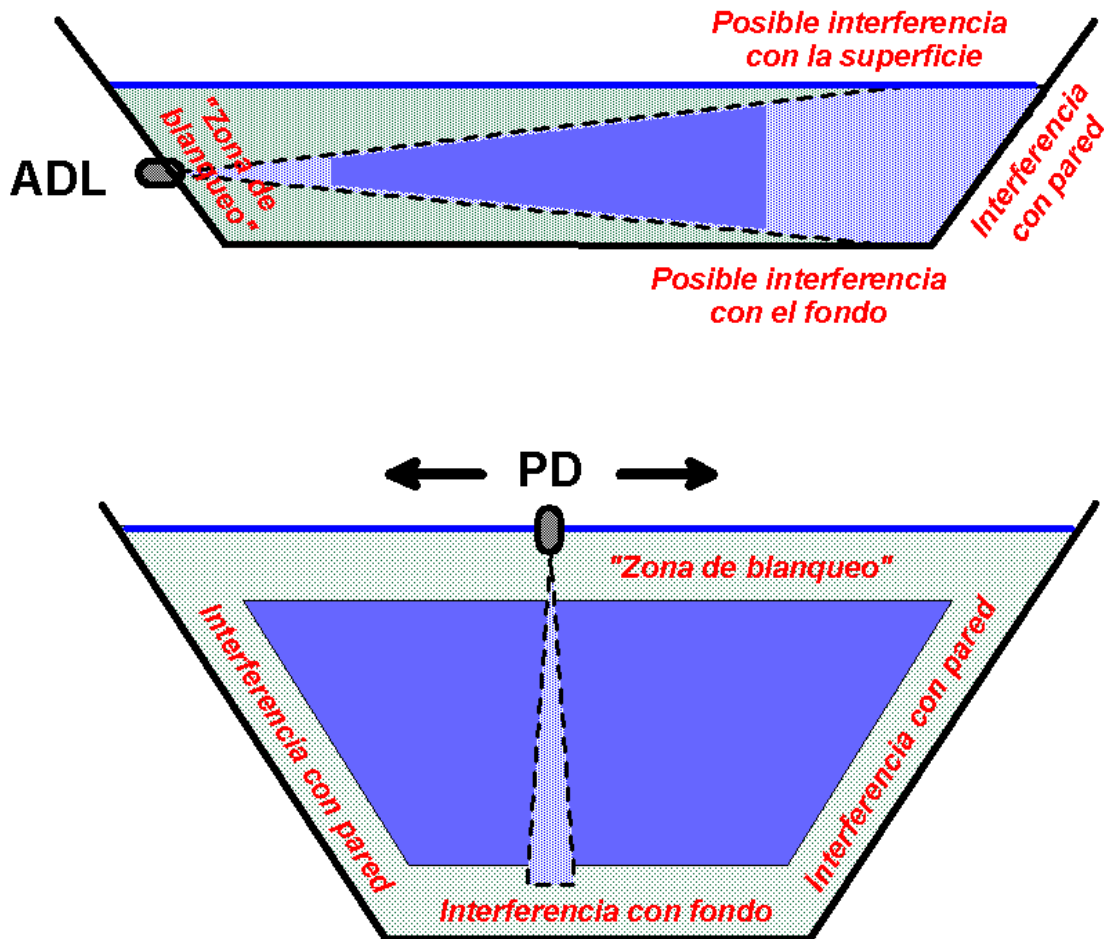
1. En la práctica, la señal que reciben los equipos proviene de muchas partículas en suspensión que se encuentran a varias distancias del equipo; por lo tanto, es una señal compleja, que requiere de algoritmos sofisticados para procesarla.
2. Tal como se puede apreciar en la ecuación [2.2], un error sobre la estimación de la velocidad del sonido en el agua ( $c$ ) conducirá a un error proporcional sobre las distancias ( $x$ ) para las cuales se estima la velocidad del agua.

Nota: este tipo de error puede tenerse, cuando el agua presenta estratificaciones (cambios de temperatura y/o de salinidad muy pronunciados).

3. No se puede determinar un perfil de velocidad demasiado cerca de un equipo Doppler (Ilustración 2.6). Esto se debe a que el tiempo que tarda el sonido para ir y regresar es tan corto, que el equipo no puede determinarlo. En la práctica, la zona cercana a los equipos donde no se puede determinar un perfil de velocidad (o "zona de blanqueo") mide entre 0.1 y 0.5 m (dependiendo de las especificaciones del equipo).
4. Tampoco se puede determinar un perfil de velocidad muy lejos de un equipo Doppler (Ilustración 2.6). Por un lado, esto se debe a que a partir de una cierta distancia, el eco re-enviado por las partículas en suspensión es demasiado tenue para poder ser detectado; esto depende de la frecuencia de los pulsos de sonido enviados por el equipo (a menor frecuencia, la distancia hasta donde se puede medir la velocidad es mayor). Por otro lado, no se puede medir la velocidad del agua demasiado cerca del fondo de un canal, o de una pared, o de la superficie del agua, porque en este caso, las ondas acústicas que viajan en el agua interfieren con las interfaces sólidas o con la atmósfera.

Nota: por lo anterior, debe tenerse un especial cuidado en no instalar un perfilador horizontal (ADL) demasiado cerca del fondo de un canal o demasiado cerca del tirante mínimo de operación.

5. En la práctica, los equipos Doppler determinan perfiles de velocidad en un canal a partir de un conjunto de sensores de velocidad que no exploran el mismo volumen. Por lo tanto, los equipos Doppler deben usarse en tramos de canal suficientemente uniformes, para poder asumir que los perfiles de velocidad (transversales o verticales) no cambian mucho a lo largo del tramo.



**Ilustración 2.6. Partes de un canal donde los equipos Doppler pueden medir la velocidad del agua.**

(zonas en azul oscuro, en las gráficas)

- (a). Un equipo tipo ADL (Aforador Doppler Lateral) no puede medir la velocidad del agua muy cerca del equipo, y tampoco demasiado lejos.
- (b). Un equipo tipo PD (Perfilador Doppler) no puede medir la velocidad del agua muy cerca del equipo, y tampoco demasiado cerca del fondo o de las paredes del canal.

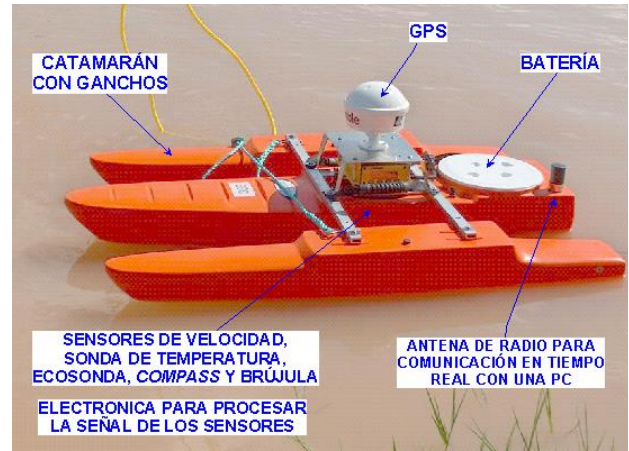
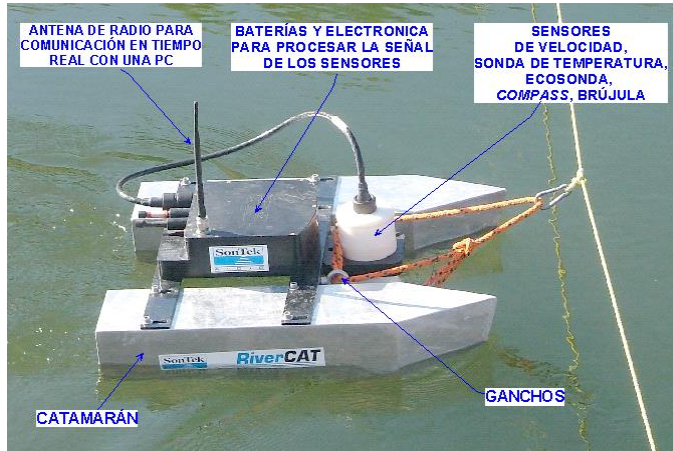
## 2.4. Determinación del gasto con equipos Doppler

Fundamentalmente, los equipos Doppler para aforar en canales miden la velocidad del agua en un cierto volumen. En este caso, se pueden usar para determinar el gasto con base a dos métodos:

- *Método "área - velocidad"*: el gasto ( $Q$ ) se calcula como la suma de todos los gastos elementales ( $Q_i$ ) que cubren el área de una sección del canal; cada gasto elemental es el producto de la componente longitudinal de velocidad ( $V_i$ ) multiplicado por el área asociado a esta velocidad ( $A_i$ ).
  - ➔ Los equipos de tipo VD y PD estiman el gasto con base a este método. En este caso, no basta medir la velocidad del agua en distintas partes del canal; también debe medirse el tirante y la geometría de la sección. Como se verá a continuación, los equipos PD cuentan a menudo con sensores adicionales para poder hacerlo (Ilustración 2.7).
- *Método de la "velocidad índice"*: el gasto ( $Q$ ) se calcula como el producto del área hidráulica ( $A$ ) por la velocidad media en el canal ( $V$ ). Asumiendo que la sección del canal no cambia con el tiempo (es decir, no hay problemas de azolve, inestabilidades de los taludes, o crecimiento de malezas acuáticas), se determina el área hidráulica conociendo la geometría de la sección y midiendo el tirante ( $y$ ). La velocidad media se determina a partir de una ecuación empírica (que se determina con una *calibración* en sitio) que usa la velocidad medida (o "velocidad índice") por el equipo Doppler en una cierta porción del canal ( $V_m$ ) y eventualmente el tirante medido en el canal ( $y$ ).
  - ➔ Por lo general, se utiliza este método cuando se trabaja con un AD. En este caso, no basta medir la velocidad en una cierta porción del canal; también debe estimarse el área hidráulica. Para poder hacerlo, los equipos tipo AD cuentan con un sensor de nivel (Ilustraciones 2.7c-d).

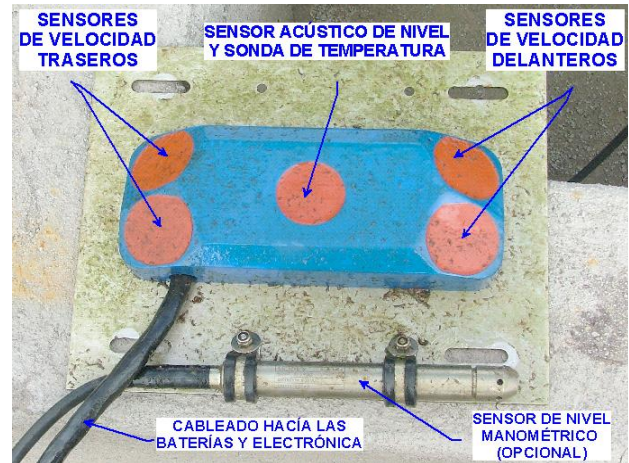
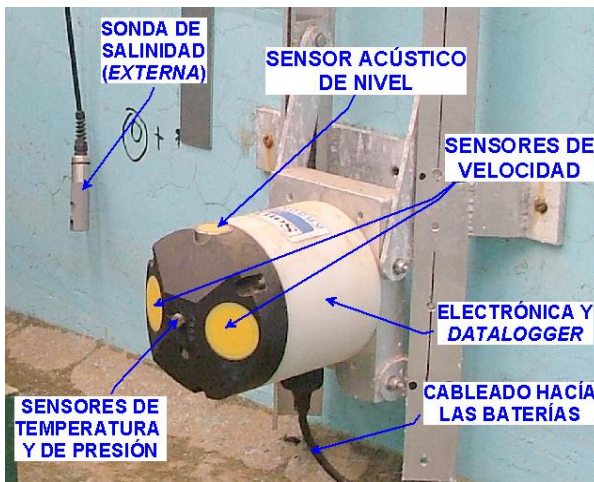
Los equipos Doppler para aforar en canales son equipos sofisticados, que cuentan con múltiples sensores y circuitos electrónicos que procesan la señal recibida por estos sensores (Ilustración 2.7). Sin embargo, no son tan difíciles de usar, porque vienen con programas de cómputo bastante amigables para poder manejarlos.

Nota: cuando se utiliza un programa de cómputo para calcular el gasto a partir de los datos proporcionados por un equipo Doppler, debe reportarse el nombre del *software* y su versión.



**a**

**b**



**c**

**d**

**Ilustración 2.7. Los equipos Doppler para aforar en canales son equipos sofisticados, que cuentan con múltiples sensores.**

**(a-b) Ejemplos de equipos de tipo PD.**

**(c-d) Ejemplos de equipos de tipo AD.**

## 3. Tecnología "VD" (Velocímetro Doppler)

### 3.1. Descripción de los equipos

Un VD está constituido por dos o tres sensores que envían ultrasonidos en el agua, un cable eléctrico y un circuito electrónico para poder programar el equipo y adquirir datos. El equipo mide la velocidad a unos 10 cm de distancia de sus sensores y en un volumen del orden de algunos  $\text{cm}^3$ .

Actualmente, existen dos modelos de VD en el mercado: "FlowTracker" (marca Sontek) y "ADC" (marca OTT). Para aforar con un VD, se requiere de una varilla para poder sujetar el equipo y orientarlo (Ilustración 3.1).

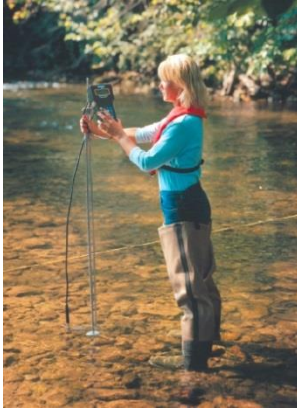


"FlowTracker" [2D] (marca Sontek)



"ADC" (marca OTT)





Vadeo con VD



Mediciones de velocidad con VD

**Ilustración 3.1. Distintos equipos de tipo VD  
y forma de sujetarlos.**

### 3.2. Forma de aforar y comparación con otras técnicas

El aforo con un VD es similar a un aforo desde una varilla con molinete: se divide la sección del canal en una sucesión de dovelas verticales, donde se mide la velocidad a ciertas profundidades (por ejemplo, una, dos o tres profundidades). En este caso, se requiere medir el ancho de las dovelas (con una cinta) y el nivel del agua en cada dovela (con una varilla).

**Cuadro 3.1. Comparación entre la tecnología VD y el aforo con molinete desde una varilla**

<b>Principales ventajas del VD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El VD no requiere de una calibración periódica; de hecho, viene ajustado de fábrica y no tiene partes móviles.</li> <li>• El VD mide la dirección del flujo del agua.</li> <li>• El VD puede programarse para calcular automáticamente el gasto.</li> </ul>
<b>Principales desventajas del VD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El VD normalmente solo se usa para canales someros (profundidad menor a 3 m).</li> <li>• Un VD es aproximadamente 3 veces más caro que un buen molinete.</li> <li>• Solo el fabricante puede reparar un VD dañado.</li> </ul>
<b>Requisitos comunes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere conocer la geometría del canal, el tirante y la posición del espejo del agua.</li> <li>• Se debe realizar una serie de mediciones de velocidad a lo largo del canal (típicamente, se recomienda definir entre 20 y 30 dovelas); cada lectura tarda entre 30 y 60 segundos.</li> <li>• Es difícil aforar con una varilla, cuando la velocidad del agua es mayor a 2 m/s.</li> </ul>

### 3.3. Uso y mantenimiento de los equipos

- *Selección del tramo de canal para aforar:* al igual que cualquier otra técnica basada en el método de "área - velocidad", es aconsejable aforar en un tramo de canal con las siguientes características:
  - Tramo recto y con una geometría bien definida
  - Tramo donde el flujo es uniforme y donde la líneas de flujo son paralelas al eje principal del canal (aunque este último requisito no es tan importante, como en el caso de un aforo con molinete).
- *Configuración de un VD:* los equipos actuales vienen con una pantalla de control y un *software* que permite configurarlos fácilmente. Los principales parámetros de configuración de un VD son los siguientes:
  - Tiempo de muestreo: se tendrá una medición más precisa de la velocidad del agua con un mayor tiempo de muestreo; en la práctica, se recomienda elegir un tiempo de muestreo entre 30 y 60 s.
  - Salinidad del agua: por lo general, la salinidad del agua en los canales de riego es  $\approx 0.1$  g/L (o "*partes por mil*"). Sin embargo, debe tenerse cuidado cuando los canales transportan aguas residuales o saladas: en este caso, debe medirse la salinidad del agua y usar esta información para configurar adecuadamente el equipo Doppler.
  - Temperatura del agua: normalmente, el equipo mide por si solo este parámetro.
  - Distancia a la cual el equipo mide la velocidad del agua: este parámetro viene ajustado de fábrica.
- *Operación de un VD:*
  - Ajustes preliminares: véase el manual del usuario (por ejemplo, puede ser necesario exponer los circuitos electrónicos del equipo a la presión atmosférica antes de iniciar un aforo).
  - Colocación del equipo dentro del agua: el equipo se coloca dentro del agua y se orienta por medio de una varilla similar a la que se usa para vadear con un molinete. Nuestra experiencia indica que no siempre es fácil controlar la orientación de un VD, cuando se utilizan varillas con elementos que se atornillan, o cuando el agua del canal es turbia.
  - Tomar lecturas de velocidad del agua: el *software* de los equipos VD permite tomar sucesivamente varias mediciones de velocidad y almacenarlas en la memoria del equipo.



- Tomar mediciones complementarias: cuando se afora con un VD, se requiere tener una cinta métrica para poder medir el ancho de las dovelas y una varilla con graduaciones para poder medir el tirante en cada dovela.
- Descargar los datos: al final de un aforo, los datos almacenados en la memoria del VD pueden descargarse fácilmente hacia una computadora mediante un cable de tipo serial y un *software* suministrado por el proveedor del equipo.
- Calcular el gasto: el gasto puede calcularse manualmente, con base a una hoja de calculo similar a la que se usa cuando se afora con molinete; también puede calcularse automáticamente por medio del *software* de los equipos.
- *Mantenimiento de un VD:*
  - El mantenimiento de los equipos es sencillo, ya que vienen ajustados de fábrica y no tienen partes móviles; en la práctica, basta cambiar las baterías cuando es necesario y limpiar con un poco de agua la superficie de los sensores de velocidad.
  - Precauciones de uso: no dejar caer un equipo VD, no rayar la superficie de sus sensores acústicos, no dejar el equipo expuesto al sol por mucho tiempo.
  - Verificación del equipo: el *software* de los equipos permite realizar una serie de pruebas de funcionamiento, para saber si el equipo está en buenas condiciones de uso. No intentar reparar un VD dañado, ya que solo el fabricante puede hacerlo.

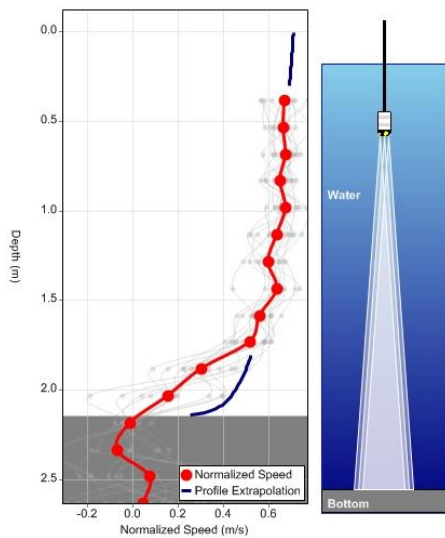
La tecnología VD es una alternativa al aforo con molinete desde una varilla. La precisión de los VD actuales es similar a la de un molinete calibrado. En la práctica, un técnico que sepa utilizar una computadora y que tenga nociones de cómo aforar con molinete, puede aprender a usar un VD en dos días.

## 4. Tecnología "PD" (Perfilador Doppler)

### 4.1. Descripción de los equipos

Un PD está constituido por tres o cuatro sensores orientados hacia abajo. Dichos sensores envían ultrasonidos en el agua y luego analizan el eco emitido por partículas en suspensión que se encuentran a diferentes profundidades; de esta manera, se logra determinar perfiles verticales de velocidad del agua. Para poder desplazarlo sobre la superficie del agua, un PD está normalmente montado sobre un bote pequeño (tipo catamarán) que puede ser arrastrado por medio de un cable.

La configuración y recuperación de datos con un PD se hace por medio de una computadora portátil y de una comunicación inalámbrica (tipo radio-modem o *bluetooth*). Los proveedores de PD suministran programas de cómputo específicos para poder configurar sus equipos y recuperar sus datos en tiempo real, y así calcular el gasto (Ilustración 4.1).



Perfil de velocidad medido con un PD



Laptop, radio-modem, batería e inversor para poder recibir los datos de un PD

**Ilustración 4.1. Perfil vertical de velocidad generado por un PD y forma de recuperar los datos en tiempo real.**

Actualmente, existen cinco modelos de ADCP en el mercado: "Río Grande" (marca RDI), "RiverCat" (marca Sontek), "StreamPro" (marca RDI), "QLiner" (marca OTT) y "FlowQuest" (marca LinkQuest).



"Río Grande" (marca RDI)



"StreamPro" (marca RDI)



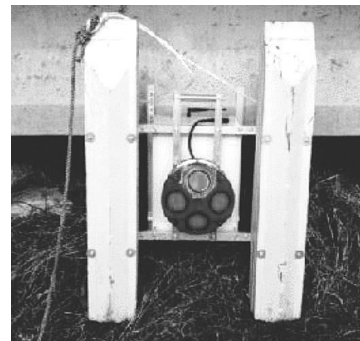
"RiverCat" (marca Sontek)



"QLiner" (marca OTT)



"FlowQuest" (marca LinkQuest)



Uno de los primeros prototipos de PD (USGS, 1998)

**Ilustración 4.2. Distintos modelos de equipos tipo PD.**

## 4.2. Forma de aforar y comparación con otras técnicas

El aforo con PD es similar a un aforo con molinete: se divide la sección del canal en una sucesión de dovelas verticales, donde se miden perfiles de velocidad. En este caso, se requiere medir el ancho de las dovelas y el nivel del agua en cada dovela: al respecto, diversos modelos de equipos PD cuentan con sensores que permiten hacerlo en forma más o menos automática (por ejemplo: ecosonda para medir el tirante, *compass* y brújula para corregir la orientación del equipo, sistema de rastreo de fondo o GPS para ubicar la posición del equipo en un canal).

Se puede aforar con un ADCP desde un puente de aforo o desde un cable tendido a lo largo del canal, y existen dos formas de aforar (Ilustración 4.3):

- *Modo "estacionario"*: se mide un cierto número de perfiles verticales de velocidad (típicamente, entre 20 y 30) a lo largo de una sección transversal de canal, se calcula la velocidad media en cada dovela, y luego se calcula el gasto con esta información.
  - ➔ Esta forma de aforar se parece mucho a un aforo clásico con molinete y es *a priori* la más confiable (de hecho, esta descrita en la norma ISO 748: 1997).
- *Modo "dinámico"*: se mueve lentamente el equipo a lo largo de una sección de canal; el ADCP registra automáticamente su posición y determina el gasto a partir de la información adquirida.
  - ➔ Esta forma de aforar es atractiva, porque es rápida. Sin embargo, todavía no existe una norma internacional que diga claramente cuál es su precisión. <sup>(1)</sup>

Nota: a veces, no se puede aforar en modo dinámico; este problema -conocido como "problema de fondo móvil"- se presenta cuando el fondo del canal contiene muchos azolves arrastrados por el agua.

---

<sup>(1)</sup> Aunque el documento de trabajo ISO/TS 24154: 2005 emite recomendaciones sobre esta forma de aforar.



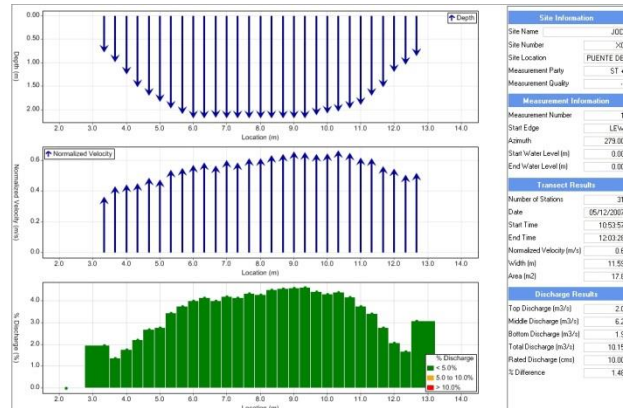
Aforo desde un puente y en modo "estacionario"

**a**



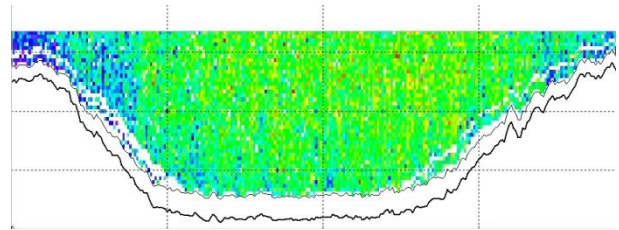
Aforo con PD desde una cuerda y en modo "dinámico"

**c**



Resultado del aforo con un PD en modo "estacionario"

**b**



Resultado del aforo con un PD en modo "dinámico"

**d**

**Ilustración 4.3. Formas de aforar con un PD:**

**(a-b) Modo "estacionario" y (c-d) Modo "dinámico"**

Criterios que deben tomarse en cuenta para seleccionar un PD:

- *Frecuencia de la señal enviada por los sensores acústicos:* en la actualidad, cada PD emite una señal acústica con una frecuencia específica. <sup>(2)</sup> Los equipos que trabajan con una mayor frecuencia tienen una mayor resolución espacial, mientras que los equipos que trabajan con una menor frecuencia tienen un mayor alcance. Para la mayoría de los canales de riego, se recomienda elegir un PD que trabaja con una frecuencia entre 1,000 y 3,000 kHz.
- *Presencia de una brújula y de un sensor de inclinación:* con estos sensores, se pueden corregir las fluctuaciones en la orientación del equipo durante las mediciones; *a priori*, los equipos que cuentan con estos sensores son más precisos.
- *Posibilidad de aforar en modo estacionario y en modo dinámico:* todos los PD pueden usarse para aforar en modo estacionario (aunque a veces, debe comprarse el *software* adecuado), pero algunos no permiten aforar en modo dinámico.
- *Sistema de posicionamiento del PD cuando se utiliza en modo dinámico:* la mayoría de los PD cuentan con un sistema denominado "rastreo de fondo", que les permite posicionarse con respecto al canal. Es la opción más usada para aforar en un canal con un PD que trabaja en modo dinámico. Pero a veces, esta opción no funciona (en particular, cuando hay movimiento de lodo o plantas en el fondo del canal) y en este caso, debe considerarse la alternativa de utilizar un PD con GPS integrado.
- *Forma de procesar la señal acústica:* ciertos PD procesan la señal según la tecnología de "banda ancha" y los demás usan la tecnología de "banda estrecha". Hasta donde sabemos, la tecnología de banda ancha es menos ruidosa cuando se trabaja en modo dinámico. Sin embargo, no se tiene una evidencia clara de cuál tecnología es superior, cuando se pretende trabajar en modo estacionario para estimar el gasto.
- *Tamaño y forma del catamarán:* hasta donde sabemos, no existe un bote mejor que los demás para poder aforar en cualquier sitio. Deben considerarse las dimensiones de los canales donde se pretende aforar y el tipo de corriente para elegir el bote más adecuado.

---

<sup>(2)</sup> Está por salir en el mercado un PD que trabaja con varias frecuencias.

**Cuadro 4.1. Comparación entre la tecnología PD y el aforo con molinete desde un escandallo**

<p>Principales ventajas del PD</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El PD no requiere de una calibración periódica; de hecho, viene ajustado de fábrica.</li> <li>• El PD puede usarse en sitios que no cuentan con un puente de aforo o con una canastilla.</li> <li>• El PD mide el tirante; además, determina también la geometría del canal cuando trabaja en modo "dinámico".</li> <li>• El PD tarda menos en determinar perfiles de velocidad del agua, e integrarlos para calcular el gasto.</li> <li>• El PD mide la dirección del flujo del agua.</li> <li>• El PD puede programarse para calcular automáticamente el gasto.</li> </ul>
<p>Principales desventajas del PD</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El PD normalmente se usa para canales relativamente profundos (más de 1.5 m).</li> <li>• Con un PD, no es tan fácil medir la velocidad en la orilla del canal, en el fondo, o en la superficie.</li> <li>• Un PD es por lo menos diez veces más caro que un buen molinete.</li> <li>• Se requiere de dos técnicos bien capacitados para poder usar un PD.</li> <li>• Se requiere de un interrogador portátil (tipo <i>laptop</i> o <i>palm</i>) para poder usar un PD.</li> <li>• Solo el fabricante puede reparar un PD dañado.</li> </ul>
<p>Requisitos comunes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siempre debe medirse la posición del espejo de agua en ambos márgenes del canal.</li> <li>• Se recomienda verificar el valor del tirante a partir de una escala.</li> </ul>

### 4.3. Uso y mantenimiento de los equipos

- *Selección del tramo de canal para aforar*: al igual que cualquier otra técnica basada en el método de "área - velocidad", es aconsejable aforar en un tramo de canal con las siguientes características:
  - Tramo recto y con una geometría bien definida
  - Tramo donde el flujo es uniforme y donde las líneas de flujo son paralelas al eje principal del canal (aunque este último requisito no es tan importante, como en el caso de un aforo con molinete).
- *Configuración de un PD*: los equipos actuales vienen con un *software* que permite configurarlos desde una computadora portátil. Los principales parámetros de configuración de un PD son los siguientes:
  - Elegir el modo de funcionamiento del PD: en este documento, solo se considera un PD que trabaja en modo "estacionario", porque es la forma de aforar más documentada en la literatura (véase la norma ISO 748: 1997) y porque en este caso, no se presenta el problema denominado "de fondo móvil". Además, es bastante sencillo programar un PD para que trabaje en modo "estacionario".
  - Tiempo de muestreo: se tendrán perfiles verticales de velocidad del agua más precisos con un mayor tiempo de muestreo; en la práctica, se recomienda elegir un tiempo de muestreo entre 30 y 60 s.
  - Salinidad del agua: por lo general, la salinidad del agua en los canales de riego es  $\approx 0.1$  g/L (o "*partes por mil*"). Sin embargo, debe tenerse cuidado cuando los canales transportan aguas residuales o saladas: en este caso, debe medirse la salinidad del agua y usar esta información para configurar adecuadamente el equipo Doppler.
  - Temperatura del agua: normalmente, el equipo mide por sí solo este parámetro.
  - Configuración del PD para que pueda medir perfiles verticales de velocidad del agua: antes de realizar un aforo, debe indicarse cuál es aproximadamente el tirante máximo en el canal; y en función de este valor, debe procurarse minimizar los valores de los parámetros conocidos como "zona de blanqueo" y "tamaño de celdas".
  - Profundidad del PD dentro del agua: antes de iniciar un aforo, debe indicarse a cuál profundidad se encuentran los sensores de velocidad por debajo de la superficie del agua: este parámetro debe medirse con una cinta métrica (típicamente es entre 2 y 8 cm).



- *Operación de un PD:*

- Armar el equipo: se requiere de una cierta experiencia para armar un PD y sujetarlo a su catamarán. En particular, debe tenerse un especial cuidado en orientar adecuadamente los sensores de velocidad del equipo (consultar el manual del usuario en caso de duda).

- Ajustes preliminares: cuando el PD viene con una brújula, deben hacerse algunos ajustes preliminares para que dicha brújula trabaje adecuadamente: calibración de la brújula (en sitio) y determinación del *azimut* (es decir, el ángulo entre el norte magnético y el eje principal del canal); dichos ajustes tardan unos minutos (véase el manual del usuario al respecto).

- Medir perfiles verticales de velocidad del agua: para medir un perfil de velocidad en una cierta dovela, se deja el equipo sobre el agua a una cierta distancia de la orilla del canal; cuando en catamarán es relativamente estable, se empieza a tomar lecturas de velocidad. Después, se desplaza el equipo por medio de una cuerda, y se mide el perfil de velocidad que corresponde a otra dovela. Las mediciones se toman desde una computadora portátil, la cual se comunica vía radio con el PD.

Nota: cuando se afora desde un puente, nuestra experiencia indica que se controla mejor la posición de un PD con un sistema de dos cuerdas (Ilustración 4.4a). Y cuando se afora desde un cable en un canal profundo, puede ser necesario utilizar un arreglo de cuerdas y poleas (Ilustración 4.4b).

- Tomar mediciones complementarias: cuando se afora con un PD en modo estacionario, se requiere de una cinta métrica para medir el ancho de las dovelas. En particular, no debe olvidarse medir la posición del espejo del agua en los márgenes izquierda y derecha del canal.

Nota: se recomienda verificar que las lecturas de tirante proporcionadas por un PD son exactas; por lo contrario, puede ser necesario ajustar el valor del parámetro denominado "profundidad de los sensores de velocidad dentro del agua".

- Descargar los datos: cuando se afora con un PD, los datos son directamente almacenados en la memoria de una computadora portátil.

- Calcular el gasto: después de aforar con un PD, se calcula el gasto por medio de un *software* suministrado por el proveedor del equipo. En este caso, el usuario puede elegir ciertas formas de extrapolar los perfiles de velocidad del agua en las partes del canal donde no se pudieron medir: orilla del canal, fondo y superficie del agua.

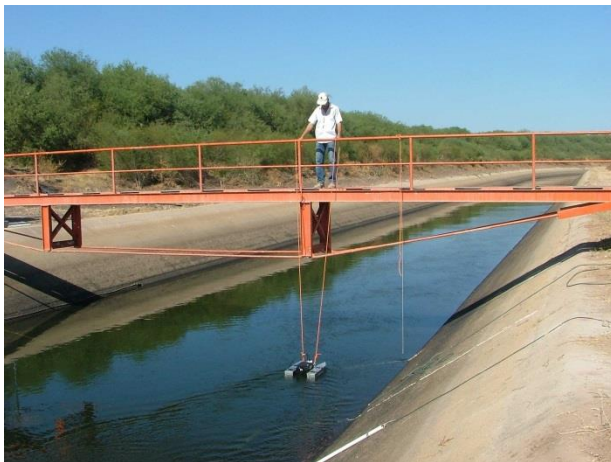
- *Mantenimiento de un PD:*

- Los equipos PD vienen ajustados de fábrica y no tienen partes móviles. Sin embargo, son equipos costosos y sofisticados: después de cada aforo, deben desmontarse, limpiarse con un poco de agua, secarse con una tela y almacenarse cuidadosamente en su caja.

- Precauciones de uso: no dejar caer los componentes de un PD, no rayar la superficie de sus sensores acústicos, no dejar los sensores acústicos o los componentes electrónicos expuestos al sol por mucho tiempo, manipular las antenas del equipo con cuidado.

- Verificación del equipo: el *software* de los equipos permite realizar una serie de pruebas de funcionamiento, para saber si el equipo está en buenas condiciones de uso. En caso de duda, no intentar reparar un PD dañado: solo el fabricante puede hacerlo.

La tecnología PD es una alternativa al aforo con molinete desde un puente de aforo, además, se puede aforar con un PD en sitios donde no hay puente de aforo o canastilla. La literatura sugiere que con un PD se puede estimar el gasto en la mayoría de los canales de riego, con una precisión del orden de  $\pm 5\%$  [ $p = 0.95$ ]. En la práctica, se requiere de dos personas para poder aforar con un PD. Un técnico que sepa utilizar una computadora y que tenga nociones de cómo aforar con molinete, puede aprender a usar un PD en menos de quince días.



Forma de sujetar un PD con dos cuerdas, cuando se afora en modo estacionario

**a**



Arreglo de cuerdas y poleas para poder mover un PD en un canal profundo

**b**

**Ilustración 4.4. Algunas formas de controlar la posición de un PD en un canal.**

## 5. Tecnología "AD" (Aforador Doppler)

### 5.1. Descripción de los equipos

Un AD sirve para monitorear el gasto en canales. Básicamente, se trata de un aparato que se sujeta en un punto del canal, y que realiza simultáneamente dos tipos de medición: tirante y perfil de velocidad del agua en una dirección dada (hasta una cierta distancia del aparato). La medición de tirante ( $y$ ) permite estimar el área hidráulico ( $A_w$ ), siempre y cuando se conoce la geometría de la sección del canal. Las mediciones de velocidad sirven para estimar una velocidad "índice" ( $v_x$ ), la cual se relaciona con la velocidad media del agua en el canal ( $v_m$ ) mediante una ecuación experimental obtenida a través de un proceso de calibración. Finalmente, se calcula el gasto ( $Q$ ) como siendo el producto del área hidráulico ( $A_w$ ) por la velocidad media ( $v_m$ ).

En la actualidad, existen dos formas de instalar un AD en un canal (Ilustraciones 5.1 y 5.2):

- Un ADL ("Aforador Doppler Lateral") se sujeta en la orilla del canal de tal forma que mide perfiles horizontales de velocidad.
  - ➔ Actualmente, existen cinco principales modelos de ADL en el mercado: "Argonaut-SL" (marca Sontek), "SLD" (marca OTT), "ChannelMaster" (marca RDI), "HADFM" (marca ISCO) y "FlowQuest" (marca LinkQuest).
- Un ADF ("Aforador Doppler de Fondo") se sujeta al fondo del canal, de tal forma que mide perfiles verticales de velocidad.
  - ➔ Actualmente existen dos principales modelos de ADF en el mercado: "Argonaut-SW" (marca Sontek) y "ADFM-Pro-20" (marca ISCO).

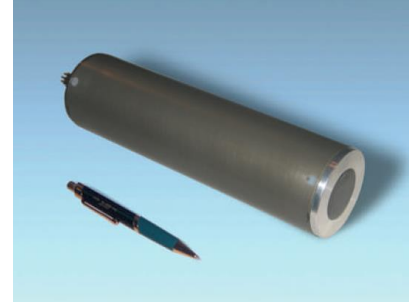
Algunos modelos de AD cuentan con un sensor de inclinación integrado, el cual sirve para verificar que la orientación no cambia en función del tiempo.



"Argonaut-SL" [3 MHz]  
(marca Sontek)



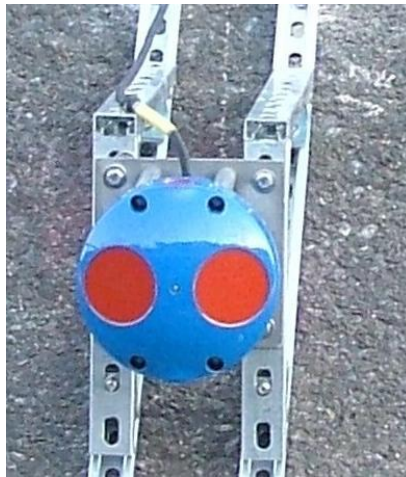
"SLD"  
(marca OTT)



"FlowScout 2000"  
(marca LinkQuest)



"ChannelMaster"  
(marca RDI)



"HADFM" (marca ISCO)



"FlowQuest 1000H"  
(marca LinkQuest)

**Ilustración 5.1. Distintos modelos de equipos tipo ADL.**



"ADF Pro 20" (marca ISCO) acoplado a un sensor de presión manométrico (marca KPsi)



"Argonaut-SW" (marca Sontek)

**Ilustración 5.2. Distintos modelos de equipos tipo ADF.**

## 5.2. Forma de aforar y comparación con otras técnicas

Los AD actuales se usan para calcular el gasto según el método de la "velocidad índice":<sup>(3)</sup>

1. Se deja el equipo programado de tal forma que mide la velocidad del agua en una cierta porción del canal. Dicha velocidad se conoce como "velocidad índice" ( $V_m$ ).
2. Al mismo tiempo, el equipo mide el tirante ( $y$ ).
3. Asumiendo que la sección del canal es conocida, el equipo estima el área hidráulico ( $A$ ) a partir del tirante medido ( $y$ ).
4. Luego, se utiliza una ecuación empírica para estimar la velocidad media del agua en el canal ( $V$ ) a partir de la velocidad índice ( $V_m$ ).
5. Finalmente, se calcula el gasto como siendo el producto de la velocidad media por el área hidráulico ( $Q = V A$ ).

Al respecto, puede comentarse lo siguiente sobre el uso de los equipos AD (Ilustración 5.3):

- Se requiere de una cierta experiencia para definir la velocidad índice que se pretende medir con el equipo. Según los casos, puede ser la velocidad que corresponde

---

<sup>(3)</sup> En teoría, podrían instalarse varios equipos ADL a distintas profundidades y determinar el gasto según el método de "área - velocidad" en forma similar a un aforo con ATT ("Aforador de Tiempo de Travesía").

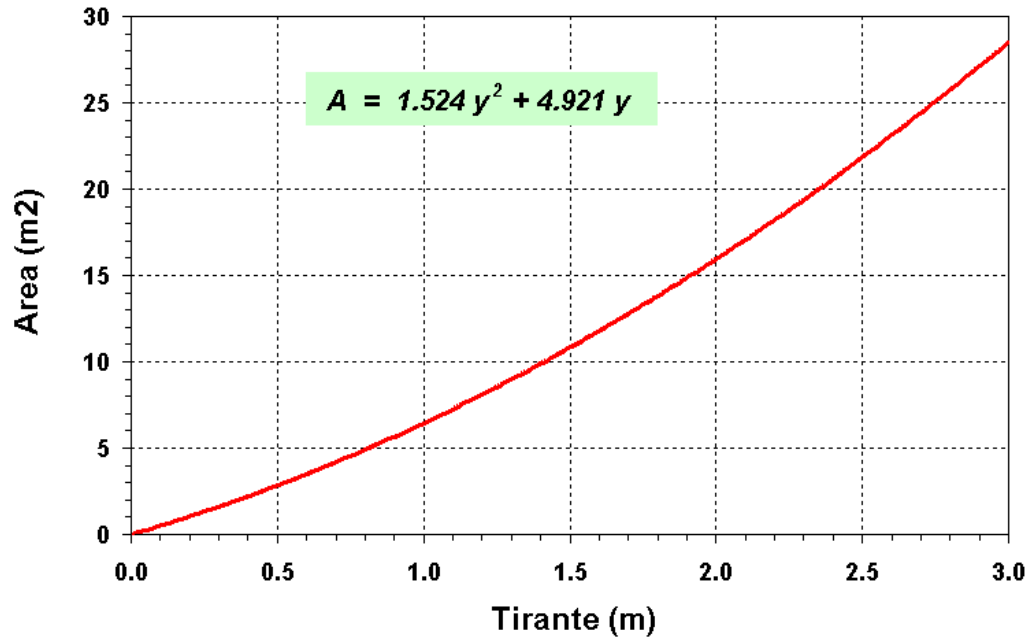
siempre a una misma porción del canal, o la velocidad máxima que el equipo detectan en una cierta dirección.

- Se debe calibrar un AD en sitio, para poder determinar la ecuación empírica entre la velocidad índice y la velocidad media. En ocasiones, dicha relación puede llegar a ser compleja; en particular, puede incluir el tirante medido en el canal ( $y$ ).
- Se asume que la sección del canal es conocida, para poder estimar el área hidráulica a partir del tirante. Por lo tanto, no se recomienda instalar un AD en canales donde la geometría de la sección cambia rápidamente (es decir, en canales con problemas de azolve, derrumbes de talud o de crecimiento de malezas acuáticas).
- Si se cambia la orientación o la programación de un AD, se debe *a priori* volver a calibrarlo.

Al contrario de otras técnicas (como son los Aforadores de Tiempo de Travesía), los equipos AD actuales deben ser vistos como una técnica de aforo *secundaria*, es decir una forma de aforar que requiere de una calibración y cuya incertidumbre no está bien documentada en normas internacionales. Sin embargo, los AD pueden ser útiles para aforar en sitios que no cumplen con los requerimientos básicos para poder usar técnicas *a priori* más confiables (Cuadro 5.1)



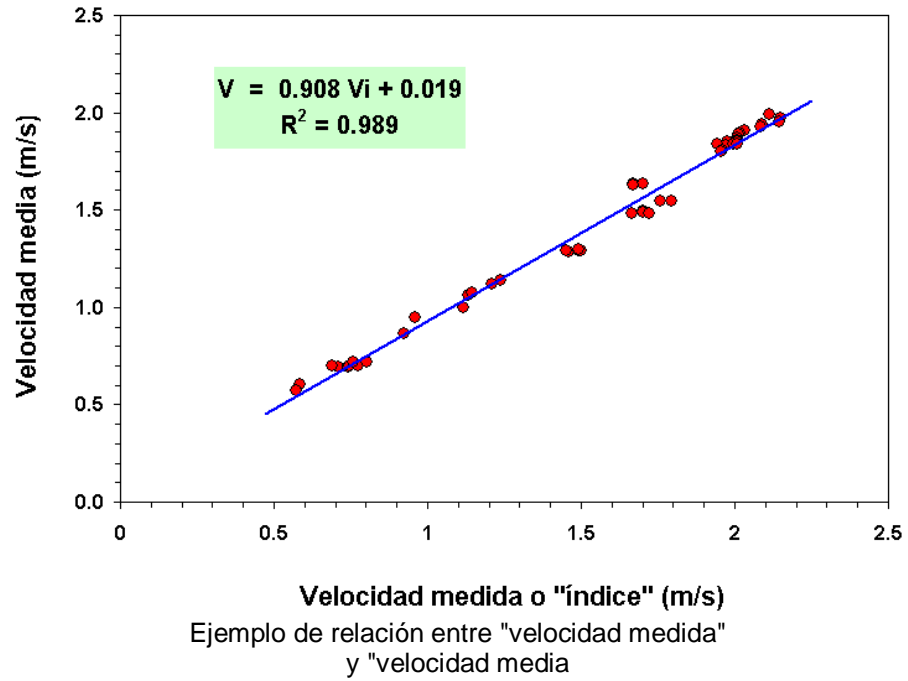
Medición de la sección de un canal



Ejemplo de relación entre "tirante" y "área hidráulico"



Ejemplo de campaña de aforos para calibrar un AD



**Ilustración 5.3. Un equipo AD debe calibrarse en sitio.**

**Dicha calibración debe hacerse al momento de instalar el equipo, si se cambia su orientación, o si la geometría de la sección del canal cambia con el tiempo.**



**Cuadro 5.1. Comparación entre la tecnología ADL y la tecnología ATT (Aforador de Tiempo de Travesía)**

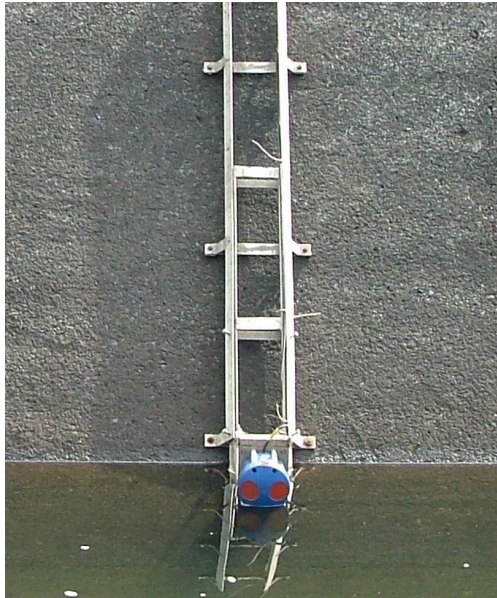
Equipos fijos para aforar		ATT (Tiempo de Travesía)	ADL (Doppler Lateral)
Condiciones de uso	Rango de para medir la velocidad del agua	+/- 20 m/s	+/- 5 a 8 m/s
	Canal con agua limpia (< 250 mg/L)	Sí	No funciona (caso poco común)
	Agua con alto contenido de sedimentos	No funciona	Si
	Fuertes cambios de temperatura o de densidad en el agua	No funciona	Si
	Presencia de flujos secundarios	No funciona	Si (sólo perfilación)
	Flujo de agua mezclada con otra fase (por ejemplo, aire)	No funciona	Si
Incertidumbre de las técnicas [ $p = 0.95$ ]	Incertidumbre en las mediciones de velocidad (> 0.30 m/s)	≈ 0.5 a 2%	≈ 2 a 4%
	Incertidumbre en la determinación del gasto	≈ 2 a 6 %	≈ 4 a 10 % (dependiendo de la calibración)
	Tipo de técnica	Primaria (documentado en la norma ISO 6416: 2004)	Secundaria (requiere de una calibración en campo)
Costos	Costo de instalación	Mayor (sistema <i>multipath</i> )	Menor
	Costos adicionales	Menor	Mayor (calibración)

### 5.3. Uso y mantenimiento de los equipos

- *Selección del tramo de canal para aforar:* al igual que cualquier otra técnica basada en el método de "área - velocidad", es aconsejable aforar en un tramo de canal con las siguientes características (ver Anexo [A.7] para mayores informaciones):
  - Tramo adecuado para poder calibrar el AD.
  - Tramo recto y con una geometría bien definida.
  - Tramo donde el flujo es uniforme y donde la líneas de flujo son paralelas al eje principal del canal (aunque este último requisito no es tan importante, como en el caso de un aforo con molinete).
- *Configuración de un AD:* los equipos actuales vienen con un *software* que permite configurarlos desde una computadora portátil. Los principales parámetros de configuración de un AD son los siguientes:
  - Tiempo de muestreo: se tendrán perfiles verticales de velocidad del agua más precisos con un mayor tiempo de muestreo; en la práctica, se recomienda elegir un tiempo de muestreo entre 300 y 600 s.
  - Salinidad del agua: por lo general, la salinidad del agua en los canales de riego es  $\approx 0.1$  g/L (o "*partes por mil*"). Sin embargo, debe tenerse cuidado cuando los canales transportan aguas residuales o saladas: en este caso, debe medirse la salinidad del agua y usar esta información para configurar adecuadamente el equipo Doppler.
  - Temperatura del agua: normalmente, el equipo mide por si solo este parámetro.
  - Configuración del AD para que pueda medir la velocidad índice: esta parte de la configuración de un AD requiere de una cierta experiencia.
  - Profundidad del AD dentro del agua: debe indicarse a cual profundidad se encuentra el sensor de nivel del AD, para que el equipo pueda calcular el tirante.
- *Operación de un AD:*
  - Instalar el equipo: se requiere de una cierta experiencia para instalar un AD, aunque esta operación normalmente se puede hacer en menos de un día cuando el canal está seco. Según las características del canal (en particular, si está revestido o no), se puede construir un nicho o colocar rieles para sujetar el equipo. A veces, es conveniente instalar una placa ("deflector") aguas arriba del equipo, para protegerlo mecánicamente de los objetos arrastrados por el agua y evitar que las malezas acuáticas se acumulen sobre los sensores.

- Ajustes preliminares: cuando el AD viene con un sensor de inclinación, es conveniente apuntar la orientación del equipo al momento de su instalación, y verificar después que no cambió con el tiempo.
- Tomar mediciones: los AD son equipos que se pueden configurar de tal forma, que tomen lecturas en forma automática, es decir, a ciertos intervalos de tiempo (por ejemplo, cada hora), miden el tirante y la velocidad índice, y luego calculan el gasto y el volumen acumulado que ha pasado por el canal desde una cierta fecha.
- Descargar los datos: se pueden recuperar los datos de aforo almacenado en la memoria de un AD, por medio de una computadora portátil que se conecta al equipo mediante un cable serial (ver el manual del usuario en caso de duda; a veces, es necesario re-arrancar la adquisición de datos después de haber descargado datos).
- *Mantenimiento de un AD:*
  - Precauciones de uso: no dejar caer un AD, no rayar la superficie de sus sensores acústicos, no dejar el equipo expuesto al sol por mucho tiempo, asegurarse de que la fuente de energía del equipo (batería interna o externa con panel solar) está protegida de los rayos.
  - Verificación del equipo: el *software* de los equipos permite realizar una serie de pruebas de funcionamiento, para saber si el equipo está en buenas condiciones de uso. En caso de duda, no intentar reparar un AD dañado: solo el fabricante puede hacerlo.
  - Los equipos AD vienen ajustados de fábrica y no tienen partes móviles. Por lo tanto, su mantenimiento en si mismo es bastante sencillo: basta limpiar sus sensores de velocidad con un poco de agua, de vez en cuando (es decir, cuando se seca el canal).
  - Verificación de la calibración del equipo: de vez en cuando (por ejemplo, dos veces al año), es conveniente verificar la calibración de un AD.
  - Mantenimiento del tramo de canal: a medida de lo posible, debe mantenerse limpio el tramo de canal donde se tiene un AD (lo que puede requerir un programa costoso de desazolve y de control de malezas acuáticas); por lo contrario, puede ser necesario volver a calibrar el equipo.
  - Protección del equipo cuando el canal está seco: como no es conveniente quitar un AD a cada vez que se seca el canal (ya que en este caso, debería verificarse de nuevo la calibración del equipo), es importante prever una forma de protegerlo en sitio, tanto de la luz solar como del vandalismo (por ejemplo, se puede usar una tapa metálica).

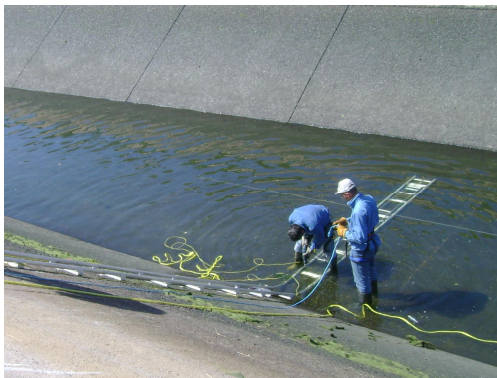
Un AD puede ser útil para monitorear el gasto en un tramo de canal donde no se pueden instalar técnicas de aforo *a priori* más confiables. Pero en este caso, el uso adecuado de un AD requiere de una calibración en sitio y de un programa mínimo de mantenimiento del tramo de canal donde se encuentra el equipo. Además, debe preverse una forma de proteger en sitio el equipo de los rayos del sol y del vandalismo, cuando se seca el canal.



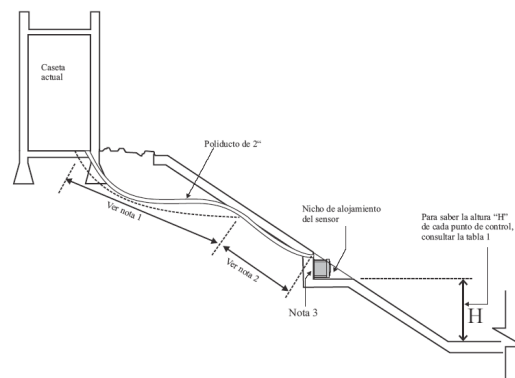
ADL montado sobre rieles



Caseta de operación de un ADL



No es fácil montar un ADF sobre rieles...



Proyecto de nicho para ADL (E. Pedroza)

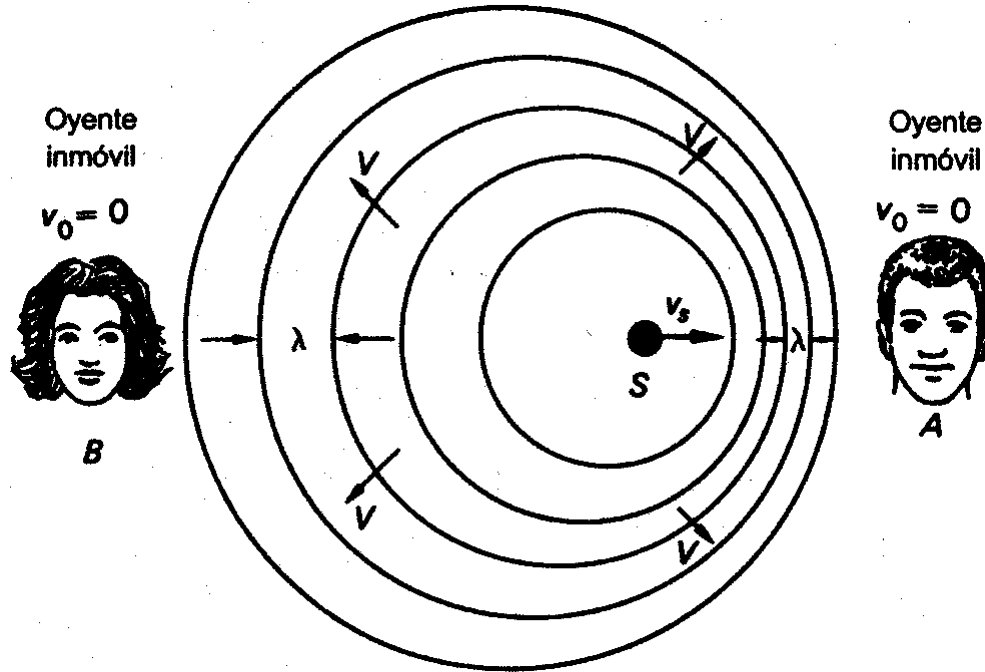
**Ilustración 5.4. Se requiere de una cierta experiencia para sujetar adecuadamente un AD y no tener problemas de vandalismo cuando el canal está seco.**

---

## **Anexo - Complementos**

1. Ilustración del efecto Doppler para ondas de sonido.
2. Primeros equipos acústicos basados en el efecto Doppler.
3. Otros usos del efecto Doppler.
4. Partículas en suspensión en el agua.
5. Velocidad del sonido en el agua.
6. Método "área - velocidad" con dovelas verticales
7. Recomendaciones para instalar un AD

Apartado 1. Ilustración del efecto Doppler para ondas de sonido.



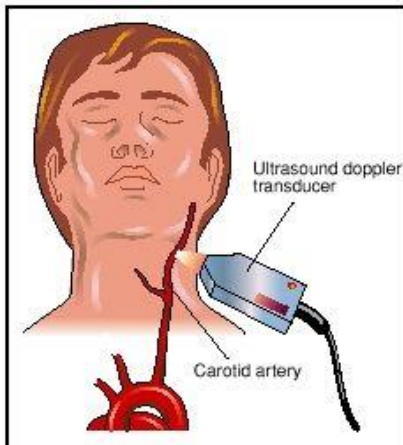
El origen del efecto Doppler se puede demostrar gráficamente por medio de la representación de las ondas periódicas emitidas con una cierta frecuencia ( $f_0$ ) por una fuente de sonido, como círculos concéntricos que se mueven en forma radial hacia fuera.

Consideremos que la fuente de sonido se acerca de un observador inmóvil ("A"). A medida que la fuente en movimiento emite ondas sonoras, tiende a alcanzar las ondas que viajan en la misma dirección que ella. Cada onda sucesiva se emite desde un punto más cercano al observador que la onda inmediata anterior. Esto da por resultado que la distancia entre las ondas sucesivas, o *longitud de onda* ( $\lambda$ ), sea menor que la normal. Una longitud de onda menor corresponde a una frecuencia de ondas ( $f$ ) mayor, es decir un tono más agudo percibido por el observador "A".

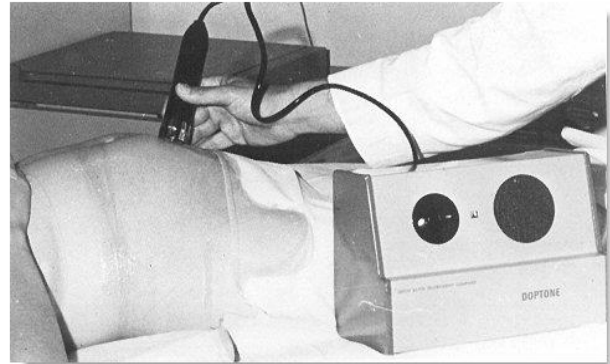
Mediante un razonamiento similar, si la fuente de sonido se aleja de un observador inmóvil ("B"), dicho observador percibirá un sonido que corresponde a una frecuencia menor, es decir un tono más grave.

**Apartado 2. Primeros equipos acústicos basados en el efecto Doppler.**

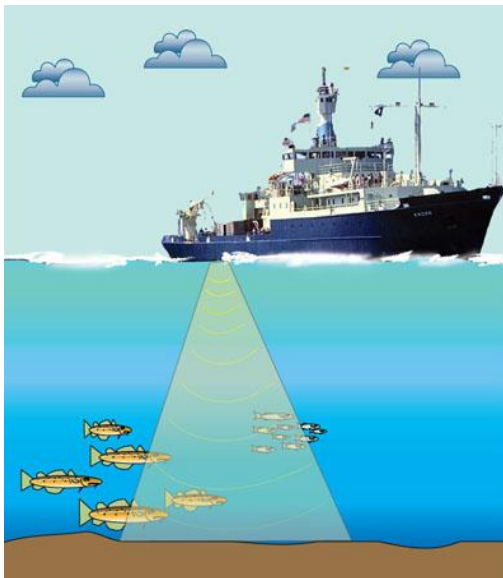
Los primeros equipos acústicos basados en el efecto Doppler tuvieron aplicaciones medicales, militares y oceanográficas.



a



b



c



d

- (a-b) Estudiar el paso de la sangre en las arterias
- (c) Detectar el paso de objetos en el mar (*Sonar de impulsos Doppler*)
- (d) Estudiar las corrientes en el océano.

### Apartado 3. Otros usos del efecto Doppler.

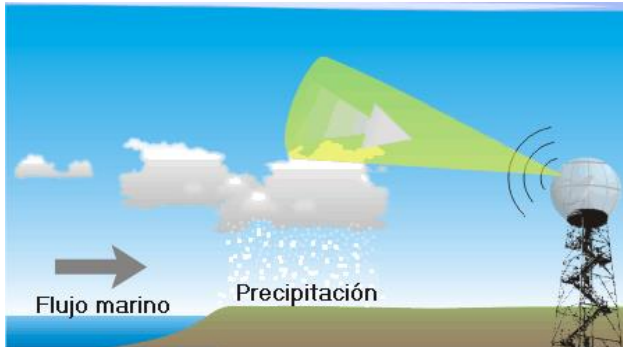
Cuando una fuente de luz se acerca o se aleja de un observador inmóvil, se presenta también un efecto Doppler: el observador percibe una luz de menor frecuencia ("más azul", si es visible) si el objeto se acerca, y de mayor frecuencia ("más roja", si es visible) si el objeto se aleja. Este fenómeno tienen varias aplicaciones.



**a**

**Determinación de la velocidad de vehículos**

**(Radar de impulsos Doppler)**



**b**

**Estudio de la velocidad de la lluvia y del viento**

**(Radar climático con capacidad Doppler)**



**c**

**Estudio del movimiento de las estrellas**

**(en este caso, se debe analizar a detalle el espectro de luz que emiten)**



#### Apartado 4. Partículas en suspensión en el agua que interactúan con los pulsos de sonido enviados por los equipos Doppler.

La técnica Doppler requiere de partículas en suspensión cuyo tamaño debe ser relativamente grande en comparación con la longitud de onda de las señales acústicas. <sup>(\*)</sup>

- Los *velocímetros* para canales (tecnología VD) envían señales acústicas con una frecuencia ( $f_0$ ) entre 6 y 12 MHz. Considerando que la velocidad del sonido en el agua es:  $c \approx 1500$  m/s, esto nos da una longitud de onda ( $\lambda = c / f_0$ ) entre 0.12 y 0.25 mm.
- Los *perfiladores* para canales (tecnologías PD y AD) envían señales acústicas con una frecuencia entre 1 y 3 MHz. Esto nos da una longitud de onda entre 0.5 y 1.5 mm.

Así, el eco que detectan los equipos Doppler para canales proviene probablemente de las siguientes clases de partículas en suspensión:

- *Partículas microscópicas para los VD*: limo, plancton, pequeñas burbujas de aire
- *Partículas milimétricas para los PD y AD*: plancton (en particular, fitoplancton), grandes burbujas de aire

En la práctica, hay suficiente partículas en suspensión en el agua de los canales de riego, para que los equipos Doppler puedan trabajar adecuadamente. A cambio, puede ser necesario agregar partículas al agua de los canales de laboratorio.

Solo una pequeña porción de los pulsos de sonido emitidos por los equipos Doppler es re- enviada por las partículas en suspensión en el agua. Cuando hay mayor número de partículas, los equipos tienden a recibir un eco con mayor intensidad. Así, la intensidad del eco que reciben los equipos Doppler ("*SNR*") puede usarse -bajo ciertas condiciones- para tener una idea de la concentración de partículas en suspensión ("*TSS*").

<sup>(\*)</sup> Referencia: Fischer S. 2004. Tesis de Doctorado. *Universidad Louis Pasteur*, Strasbourg (Francia).



### Apartado 5. Velocidad del sonido en el agua.

La velocidad del sonido en el agua (**c**) depende de su densidad, la cual depende sobre todo de los siguientes factores: temperatura (**T**), salinidad (**S**) y presión (**P**) o profundidad (**D**). Se han propuesto varias formulas analíticas para describir esta dependencia:

- MacKenzie (1981)
- Coppens (1981)
- Del Grosso (1974)
- Chen and Millero (1977)
- Fofonoff & Millard (1983)
- Urick (1983)
- Wong & Zhu (1995)

Referencia: <http://resource.npl.co.uk/acoustics/techguides/soundseawater/>

Por ejemplo, la ecuación propuesta por Coppens (1981) para  $D = 0$  (nivel del mar) es:

$$c = 1449.05 + 45.7 \tau - 5.21 \tau^2 + 0.23 \tau^3 + (1.333 - 0.126 \tau + 0.009 \tau^2) (S - 35)$$

$$\text{con: } \tau = T / 10$$

Rango de validez:

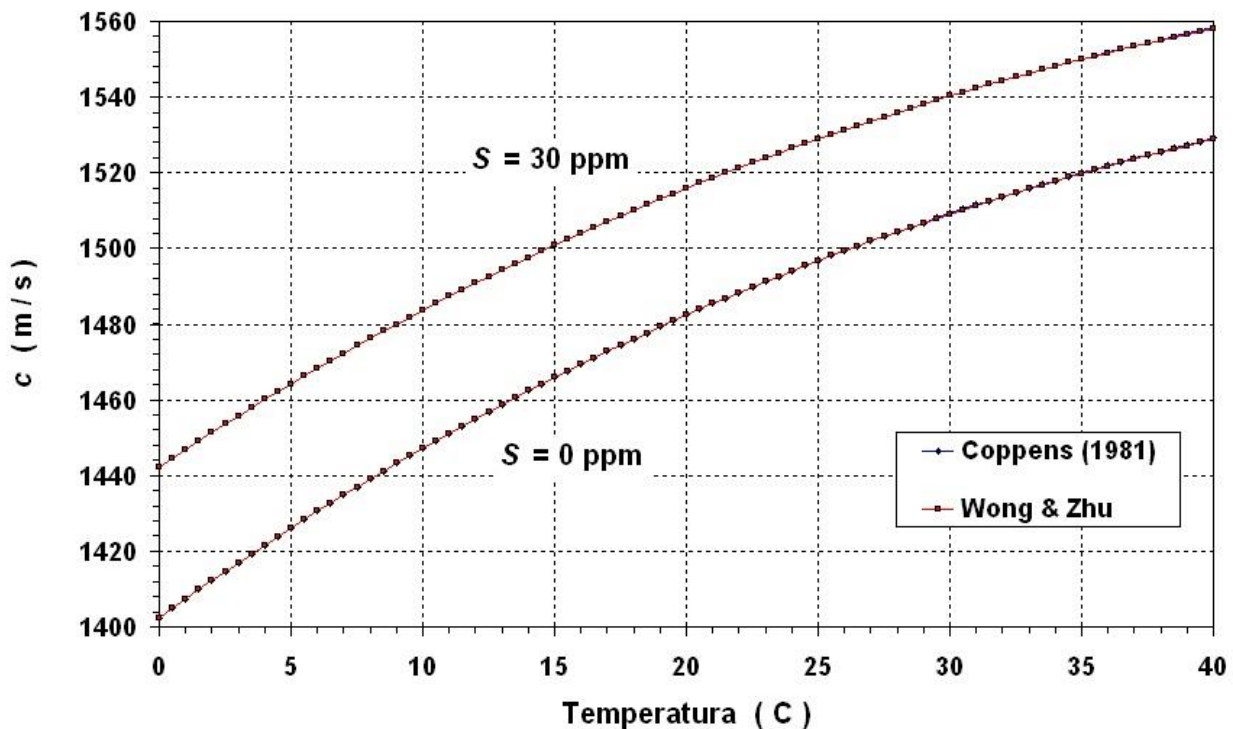
$$D = 0 \text{ m (sobre el nivel del mar)}$$

$$0 \leq T \leq 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$0 \leq S \leq 45 \text{ g/L }^{(4)}$$

<sup>(4)</sup> En estricto sentido, una "sonda de salinidad" (o conductivímetro) para uso en el campo no mide la concentración en sales del agua, sino su Conductividad Eléctrica (CE, en dS/m). Después, se usa esta información para estimar una concentración *equivalente* en sal ( $c_s$ , en g/L o "*partes por mil*"), asumiendo que el agua contiene ciertos tipos de sal (en particular, NaCl). En la práctica, se usa comúnmente la siguiente equivalencia: [1 dS/m]  $\approx$  [0.64 g/L] (referencia: Rhoades, 1999, "Agricultural drainage", p. 617).

Apartado 5. Velocidad del sonido en el agua (Cont.)



Velocidad del sonido en el agua ( $c$ )  
en función de la temperatura ( $T$ ) y de la salinidad ( $S$ ).

Cálculos basados en las formulas propuestas por  
Coppens (1981) y Wong & Zhu (1995; asumiendo que el agua es a presión atmosférica).

En la práctica, las formulas analíticas que predicen la velocidad del sonido en el agua dan resultados similares e indican lo siguiente:

- Temperatura: en la práctica, la velocidad del sonido en el agua varia de  $\approx 0.2 \%$  si la temperatura del agua varia de  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Salinidad: en la práctica, la velocidad del sonido en el agua varia de  $\approx 0.1 \%$  si la salinidad del agua varia de  $1 \text{ g/L}$  (o "*partes por mil*").
- Presión: la velocidad del sonido en el agua varia de  $\approx 0.02 \%$  si la presión del agua varia de  $10 \text{ mca}$  (metros de columna de agua).

Entonces, la velocidad del sonido en el agua de los canales de riego dependerá sobre todo de la temperatura del agua, y un poco de su salinidad. En la práctica, se podrá determinar dicha velocidad con una tolerancia aceptable (del orden de  $\pm 0.25$  %), si se mide la temperatura del agua con una tolerancia de  $\pm 1$  °C y si se estima la salinidad con una tolerancia de  $\pm 1$  g/L.

## Apartado 6. Método "área - velocidad" con dovelas verticales.

En este apartado, se indica como calcular el gasto a partir de los datos de tirante y velocidad del agua, cuando se utiliza el método "área - velocidad" con dovelas verticales.

- Calculo de la velocidad promedio por dovela: primero, se debe calcular la velocidad promedio del agua por cada dovela. Cuando se toman muchos puntos regularmente espaciados por dovela, se puede utilizar el promedio aritmético (por lo contrario, debe usarse una formula de ponderación, tal como las recomendadas por la norma ISO 748):

$$v_i^\bullet = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_i^j \quad (4.1)$$

Nota: Existen varias técnicas para estimar la velocidad del agua en las partes de las dovelas donde no se han podido tomar mediciones (véase Ilustración 2.6).

- Calculo del gasto: luego, se debe calcular el gasto; al respecto, se recomienda utilizar el método de integración numérica denominado "mid-section" (véase Ilustración):

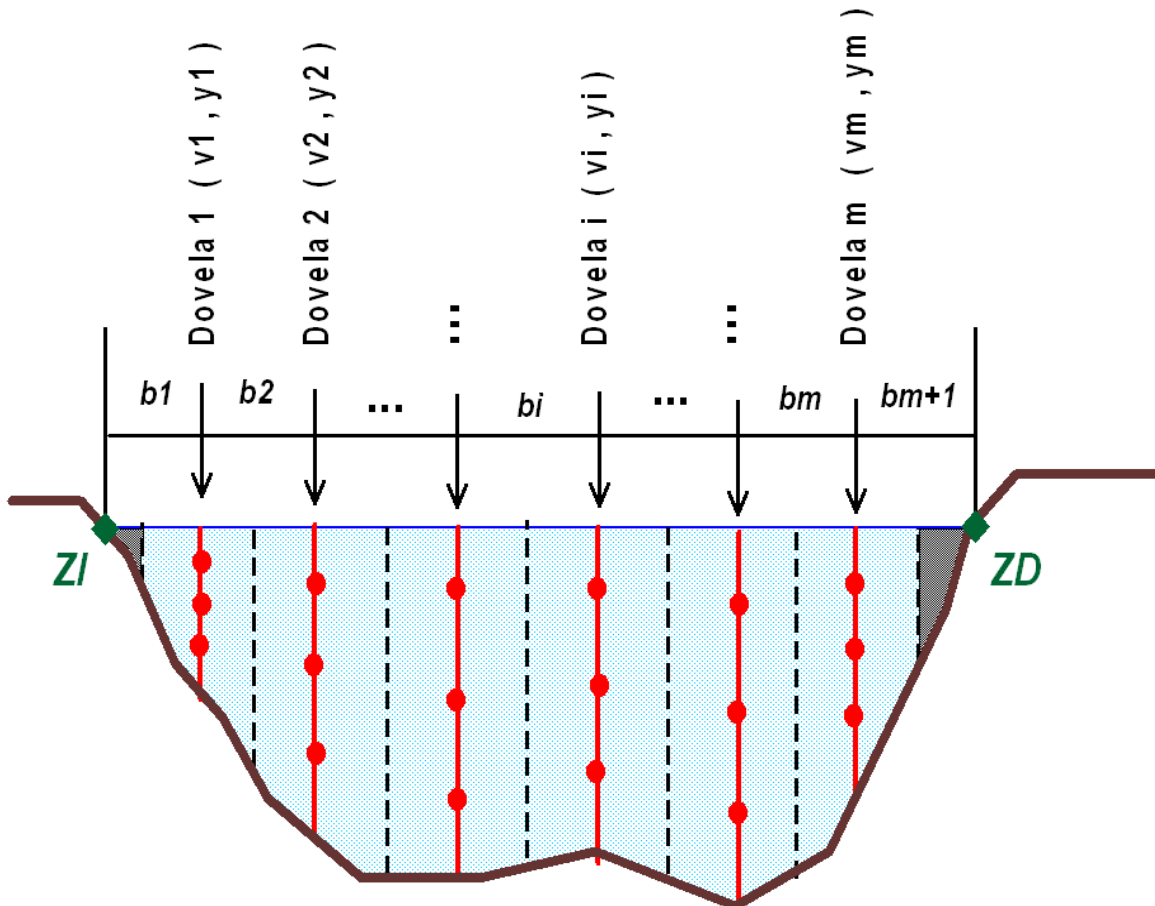
$$Q = \sum_{i=1}^m v_i^\bullet y_i \frac{b_i + b_{i+1}}{2} \quad (4.2)$$

donde:

$m$	=	Número de dovelas verticales
$i$	=	Índice de la dovela considerada ( $1 \leq i \leq m$ )
$n$	=	Número de mediciones de velocidad por dovela
$j$	=	Índice del punto donde se mide la velocidad ( $1 \leq j \leq n$ )
$v_i^j$	=	Componente longitudinal de la velocidad (m/s) medida a una cierta altura de la dovela.
$v_i^\bullet$	=	Velocidad promedio del agua (m/s) en la dovela $i$
$y_i$	=	Tirante (m) de la dovela $i$
$b_i$	=	Ancho (m) entre la dovela $i$ y la dovela $i-1$
$Q$	=	Gasto (m <sup>3</sup> /s)

Nota: Se puede también utilizar un *software* para calcular el gasto. En este caso, se debe verificar que la versión del *software* ha sido comprobada por organismos oficiales, como es el USGS.

Apartado 6. Método "área - velocidad" con dovelas verticales (Cont.).



Esquema para estimar el gasto por integración numérica con el método "mid-section".

Se asume que la velocidad del agua es nula en las dos orillas del canal, y por lo tanto el gasto que corresponde a las áreas tachadas en gris es nulo. En este caso, conviene aforar lo más cerca posible de las orillas (es decir, minimizar  $b_1$  y  $b_{m+1}$ ) para poder estimar el gasto total ( $Q$ ) con la mayor exactitud posible.

## **Apartado 7. Recomendaciones para instalar un AD ("Aforador Doppler")**

En este apartado se presenta una lista de recomendaciones para elegir un sitio adecuado, cuando se pretende instalar un AD.

### **PRINCIPALES RECOMENDACIONES**

1. Sobre todo, es importante aclarar que el AD se considera un medidor de tipo *secundario*, es decir, se debe implementar una campaña de aforos para calibrarlo. Por lo tanto, solo se recomienda considerar la opción de un sistema AD cuando no se puede instalar adecuadamente un medidor primario, como son el sistema AGL (Aforador de Garganta Larga) y el sistema ATT (Aforador de Tiempo de Travesía).

Nota: De hecho, cuando están bien instalados, los medidores primarios no requieren de

una calibración y su precisión está respaldada por normas internacionales (ISO 8368:

1999 para el sistema AGL; ISO 6416: 2004 para el sistema ATT).

2. Si se considera instalar un AD, se debe elegir un sitio tal, que se puede aforar en forma independiente y confiable, para poder calibrar el medidor (e inclusive verificar posteriormente la bondad de sus estimaciones de gasto). Por lo tanto, se recomienda elegir un sitio que cuenta con un puente de aforo y una escala para medir el tirante.
3. *A priori*, se debe volver a calibrar el AD a cada vez que cambia la geometría del canal. Por lo tanto, se debe elegir un tramo de canal con una geometría que permanecerá estable por un tiempo razonable. Al respecto, conviene elegir un tramo de canal revestido, sin problemas de azolve o de crecimiento de malezas acuáticas.
4. *A priori*, se debe volver a calibrar el AD a cada vez que se quita y se vuelve a instalar el aparato. Por lo tanto, conviene elegir un sitio talo, que se puede dejar el aparato sin tocarlo durante un tiempo razonable. Al respecto, conviene elegir un sitio donde no se tienen problemas de vandalismo o donde se puede empotrar el aparato en la pared del canal.
5. A medida de lo posible, elegir un tramo de canal recto y con flujo uniformizado.

Nota: Sin embargo, esta condición no es tan estricta como para un sistema ATT (el cual

requiere de un tramo cuya longitud es más de 10 veces el ancho del canal aguas arriba del sitio de medición y más de 6 veces el ancho del canal aguas abajo), porque el AD tiene que calibrarse empíricamente.



## **Apartado 7. Recomendaciones para instalar un AD (Cont.)**

### **RECOMENDACIONES ADICIONALES**

#### **Para instalar un ADL ("Aforador Doppler Lateral")**

1. Sobre todo, es importante elegir un sitio tal, que se tendrá siempre el aparato dentro del agua (a menos que no se tenga interés en medir caudales pequeños, como es el "gasto doméstico").
2. *A priori*, el ADL es adecuado cuando el tirante en un canal varía poco.
3. Por lo menos, se debe elegir un tramo recto tal, que su longitud es más de 1.5 veces el ancho del canal a altura del sistema de medición (asumiendo que el ángulo que forman los dos sensores de velocidad del sistema es menor a  $50^\circ$ ).

#### **Para instalar un ADF "Aforador Doppler de Fondo")**

1. *A priori*, el ADF es adecuado cuando el tirante en un canal varía mucho.
2. A medida de lo posible, elegir un tramo de canal que no sea demasiado ancho con respecto al tirante; por lo contrario, la calibración del sistema puede ser imprecisa.
3. Evitar sitios con problemas de azolve. Por lo contrario, el sistema dejará de funcionar si el lodo llega a tapanlo.

---

**AFORADOR DOPPLER LATERAL**

**Procedimiento para operación y mantenimiento**

**Channel Master**

---

**Coordinación de Hidráulica**

**Subcoordinación de Hidráulica Ambiental**

**México, 2013**

## **Contenido**

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
2. PRUEBAS DE BANCO.....	3
3. INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN.....	10
4. RECOLECCION DE DATOS CON EL PROGRAMA WinH-ADCP .....	17
5. INTERFASE DEL CHANNEL MASTER CON EL OTT LOGOSENS2.....	21

## **1. INTRODUCCIÓN GENERAL**

El presente procedimiento esta dividido en dos partes; la primera es tomada de una traducción del la guía rápida del Channel Master Quick Start Guide en sus capítulos de pruebas de banco y la de instalación y configuración del Channel Master, y una segunda parte el empleo de la unidad electrónica Ott LogoSens de despliegue y respaldo de datos.

## **2. PRUEBAS DE BANCO.**

Los procesos de pruebas de banco aseguran que el Channel Master está trabajando apropiadamente antes de que lo ponga en el agua. El procedimiento incluye una inspección visual para daños obvios, y pruebas de energía que verificarán lo electrónico y que los transductores del Channel Master estén funcionando.

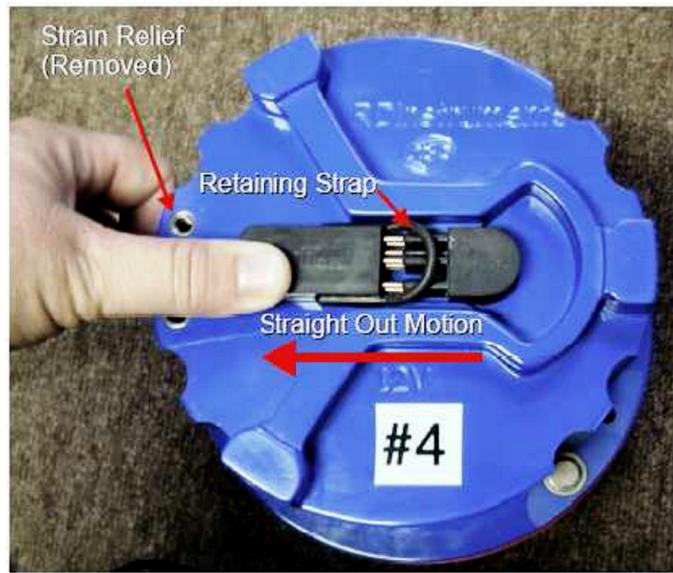
Se necesitará de una fuente de energía o de una batería de 12 Volts.

Esta sección abarca:

- Inspección Visual
- Configurar el Channel Master
- Probando del Channel Master

### **INSPECCION VISUAL**

Antes de conectar el Channel Master, haga una rápida inspección visual de los componentes para asegurarse que nada está dañando.



### Cable I/O Plug Dummy

Remueva el sujetador del plug dummy. Sosténgase del retenedor hasta que el plug este bien agarrado.

Remueva el Plug Dummy jalando con ligeros movimientos, no mueva hacia arriba; esto puede dañar los pines del conector.

Un deslizamiento lado a lado con movimientos suaves jalándolo sobre el cable es correcto.



### Inspección Visual

Verifique que los pines no estén dañados, asegurándose de que estén derechos y que no haya corrosión sobre las superficies del metal.

Verifique que el Channel Master no este dañado.

No debe haber roturas o superficies peladas. Verifique lo siguiente:

- El frente de Uretano.
- El contenedor

## CONFIGURACION DEL CHANNEL MASTER

Se conectará el Channel Master a una fuente de energía y a una computadora con los programas instalados de RDI, necesitará una fuente de energía de 12V/DC ó batería de 12 Volts.

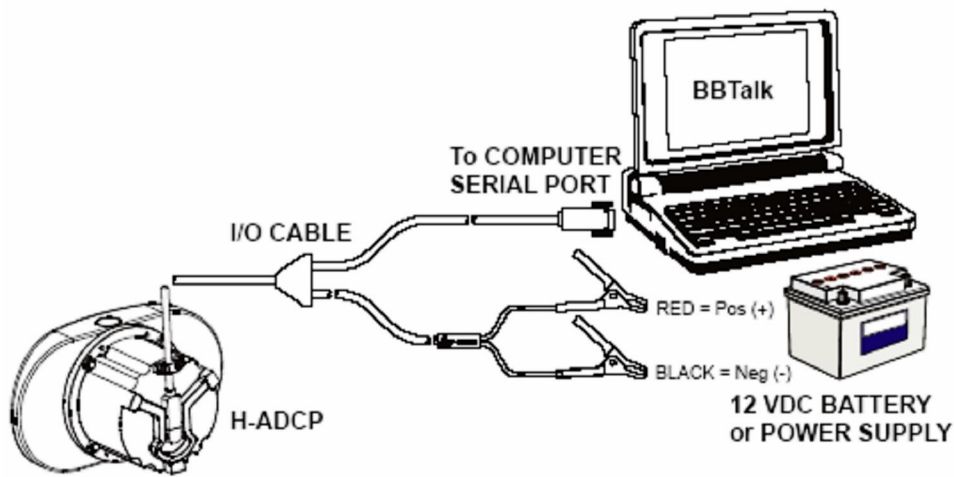


Figura 5.- Conexiones del Channel Master con RS-232

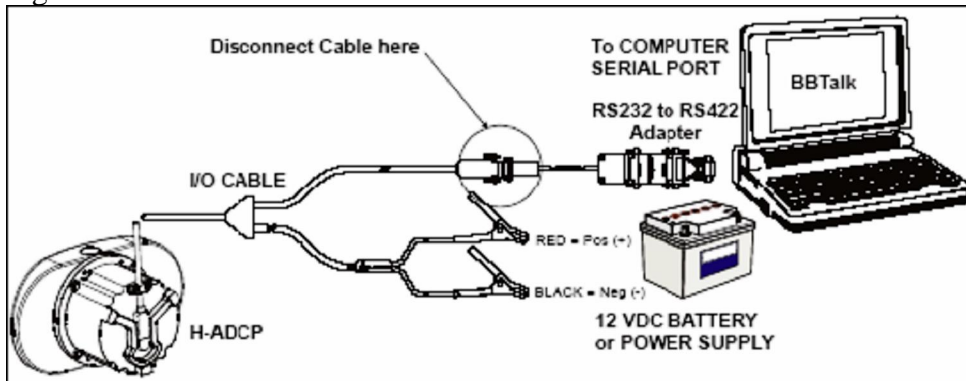


Figura 6.-Conexiones del Channel Master con adaptador RS-232 a RS- 422

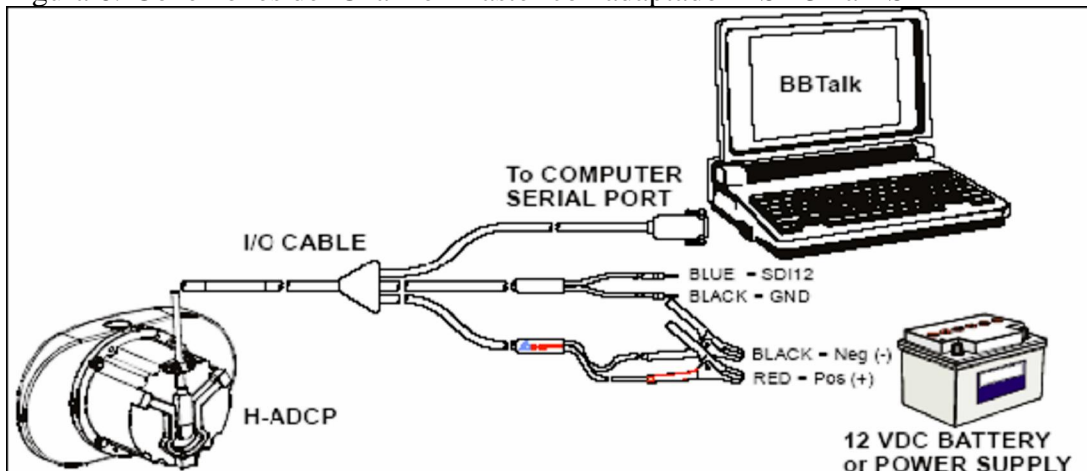
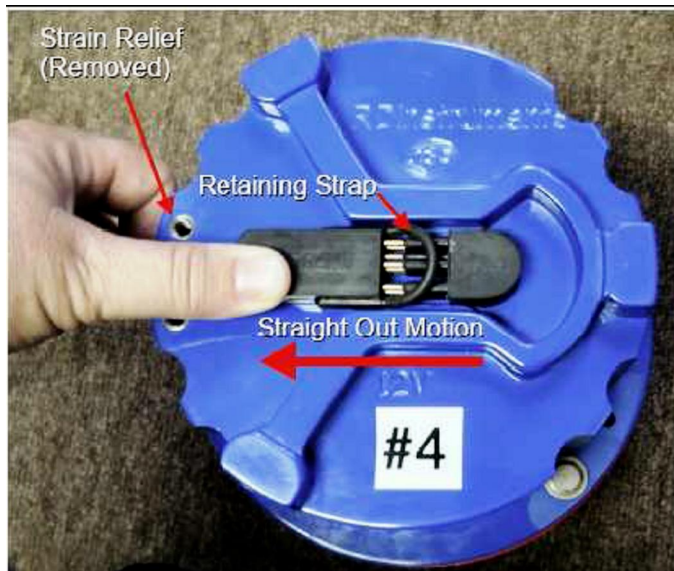


Figura 7.-Conexiones del CM con SDI -12



### Conectar el Cable I/O al Channel Master

Si no lo ha hecho, entonces conecte el cable I/O al Channel Master, empujándolo derecho contra el conector. Recuerde no mover hacia arriba el conector, empuje derecho.

**Nota:** Ponga una ligera cantidad de lubricante DC-111 sobre los Pines del conector (Únicamente una porción en el caucho ó gomas). Esto facilitara al conector ó remover el cable I/O y el plug dummy.



### Conectar el cable I/O a la computadora y al suministro de poder (batería).

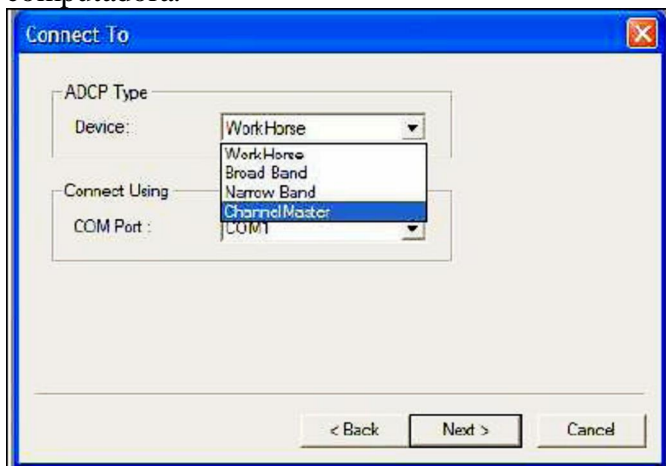
Conecte el cable I/O al puerto recomunicación de su computadora. Conecte el cable I/O a una batería de 12 Volt DC. Puede ser a una fuente de poder o una batería. Sí esta usando una batería como fuente de energía durante la instalación del Channel Master, se recomienda que se tenga que usar una batería marina (Deepcycle). El Channel Master operará con un voltaje de entre 10.5 y 18 V/DC

**Nota:** Las unidades Channel Master están preconfiguradas para usarse en Protocolos de Comunicación RS-232, RS-422, ó SDI-12. El puerto de comunicación de su computadora debe coincidir con el Channel Master, o use un adaptador. Para cambiar el protocolo de comunicación, refiérase al manual de operación del Channel Master, Reemplazo del Modulo de Personalidad.

Si se ordenó la configuración RS-422, el Channel Master es suministrado con un convertidor RS-232 a RS-422. El convertidor RS-232 a RS-422 debe ser desconectado del Channel Master cuando el cable ha sido desconectado de la computadora. Si lo deja conectado, la memoria interna usada para mantener el ROM dentro del Channel Master puede agotarse ó tal vez mande falsos breaks.

## PROBANDO EL CHANNEL MASTER

Antes de instalar el Channel Master, es una buena idea asegurarse de que este trabajando apropiadamente. Esta simple prueba verifica que el Channel Master puede comunicarse con la computadora.



### Iniciar BBTalk

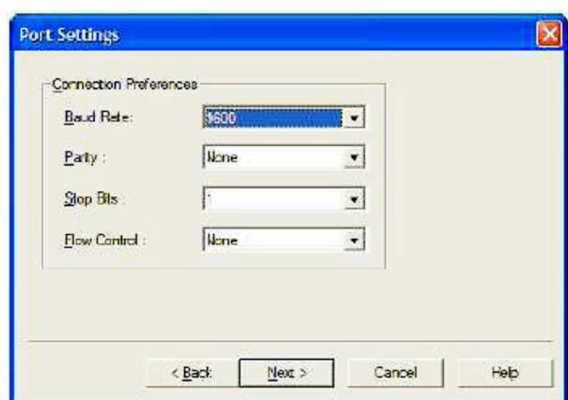
Iniciar el programa (Para ayuda de cómo usar el BBTalk, vea guía de herramientas de RDI para el usuario).

Sobre la pantalla **Connect to**, seleccione **Channel Master**.

Seleccione el puerto COM al que el cable del Channel Master esta conectado

Presione **Next**

**Nota:** Use la versión 3.04 de BBTalk para mejores resultados. Versiones anteriores de BBTalk no permiten al Channel Master ser seleccionado como un tipo de dispositivo ADCP ó datos para ser recuperados del grabador continuo. (Loop recorder) si usted usa una versión anterior de BBTalk, el seleccionar work Horse como tipo de dispositivo ADCP.



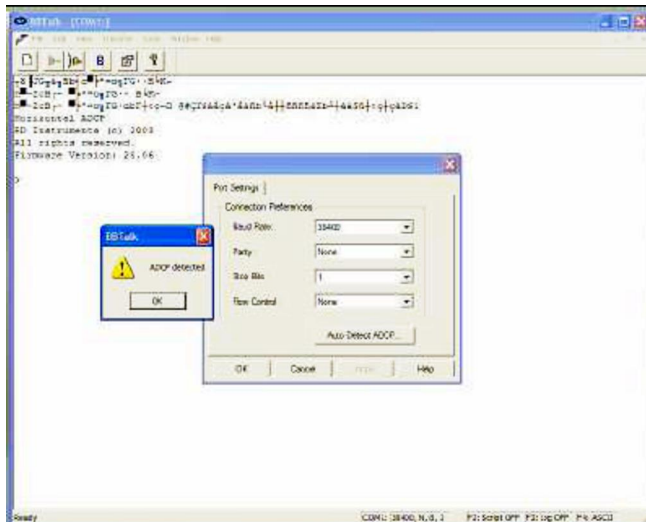
Ingrese los **Baud Rate**, *Parity*, **Stop Bits** y **Flow Control**.

Si usted esta inseguro con las configuraciones, deje las configuraciones por defecto.

Presione **Next**. Y luego **Finish**



## CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIONES



Sobre el menú **File**, presione **Break** (Puede también presionar la tecla **END** para enviar un break o use la barra de herramientas y presione el botón azul ðBö).

Se debe de ver que aparece un mensaje sobre la ventana del archivo de registro.

Sí el mensaje despertar no se lee, en el menú **File**, presione **PROPERTIES**. Presione el botón **AUTO DETECT ADCP**. Presione **OK** cuando el **ADCP** sea detectado, trate de despertar el Channel Master de Nuevo.

```
>cr1
[Parameters set to FACTORY defaults]

>ck
[Parameters saved as USER defaults]

>ps0
Serial Number: 0
Frequency: 614400 Hz
Configuration: HADCP: 2-beam velocity + vertical
stage.
Transducer Type: PISTON
Beam Angle: 20 Degrees
Beam Pattern: CONVEX
CPU Firmware: 28.06
FPGA Version: 1.00.026
Sensors: TEMP PRESS TILTS
Sensor Firmware: 33.00 f
```

### PROBANDO EL CHANNEL MASTER

Al aparecer el cursor ð>ö en la ventana de comunicación, ingrese el comando CR1, entonces presione la tecla Enter. Esto configurará al Channel Master a los valores por defecto de fábrica.

Al aparecer el cursor ð>ö en la ventana de comunicación, ingrese el comando directo CK, entonces presione la tecla Enter. Esto guardará la configuración por defecto de fábrica como la condición de encendido por defecto.

Al aparecer el cursor ð>ö en la ventana de comunicación, ingrese al comando directo PSO, entonces presione la tecla Enter. Esto mostrará el sistema de configuración de datos del Channel Master.

```
>PA
RAM test.....PASS
ROM test.....PASS
GO
>
```

Al aparecer el cursor > en la ventana de comunicación, ingrese al comando directo PA, entonces presione la tecla Enter. Esto correrá pruebas de Pre ó instalación del Channel Master.

Al aparecer el cursor > en la ventana de comunicación, ingrese el comando PT3, entonces presione la tecla Enter. Esto correrá las pruebas de recepción del Channel Master.

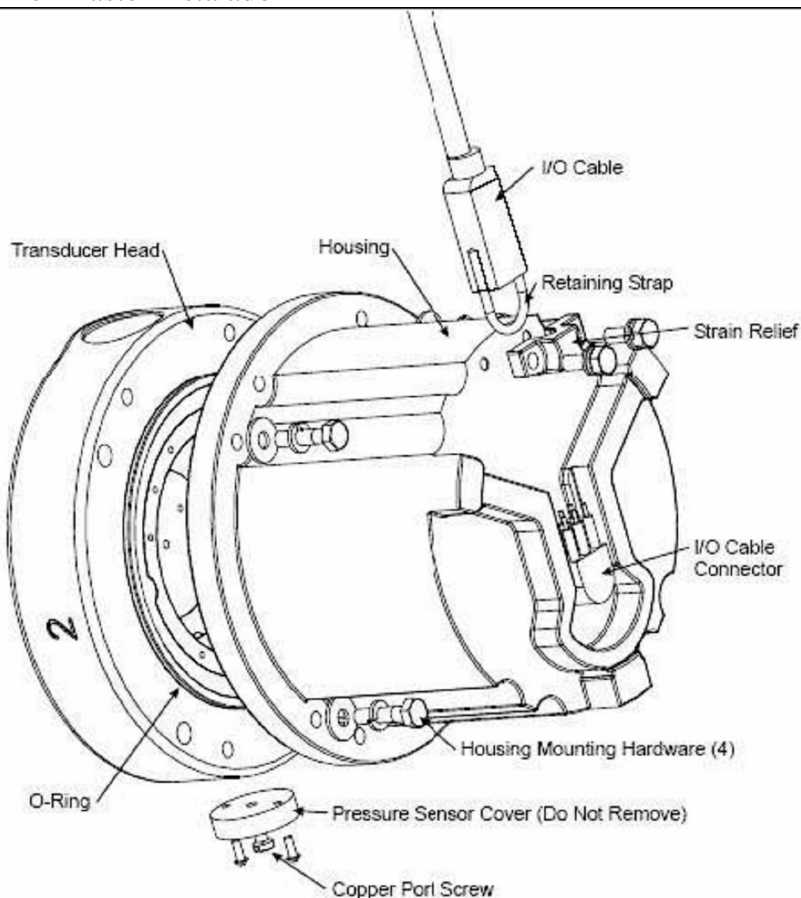
```
>PT3
Receive Path Test (Hard Limited):
      H-Gain W-BW      L-Gain W-BW      H-Gain N-BW      L-Gain N-BW
Correlation Magnitude (percent)
Lag Bm1 Bm2 Bm3 Bm4      Bm1 Bm2 Bm3 Bm4      Bm1 Bm2 Bm3 Bm4      Bm1 Bm2 Bm3 Bm4
0 100 100 100 100      100 100 100 100      100 100 100 100      100 100 100 100
1  85  86  87  88      83  80  79  90      80  82  82  95      78  77  81  93
2  51  58  61  73      52  44  44  69      43  47  49  81      39  41  48  78
3  25  35  36  54      25  19  23  46      19  22  24  65      15  16  25  63
4   6  18  19  39       8   7  14  27       9  10   8  48       7   3  14  47
5   9  12  12  27       8   3   7  10       6   8   4  32       6   3   9  32
6  11   6   8  15      11   3   6   5       6   9   5  20       8   3   7  20
7   9   5   7   7       9   4   6  12       4  11   4  13       7   2   5  13
Sin Duty Cycle (percent)
      45  52  48  60      52  48  52  49      40  49  42  65      52  52  50  60
Cos Duty Cycle (percent)
      50  50  50  49      51  49  47  52      51  48  51  59      54  46  52  58
RSSI Noise Floor (counts)
      42  40  66  68      29  27  58  58      52  52  73  77      28  27  57  57
>
```

### 3. INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN.

El uso del Channel Master adecuado y la preparación del sitio son elementos importantes para un instalación exitosa, en esta sección prepararemos al Channel Master para su instalación y aseguraremos que el sitio de la instalación cumpla con los requerimientos necesarios, después instalaremos el Channel Master en el agua y nos aseguraremos de que este funcionando.

Esta sección cubre:

- Preparación del Channel Master
- Preparación del sensor de presión
- Preparación del sitio
- Instalación del Channel Master
- Pruebas del Channel Master instalado



**Figure 8. Channel Master (1200kHz) Exploded View**

## Preparación del Channel Master

Antes de poner el Channel Master dentro del agua, debe prepararlo para su instalación.



### Verificar el sello de la cubierta

Si la cubierta no está propiamente sellada antes de la instalación, el Channel Master se destruirá. Se recomienda una inspección visual de las superficies de la cubierta para asegurarse que no hay obstrucciones, las caras deben estar paralelas una con otra y no debe haber aberturas, verifique hasta asegurarse que los tornillos de titanio que mantienen las cubiertas juntas estén apretados.

**PRECAUCIÓN:** No reemplace el hardware de titanio con ningún otro hardware, por que pueden presentarse fallas. Si el Channel Master fue abierto, lea el manual de operación del mismo para detalles sobre el rearmado.



### Ensamblando el Plato de Montaje

Arme la placa de montaje conectando los 4 sostenes a la base de la placa, monte los sostenes con la parte plana hacia la placa, use los tornillos de cabeza plana M6 x 1.0 x 16 para fijación

## Preparación del sensor de presión



### Llene la cavidad de sensor de presión con aceite

- Ponga el Channel Master sobre su lado con el Beam vertical hacia abajo y el puerto de sensor de presión hacia arriba. Use una almohadilla suave para proteger el Channel Master.
- Use un desarmador plano para remover el tornillo puerto de cobre ubicado en el sensor de presión. No remueva la cubierta del sensor de presión.
- Use la botella de plástico con aceite de silicona que esta incluido en el kit de partes de repuesto. Incline la botella de plástico encima del agujero.
- Lentamente agregue el aceite dentro de la cavidad, de tiempo para el aire escape conforme se va llenando, una vez que el nivel del aceite esta arriba dentro del agujero, suspenda el llenado.
- Instale el tornillo puerto de cobre suavemente, dando tiempo para que el aceite pase a través del orificio del tornillo puerto. Apriete el tornillo a ñapriete de dedosö (0.226 N- m,2lb-in)

**Precaución:** No apriete demasiado los tornillos ó usted puede quitar las roscas sobre el plástico que cubre el disco. Si esto ocurre, regrese el Channel Master a RDI para su reparación.

```
Horizontal ADCP
RD Instruments (c) 2003
All rights reserved.
Firmware Version: 28.06
```

```
>
>
>SZ
>
```

### El Sensor de Presión Cero

Use el comando SZ a salida cero del sensor de presión en el sitio de instalación, antes de poner el Channel Master dentro del agua.

Conecte y alimente de energía al sistema.

Inicie BBTalk y despierte el Channel Master (presione la tecla END)

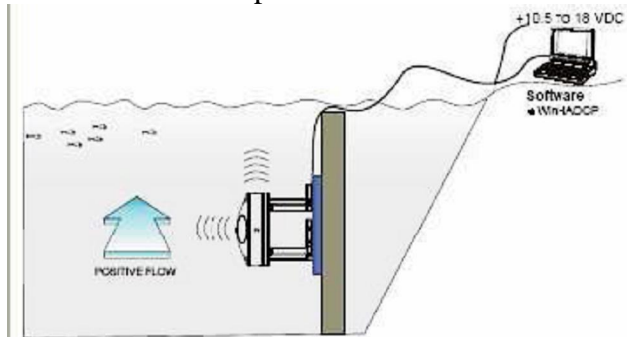
Escriba SZ y presione la tecla ENTER

Salga del programa BBTalk.

## Preparación del Sitio

El Channel Master debe estar montado sobre una estructura rígida en un canal, en tales casos como una pared sólida, embarcadero, ó pila, la estructura de montaje debe ser firme, estable, sin asentamientos ni desplazamientos conforme transcurre el tiempo.

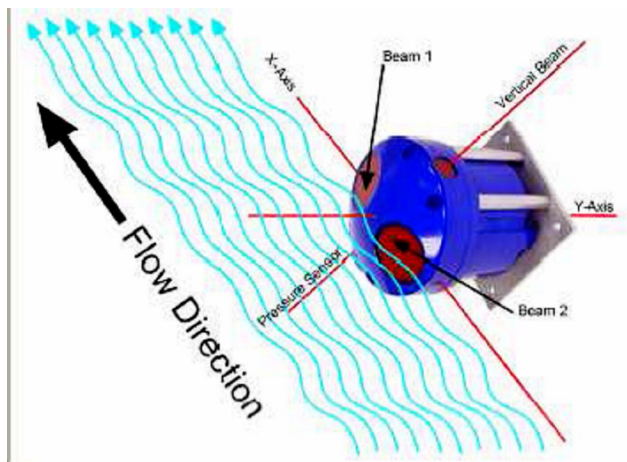
Vea el manual de operaciones del Channel Master para las dimensiones de la placa de montaje.



### Localización del Montaje

Con el objeto de obtener el máximo perfil de medición en un sitio, recomendamos que el Channel Master este montado cerca de la mitad de la profundidad del agua donde esta localizada la estructura de montaje.

Para un sitio con significativo cambio de temporadas de nivel agua, el Channel Master puede necesitar estar montado con elevaciones diferentes de acuerdo a los cambios de nivel de agua por temporadas



### Orientación del Channel Master

**Eje X.-** El eje X debe correr paralelo a la dirección del flujo del canal, la inclinación se mide alrededor del eje X y debe de estar lo más cercano al cero.

**Eje Y.-** El eje Y debe de estar perpendicular al flujo del canal. El Roll se mide cerca del eje Y, y debe de estar lo más cerca del cero.

**Eje Z.-** La orientación, es medida alrededor del eje Z.

### Dirección de Flujo

El Channel Master debe estar montado, de tal manera que el Beam 2 debe estar en dirección río arriba y el Beam 1 río abajo.

## Instalación del Channel Master

El Channel Master debe estar montado con la orientación del transductor en la dirección horizontal, eso es; los dos transductores grandes, los cuáles son para medir la velocidad de la corriente, deben de estar viendo horizontalmente. El tercer transductor, el cual es para medición de profundidad del agua, debe estar apuntando hacia arriba, hacia la superficie de la misma.

Se recomienda que el Channel Master este montado con el eje Y coordinado del instrumento, perpendicular a la dirección del flujo promedio del canal. El eje X del Channel Master (con dirección desde el Beam 2 a Beam 1) debe de ser paralelo a la dirección de flujo principal del canal.

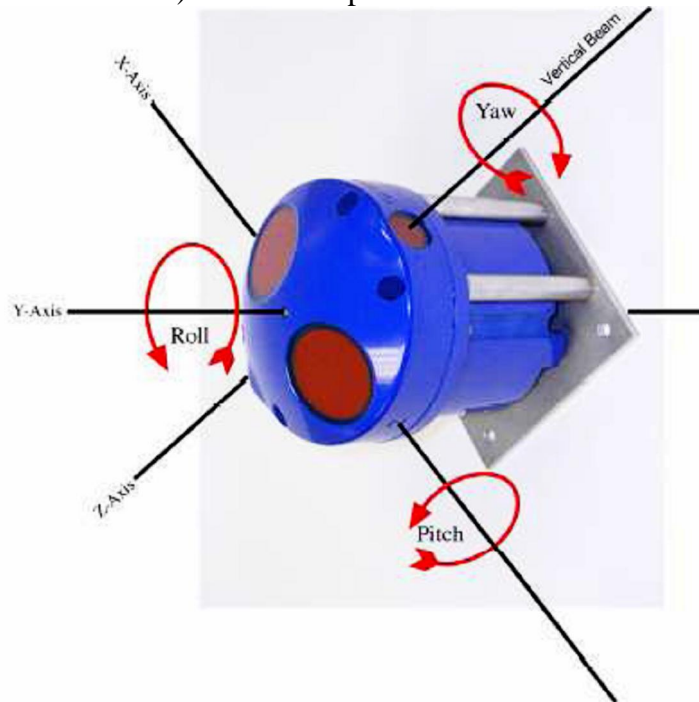


Figure 9. Channel Master Instrument Coordinates

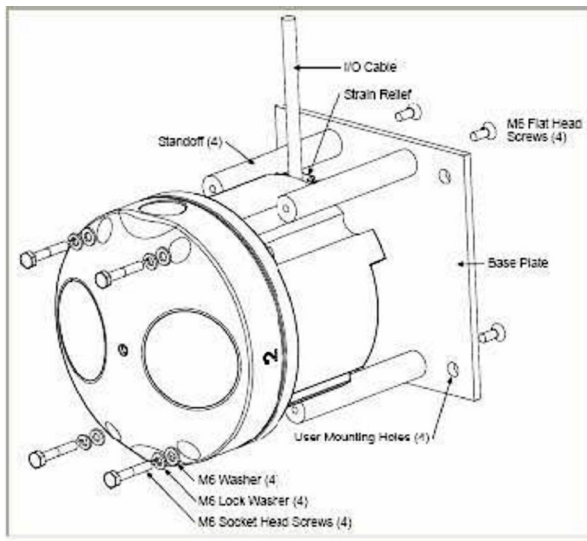


### Ensamblar la Placa de Montaje a la Estructura

Instale la placa de montaje a una estructura rígida en el canal, tales como una pared sólida, embarcadero ó pila.

La estructura de montaje debe ser firme, estable sin asentamientos o desplazamientos conforme pase el tiempo.

**Nota:** Los tornillos usados para ensamblar la placa de montaje a la estructura no son suministrados por RDI.



### Montaje del Channel Master

Verifique doblemente todas las conexiones, sellos y pernos, conecte el cable I/O y asegúrese que una maniobra libre de tensión sea aplicada al cable.

Atornille el Channel Master a la placa de montaje. Asegúrese de que el cable I/O sea colocado de manera que no pueda enredarse o tener un inconveniente.

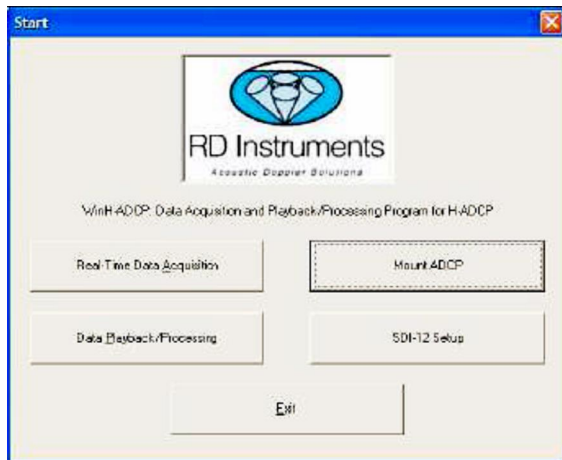
**Nota:** Un buzo profesional pueda ser necesitado para montar el Channel Master.

## PROBANDO EL CHANNEL MASTER INSTALADO

Una vez que el Channel Master esta montado en el agua, es tiempo de comunicarse con el y hacer ajustes.

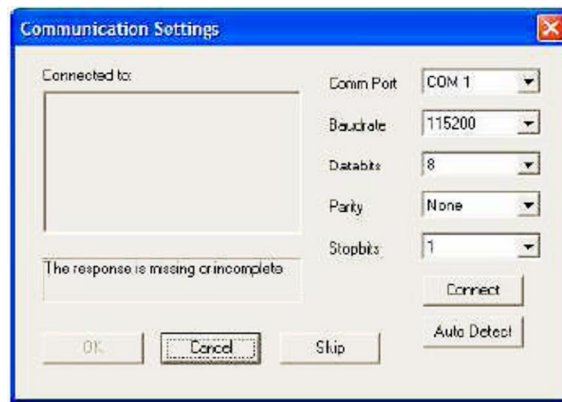
El programa WinH ó ADCP será usado para ajustar las configuraciones PITCH y ROLL, para verificar anomalías en la reflexión del perfil de intensidad acústico.





Inicie WinH-ADCP

Sobre la pantalla de inicio, presione (click) en **Mount ADCP**.



Sobre la pantalla de configuración de comunicaciones (**Communications Settings**), entre a la configuración de comunicaciones para el H-ADCP.

Si usted está inseguro de la configuración, use el botón de Auto Detección



### AJUSTE DEL PITCH Y ROOL

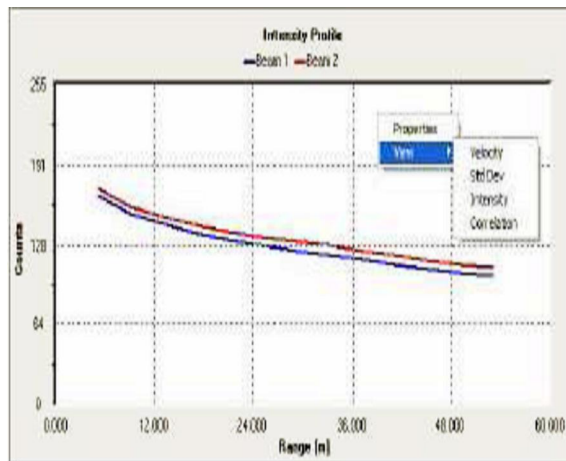
La pantalla de sensores del programa WinH-ADCP indica los ángulos del PITCH y ROLL del Channel Master.

Ajuste el contador hasta que el ROLL marque cero. El ROLL del Channel se balancea sobre el eje Y. **Debe estar en cero.**

Ajuste el montaje hasta que el PITCH marque cero. El Channel Master se inclina sobre el Eje X.

**NOTA:** Un PITCH ligero ascendiendo ó descendiendo puede requerirse para evitar una interferencia de los BEAM en el fondo ó en la superficie.

Presione en **OK** para salir de esta pantalla.



## INTENSIDAD DE PLOTEO

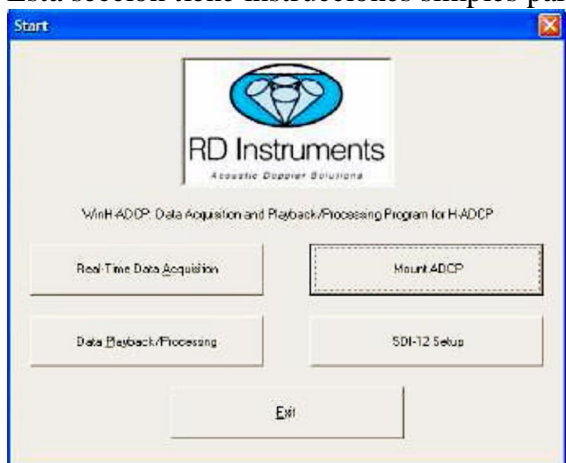
Inicie recolectando datos (Vea la sección 4.0: Recolectando datos con el WinH-ADCP, pagina 25) y verifique los perfiles de intensidad de datos anormales, los cuales son picos inusualmente grandes, especialmente las que están hechas a lo largo del eje- Y trazado.

Los picos que no se mueven son usualmente objetos en el agua como rocas ó estructuras. Los picos que se mueven a lo largo del eje Y son usualmente objetos en movimiento tales como pescados ó troncos.

Es importante fijar el Channel Master en una ubicación libre de obstrucciones, los datos de velocidad pueden ser cuestionados si el perfil de intensidad muestra anomalías.

## 4. RECOLECCION DE DATOS CON EL PROGRAMA WinH-ADCP

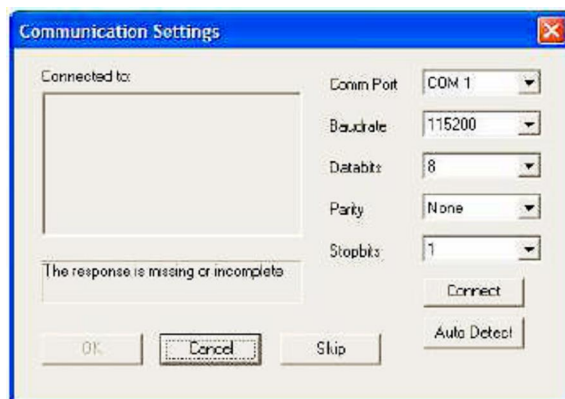
Esta sección tiene instrucciones simples para la recolección de datos con el ADCP horizontal.



### Inicie el programa WinH-ADCP

Inicie el programa WinH-ADCP con un doble click en el mouse en el icono WinH-ADCP, ó si el programa ya esta ejecutándose vaya al menú **Configure** y presione en **Setup Wizard**.

Sobre la ventana de diálogo **Start**, presione **Real-Time Data Acquisition**.



## Configuración de Comunicaciones

Sobre la pantalla **Communications Settings** ingrese la configuración de comunicaciones para el H-ADCP.

Si esta inseguro de la configuración, use el botón de **Auto detección (Auto Detect)**.

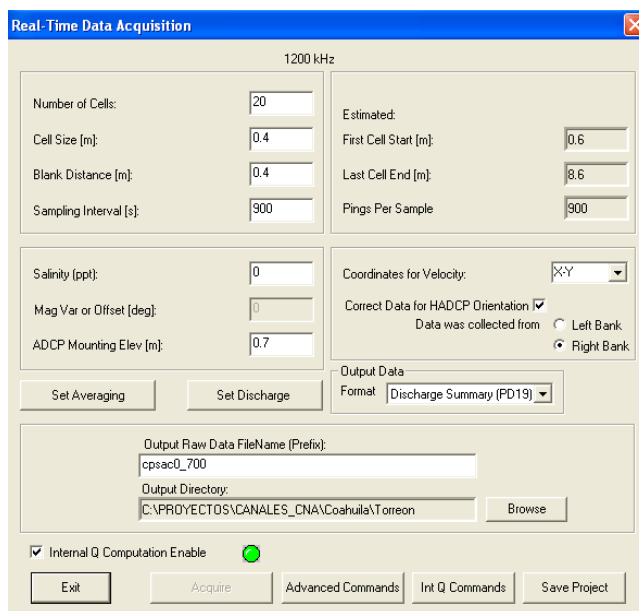
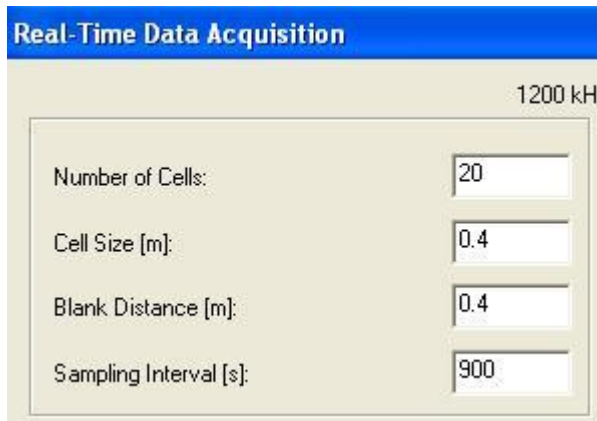


Figura 10. Pantalla de Adquisición de datos a tiempo real



**Real-Time Data Acquisition** 1200 kHz

Number of Cells: 20

Cell Size [m]: 0.4

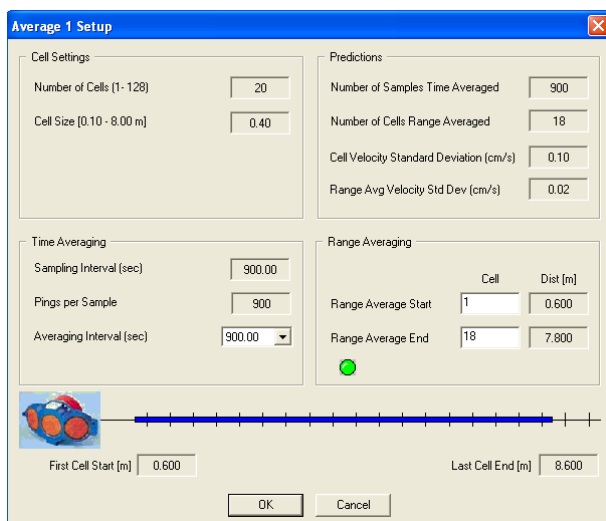
Blank Distance [m]: 0.4

Sampling Interval [s]: 900

**Ingrese en las opciones de configuración de adquisición de datos en tiempo real.**

Cuando las comunicaciones están establecidas con el H-ADCP, el WinHADCP ingresa a la configuración por defecto en la pantalla de adquisición de datos en tiempo real (**Real-Time Data Acquisition**) basándose en la frecuencia del H-ADCP.

Deje las configuraciones por defecto para el **número de celdas, tamaño de celdas, distancias en blanco e intervalos de muestreo** para este ejemplo de inicio.



**Average 1 Setup**

**Cell Settings**

Number of Cells (1-128): 20

Cell Size (0.10 - 8.00 m): 0.40

**Predictions**

Number of Samples Time Averaged: 900

Number of Cells Range Averaged: 18

Cell Velocity Standard Deviation (cm/s): 0.10

Range Avg Velocity Std Dev (cm/s): 0.02

**Time Averaging**

Sampling Interval (sec): 900.00

Pings per Sample: 900

Averaging Interval (sec): 900.00

**Range Averaging**

Range Average Start	Cell	Dist [m]
1	0.600	
Range Average End	18	7.800

First Cell Start [m]: 0.600 Last Cell End [m]: 8.600

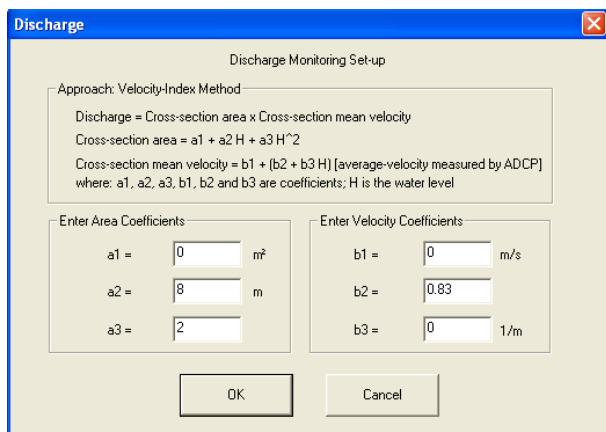
OK Cancel

**Configuración de Promedio**

Sobre la pantalla **Real-Time Data Acquisition**, presione el botón **Set Averaging**.

Sobre la pantalla **Average 1 Setup**, ingrese los valores para **Averaging Interval** y **Range Averaging**. Vea la guía de usuarios del WinHADCP para más detalles.

Presione **OK** para regresar a la pantalla **Real-Time Data Acquisition**.



**Discharge**

Discharge Monitoring Set-up

Approach: Velocity-Index Method

Discharge = Cross-section area x Cross-section mean velocity

Cross-section area =  $a_1 + a_2 H + a_3 H^2$

Cross-section mean velocity =  $b_1 + (b_2 + b_3 H)$  [average-velocity measured by ADCP]

where:  $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2$  and  $b_3$  are coefficients;  $H$  is the water level

**Enter Area Coefficients**

$a_1 = 0$  m<sup>2</sup>

$a_2 = 8$  m

$a_3 = 2$

**Enter Velocity Coefficients**

$b_1 = 0$  m/s

$b_2 = 0.83$

$b_3 = 0$  1/m

OK Cancel

**Configuración de Descarga o Gasto**

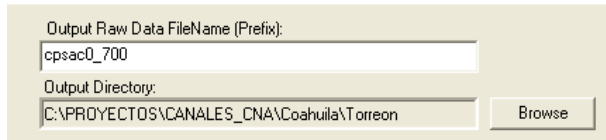
Sobre la pantalla **Real-Time Data Acquisition**, presione el botón **Set Discharge**.

Sobre la pantalla **Discharge**, ingrese los coeficientes de Área y Velocidad.

Presione **OK** para regresar a la pantalla **Real-Time Data Acquisition**.

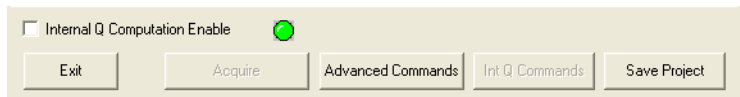
**NOTA:** Los coeficientes de descarga deben estar propiamente configurados ó las

mediciones de la descarga carecerán de sentido.



Introduzca un nombre de archivo prefijo y seleccione la carpeta donde serán almacenados los archivos de los datos.

El programa WinH-ADCP usa el **Output Raw Data File** (prefijo) para crear archivos de datos crudos realizados durante la recolección de datos. Use el campo **Output Directory** para seleccionar en donde serán almacenados los archivos de datos crudos.



### Guardar el Proyecto

Presione el botón **Save Project** para guardar las configuraciones del usuario (incluyendo las descargas y promedios de las configuraciones, configuración de comunicaciones, y configuración de pantallas).

### Inicio de Recolección de Datos.

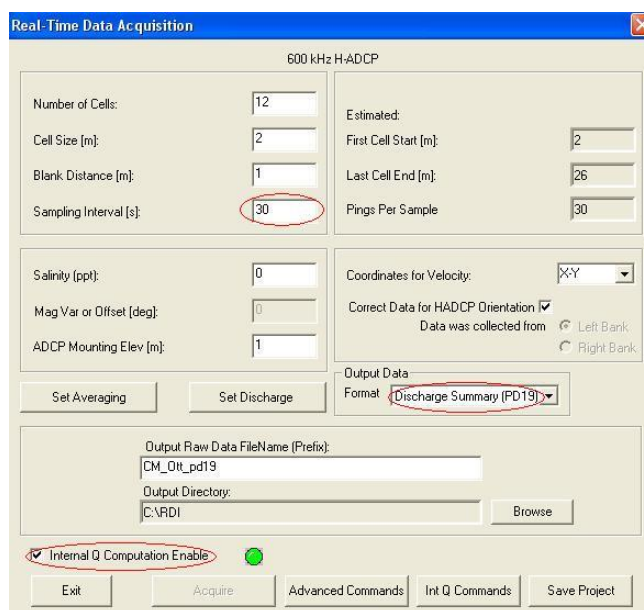
Presione **Acquire** para iniciar la recolección de datos.

## 5. INTERFASE DEL CHANNEL MASTER CON EL OTT LOGOSENS2

El siguiente procedimiento permite grabar datos desde el Channel Master dentro del OTT Logosens2 datalogger.

1. Configurar el Channel Master usando la versión 3.3.5 o posterior del WinHADCP. El Channel Master debe tener la versión del firmware 28.28 o posterior. Se puede determinar la versión del firmware del Channel Master usando el WinHADCP (en el menú configuración View/Hardware). En orden para obtener la descarga de datos usando características especiales en el Logosens datalogger, Internal Q Computation Enable debe ser encendido como se muestra en la figura 1.1.

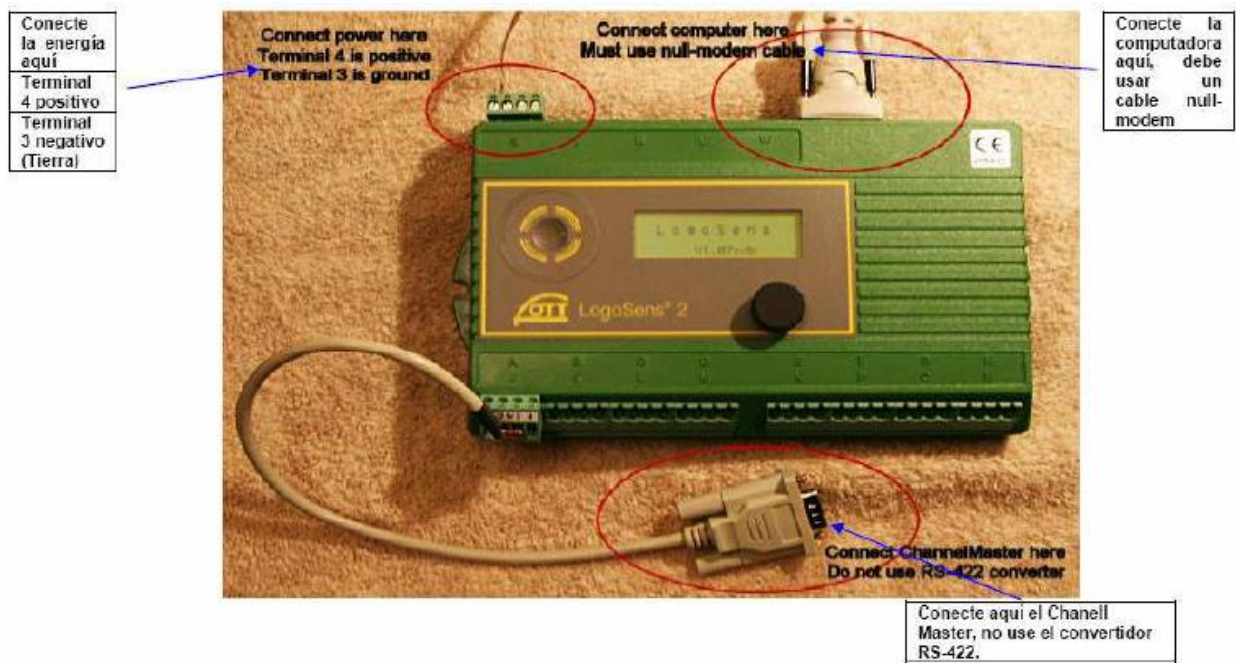
Para iniciar la interfase con el Logosens, configurar en Sampling interval ingresando 30 segundos como se muestra en la figura 1.1. Asegúrese que usted tenga seleccionado PD19 como se muestra en Output Data Format. No olvidar hacer click en ACQUIRE.



**Figura 1.1. Pantalla de configuración del programa WinHADCP**

2. Aplicar energía al Ott Logosens datalogger como se instruye en el manual del Logosens2 y como se muestra en la figura 1.2. Después de que los mensajes de inicio hayan pasado y el espacio del LCD este en blanco, presionar el botón negro una vez para que se active la pantalla como se muestra en la figura 1.2.

Asegúrese de verificar que se muestre V1.07x/b. El logosens debe tener esta versión del firmware para comunicarse adecuadamente con el Channel Master.



**Figura 1.2. Pantalla del Logosens versión firmware y conexiones**

3. Instalar el programa en el disco flexible incluido con el datalogger. Este programa necesita ser actualizado en orden para programar adecuadamente al Logosens.
4. Después de instalar el programa, ubique el archivo Wbsla0.exe en el directorio donde se hizo la instalación. Presionar el botón derecho (el tamaño del archivo debe estar entre los 2,198,016 bytes) y reemplazar este archivo con la nueva versión que usted recibió en la clase de entrenamiento.
5. La nueva versión del Wbsla0.exe debe tener un tamaño de archivo de 2,323,446 bytes.
6. Ejecutar Wsbla0.exe y aparecerá la pantalla de la figura 1.3.

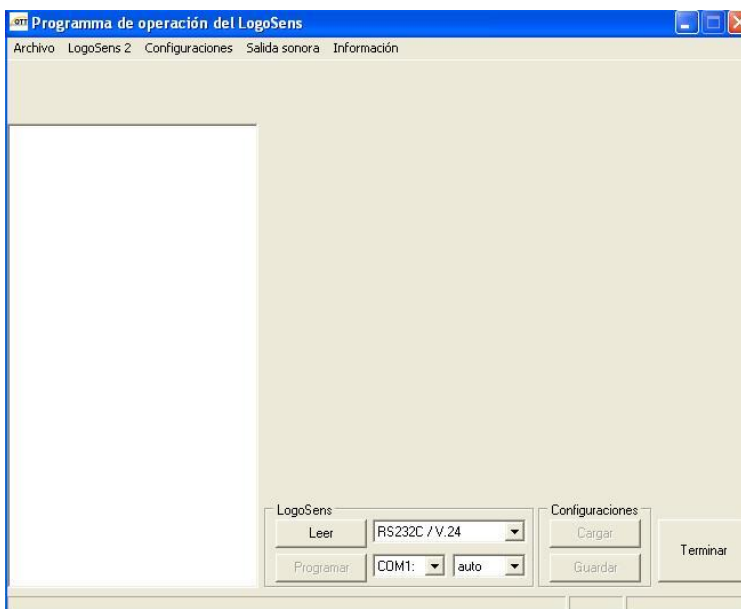
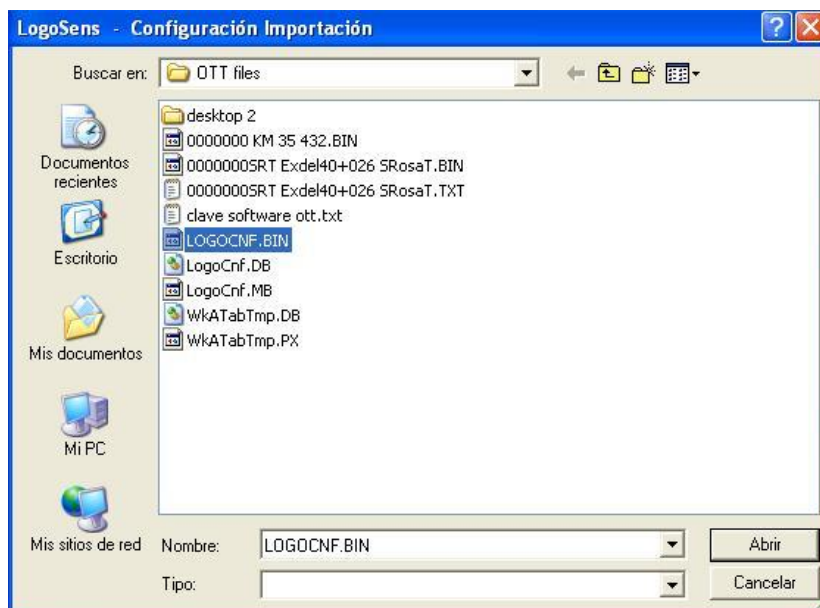


Figura 1.3: Pantalla de operación inicial del programa

7. También se le proporcionaron los archivos \*.BIN. Estos archivos están configurados para adquirir datos desde el Channel Master. Copiar estos archivos al directorio donde se instaló el programa Logosens ó el directorio que creado para capturar los datos del sitio.

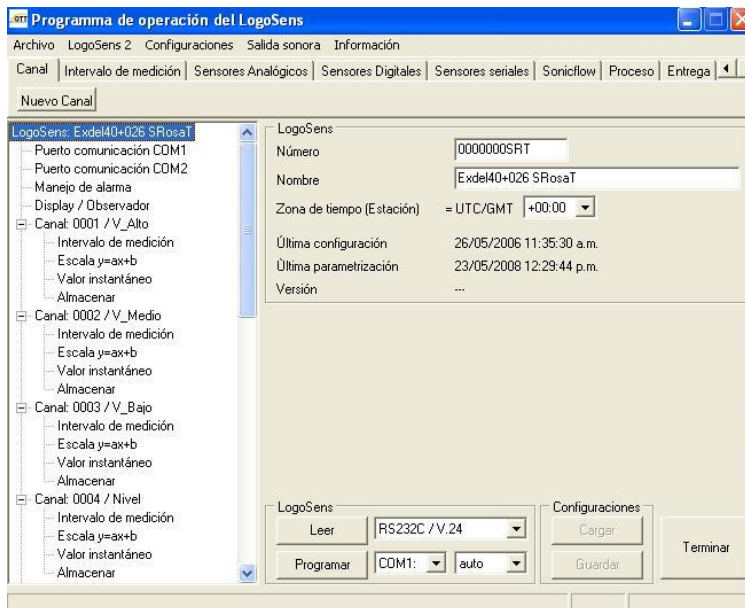
8. En la pantalla de operación del programa Logosens, presionar el menú ðArchivoð, después seleccione ðImportð y aparecerá una ventana donde deberá seleccionar el directorio donde esta el archivo \*.bin (figura 1.4)





**Figura 1.4: Diálogo para importar los archivos de configuración Logosens**

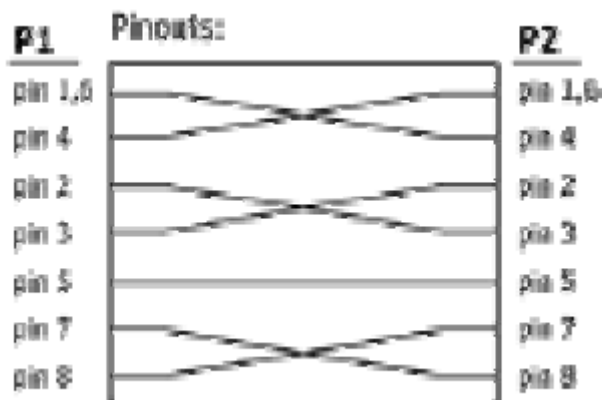
9. Seleccionar el archivo \*.y aparecerá la pantalla que se muestra en la figura 1.5



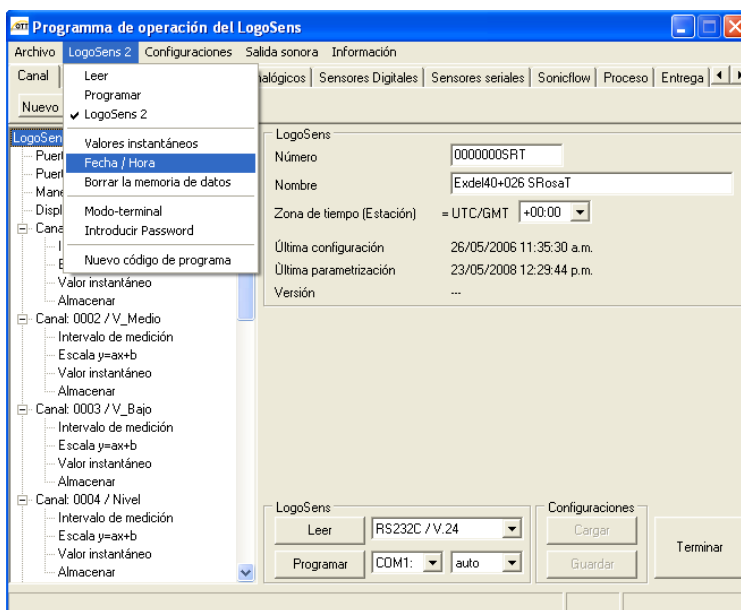
**Figura 1.5: Archivo de importación del programa Logosens " 0000000SRT Exdel 40+026 SRosaT"**

10. Conectar el Channel Master directamente al cable adjunto al conector RS-422 sobre el Logosens. No use el convertidor RS-422 a RS-232 que se utiliza para conectar el Channel Master a la computadora. El Logosens se comunicará directamente con el Channel Master usando la comunicación RS-422.

11. Conectar la computadora al Logosens data logger. Utilizar un cable null módem (esto es un cable de computadora con conectores DB-9 hembra sobre ambos extremos. La configuración se muestra en la figura. El cable null módem se conectará al conector etiquetado Comm1 sobre el Logosens.

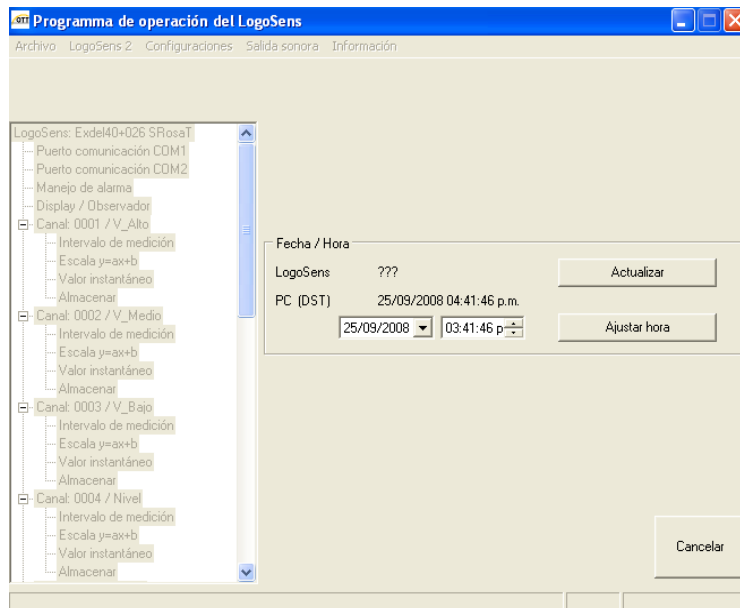


12. Seleccionar el artículo en el menú Logosens2 y después elegir Date/Time sobre la lista (figura 1.6). Seleccionar el botón para configurar Date/Time y el programa Logosens configurará la fecha y hora del datalogger. Presionar **refresh** para verificar que la hora está configurada correctamente.

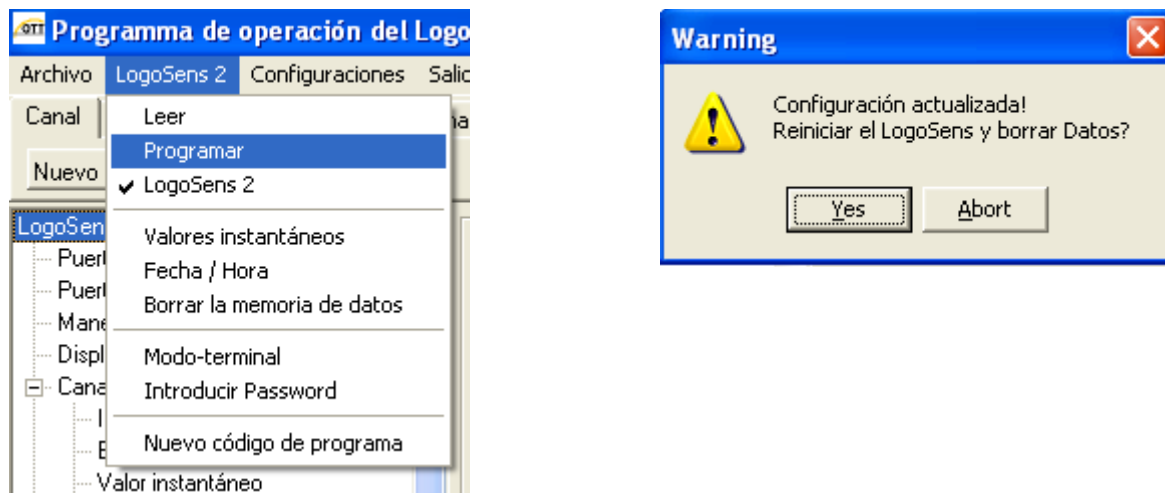


**Figura 1.6 Programa de configuración del Logosens2**

13. Presionar el botón **Programar** en la parte inferior de la pantalla del programa Logosens (figura 1.7), se enviará el programa al datalogger, aparecerá un mensaje como el que se muestra en la figura 1.8 Seleccionar **Ja**. El programa Logosens ahora enviara las instrucciones al datalogger.



**Figura 1.7 Envío del programa Logosens al Datalogger**



**Figura 1.8 Mensaje para descargar el programa y enviarlo al Logosens**

14. Esperar 5 minutos y presionar el botón negro 2 veces sobre el Logosens. La línea de arriba sobre el LCD debe leer "Observerö". Presionar el botón negro otra vez. El datalogger medirá y mostrará el suministro de voltaje al datalogger. Presionar el botón negro otra vez y aparecerá la pantalla que se muestra en la figura 1.9. Presionar el botón negro 10 veces más para mostrar cada uno de los diferentes valores desde el Channel Master que están siendo grabados por el Logosens.



Figura 1.9 Mostrando el voltaje de la batería del Logosens

15. Una vez que se verificó que el Logosens está recibiendo los datos desde el Channel Master, cerrar el programa Logosens.

16. Desconectar el Channel Master del Logosens y reconectar el convertidor RS-422 a RS-232 y conectar el Channel Master a la computadora. Utilizar el programa WinHADCP, **configure sampling interval** del Channel Master a 15 minutos como se muestra en la figura 1.10. Conectar el Channel Master de nuevo al Logosens, recordar que no se debe usar el convertidor RS-422 a RS-232.

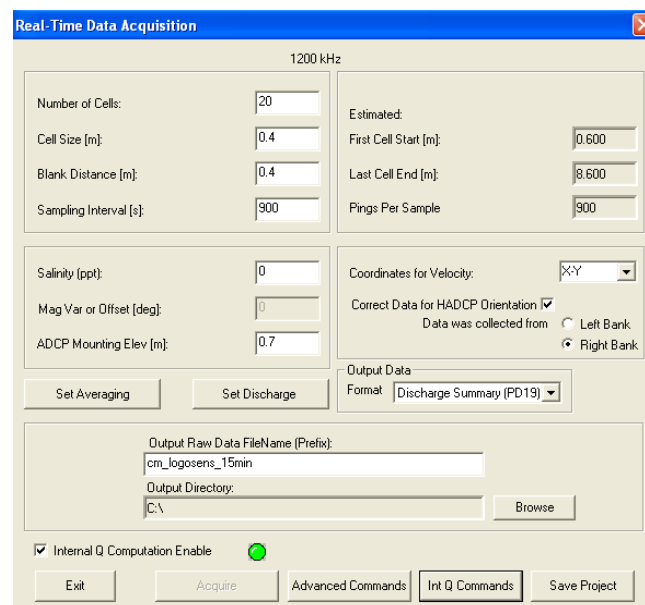
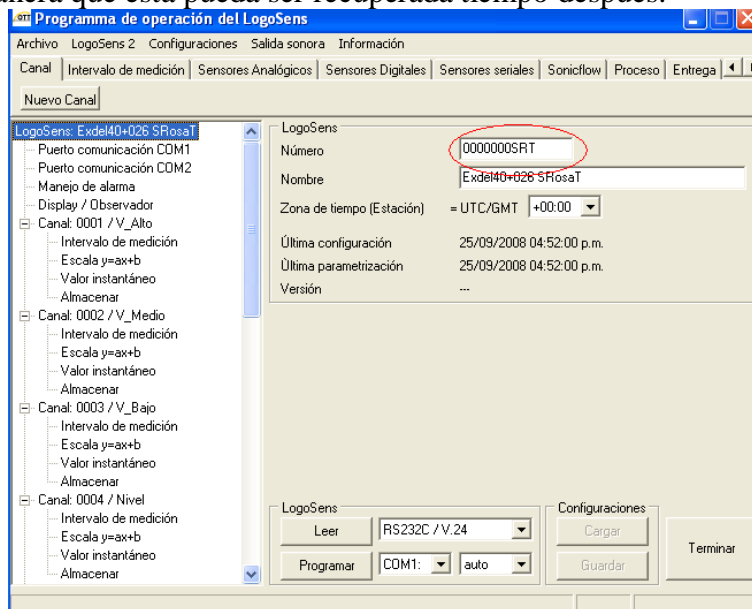


Figura 1.10 Configuración a 900 segundos (15 min) en sampling interval del WinHADCP

17. Ejecutar Wbsla0.exe de nuevo e importe el archivo "-000000200 CM\_Logosens\_RS422-15min.bin". Programar el logosens usando esta nueva configuración. Ahora el Logosens adquirirá datos desde el Channel Master cada 15 minutos. Presionar el botón negro del Logosens para examinar los datos. Esto puede tomar 15 minutos ó más para que los datos aparezcan, El Channel Master debe primero hacer una lectura completa antes de que los datos nuevos estén disponibles.

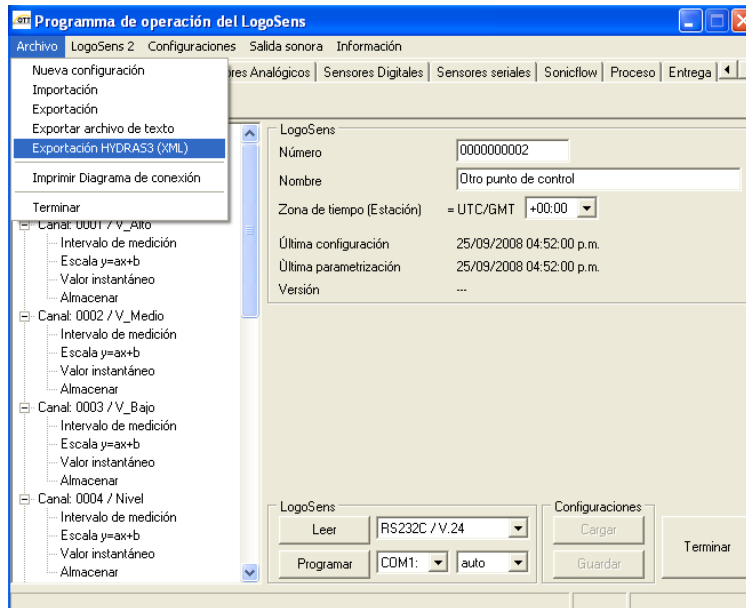
18. Hasta el momento se ha programado exitosamente al Logosens para adquirir datos del Channel Master.

19. Para el siguiente sitio, repetir el mismo proceso pero asegúrese de cambiar el número para el sitio como se muestra en la figura 1.11. Esto es necesario cuando el dato es recuperado, de manera que el Hydras puede decirnos la diferencia entre los sitios. Hay que guardar la nueva configuración del Logosens, de manera que ésta pueda ser recuperada tiempo después.

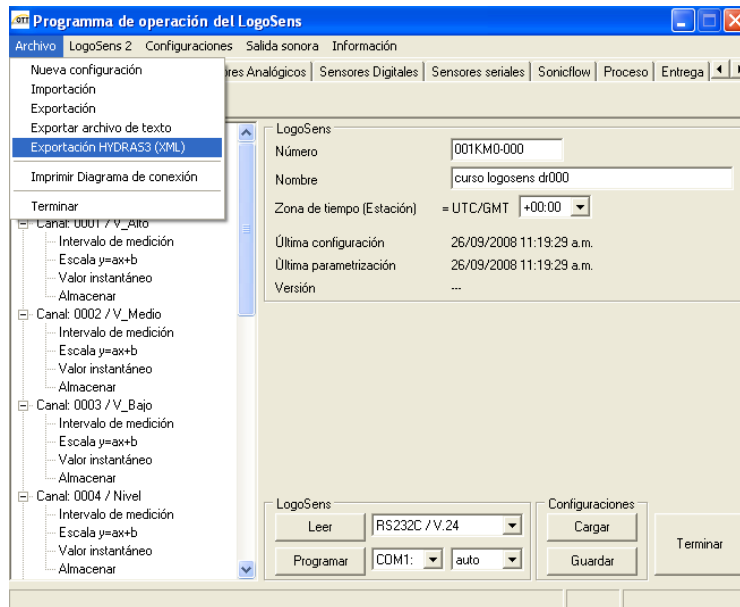


**Figura 1.11: Cambio del número de configuración del archivo para cada sitio**

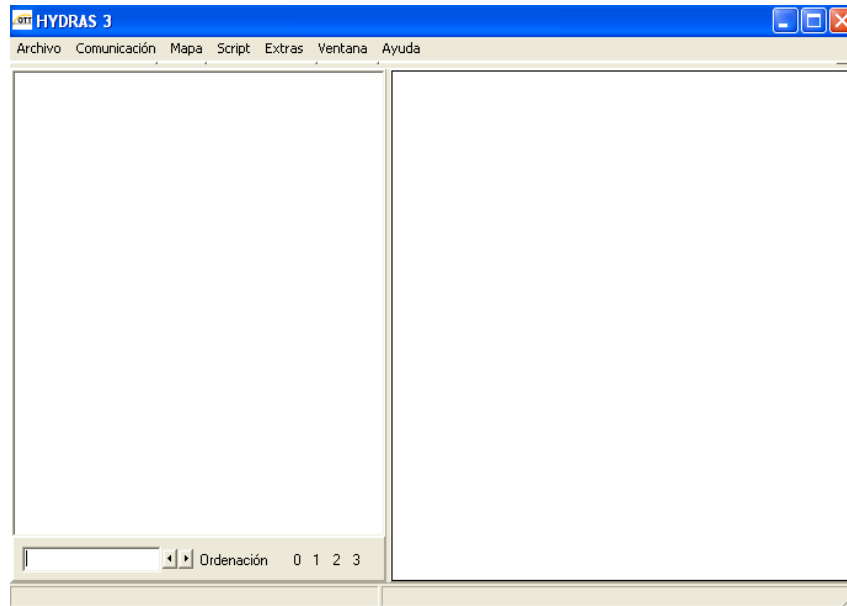
20) Exportar la configuración como un archivo de formato Hydras3 xml, de manera que usted pueda recuperados los datos en Hydras3. Para hacer esto se debe utilizar el archivo **File/Export Hydras3 (XML)** en el menú (**File**). Ver figura 1.12.



**Figura 1.12 Exportación del archivo a Hydras3 XML**

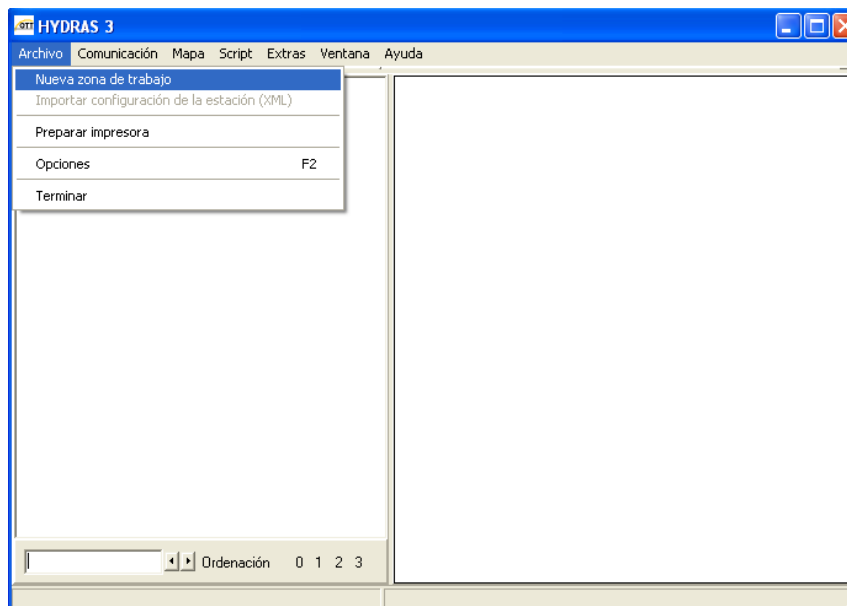


21. Ejecutar el programa HYDRAS3 (figura 1.13).



**Figura 1.13 Pantalla principal del programa Hydras 3**

22. Dar de alta una zona de trabajo (figura 1.14).



**Figura 1.14 Alta de una nueva zona de trabajo**

Para crear una nueva zona de trabajo, seleccione el punto del menú **archivo | nueva zona de trabajo**. Como alternativa puede hacer clic con el botón de ratón derecho sobre una zona vacía en la representación en árbol y seleccionar en el menú emergente que aparece la entrada **zona de trabajo**. Ahora tiene que indicar un nombre y un número para la nueva zona de trabajo siendo

imprescindible que elija el número de una lista de valores predefinidos. Al final tiene que indicar una ruta para esta zona de trabajo. En esta ruta se guardan todas las informaciones de las configuraciones de esta zona de trabajo (estaciones y sensores incluidos).

23. Proporcionar un nombre a la zona de trabajo y seleccionar el directorio donde se guardarán los datos que se recuperen del OTT-DataLogger (lámina 1.15).

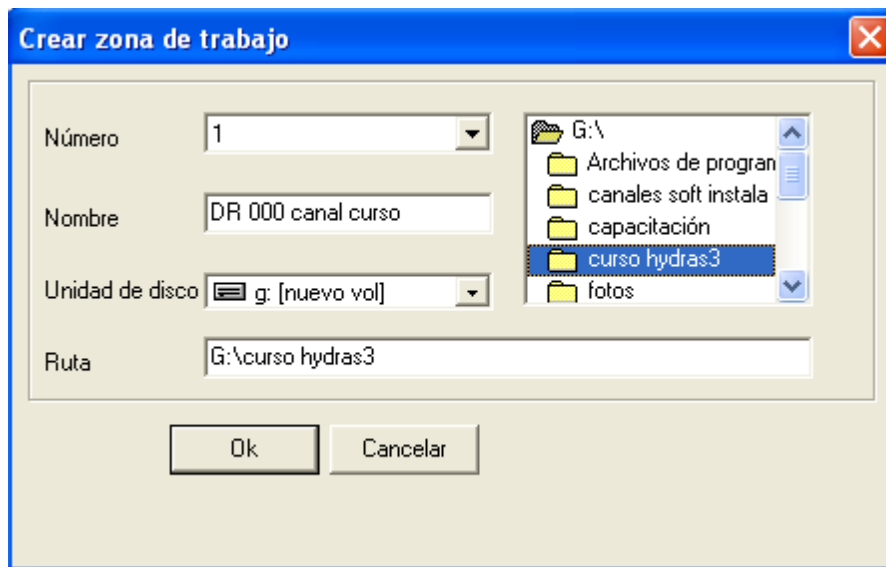
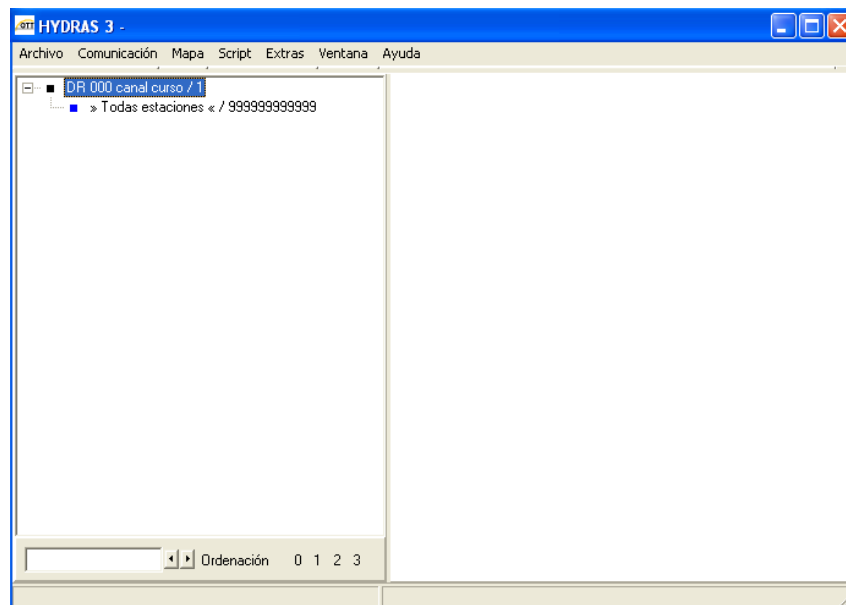


Figura 1.15 Asignación del nombre del archivo

24. Una vez que se dieron de alta los datos aparecerá la pantalla que se muestra en la figura 1.16.





### Lámina 1.16 Directorio de archivos

25. Importar la configuración de la estación (Archivo \*.XML), como se muestra en la figura 1.17.

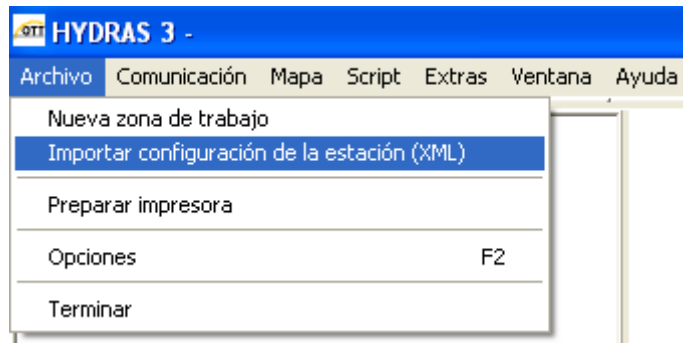


Lámina 1.17 Importación de la configuración de la estación

26. Seleccionar el archivo que se creó en la exportación \*.XML del paso 20 (figura 1.18).

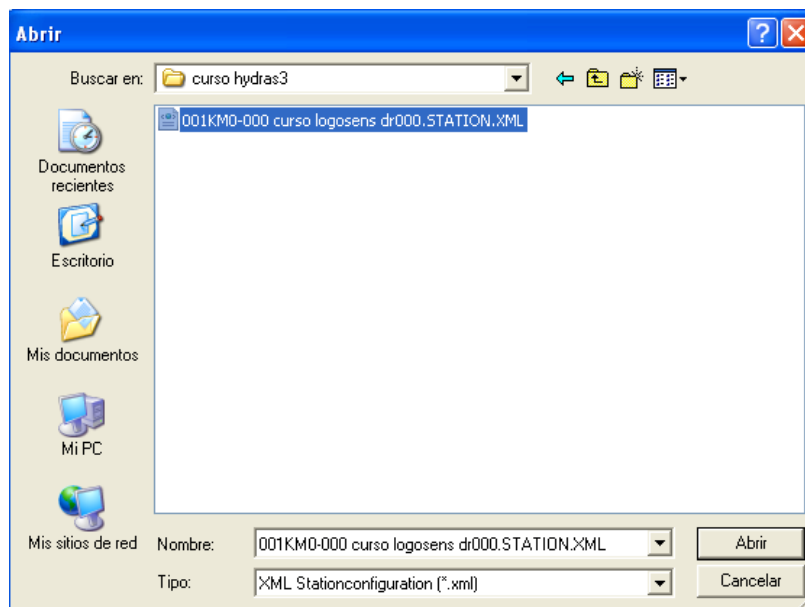
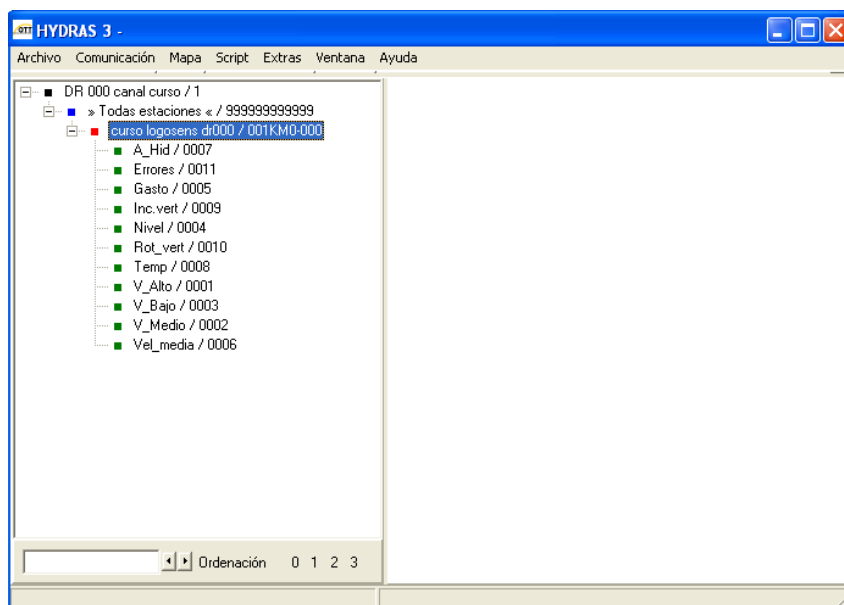


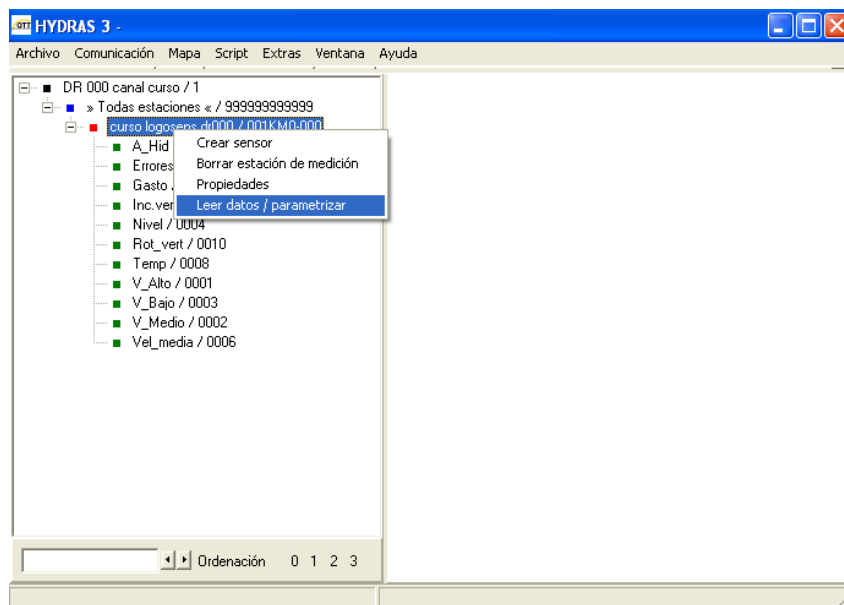
Figura 1.18 Selección de archivo \*.XML

27. Una vez cargado el archivo se mostrará la pantalla de la figura 1.19.



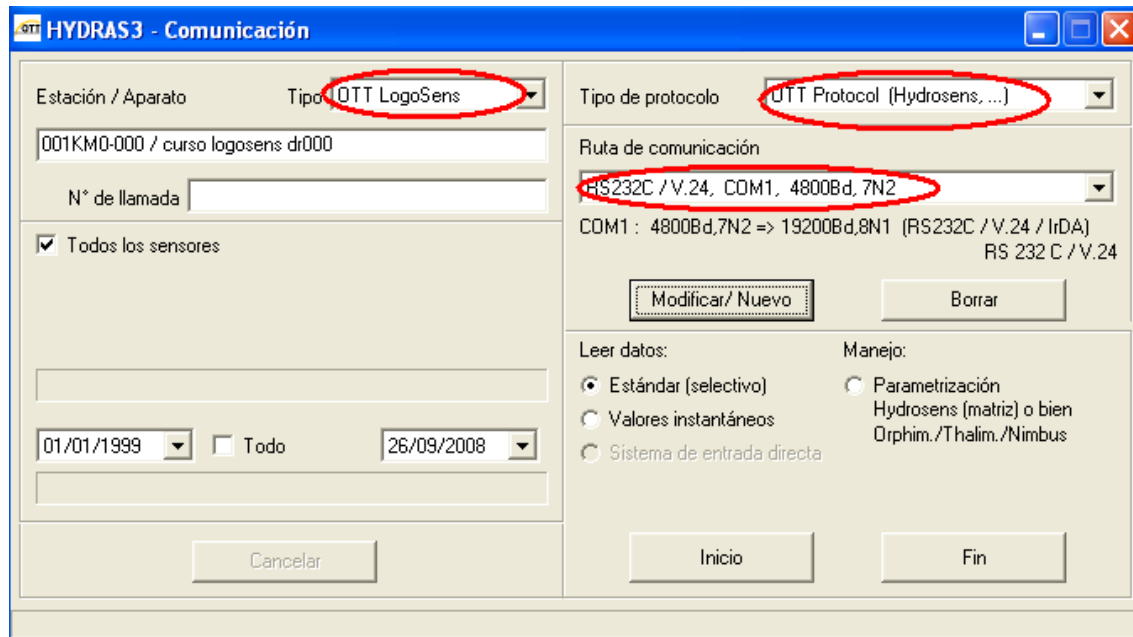
**Figura 1.19 Carga del archivo**

28. Para leer los datos del OTT-Logosens, se posiciona en la estación correspondiente (en este caso `curso logosens dr000 / 001km0-000`), con el ratón hacer click con el botón de la derecha donde aparecerán cuatro opciones (ver figura 1.20); hacer click en `Leer datos/parametrizar`.



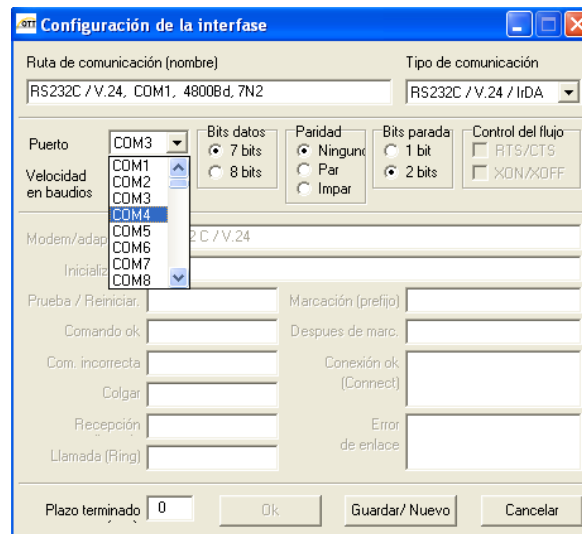
**Figura 1.20 Leer datos/parametrizar**

29. En la pantalla que aparece (figura 1.21), seleccionar Inicio. Se debe revisar que en la subventana `Estación/Aparato` opción `Tipo` contenga a `OTT LogoSens`; en `Tipo de protocolo` `OTT Protocol (Hydrosens,í )`.



**Figura 1.21 Validación de configuración**

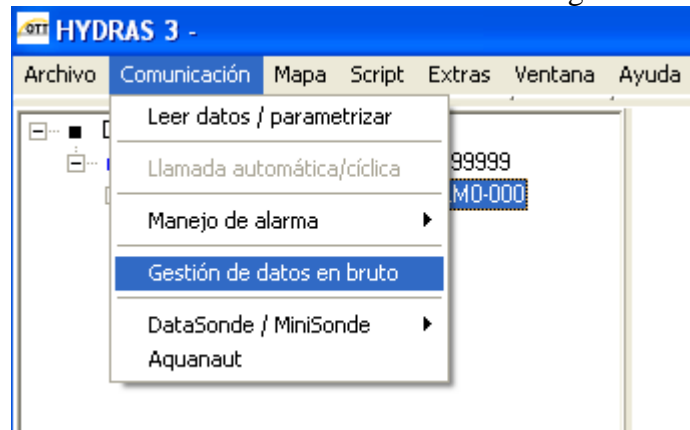
Es posible que la ruta de comunicación requiera de ajustar el puerto de comunicación, sobre todo en casos en que la laptop sea diferente a la que generó el archivo tipo `õ*.xmlö`, es esos casos se hace click en la subventana `õRuta de comunicacióñö` botón `õModificar/Nuevoö`, en la que se presenta la ventana mostrada en la figura 1.22. Se selecciona el `õCOMXö` (X es un dígito 1, 2..) correspondiente, y se guarda la configuración.



**Figura 1.22 Configuración de interfase; selección de puerto de comunicación.**

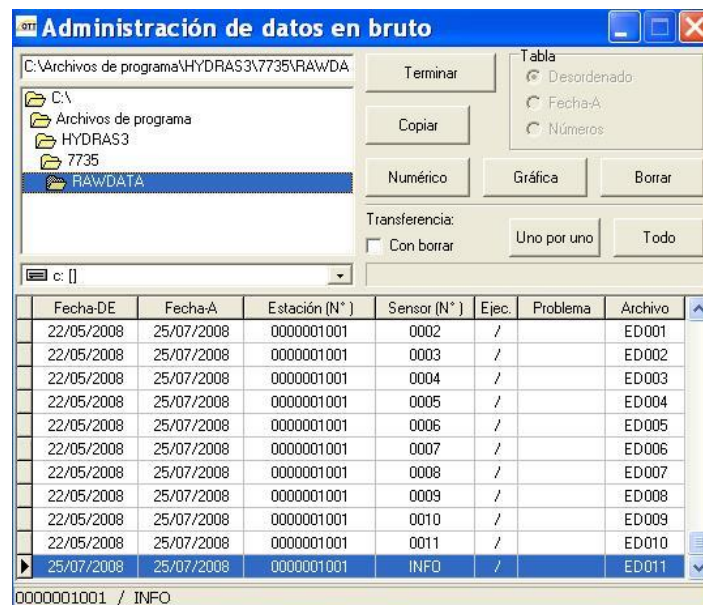
30. Una vez revisados (o modificados) los parámetros de comunicación, se presiona **Inicio** (figura 1.21), entonces inicia el proceso de recuperación de datos ó dicho proceso puede durar varios minutos.

Después de haber recuperado los datos hay que convertirlos, para ello en el menú de comunicación seleccionamos **Gestión de Datos en Bruto** como se muestra en la figura 1.23.



**Figura 1.23 Gestión de datos en bruto**

31. Presionar el botón **Todo** para iniciar la conversión de todos los datos y para ver la información (figura 1.24).



**Figura 1.23 Conversión y visualización de datos**

32. Exportar la información, para ello en el menú **δExtras** seleccionar **δExportación de Columnas Múltiples** (figura 1.24).



**Figura 1.24 Exportación de datos**

33. En la pantalla que aparece seleccionar los parámetros que se desean exportar a Excel y presionar el botón **δExportar EXCEL** (figura 1.25).



**Figura 1.25 Exportación a Excell**

34. La figura 1.27 muestra el arreglo de los datos en Excel, de donde se pueden acceder y procesar.

Microsoft Excel - CP Sacramento 24 julio 2008.xls

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ? Escribe una pregunta

Arial 10

Responder con cambios... Terminar revisión...

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Fecha/Hora	V_Alto	V_Medio	V_Bajo	Nivel	Gasto	Vel_media	A_Hid	Temp	Inc vert	Rot vert	Errores
2	22/05/2008 00:02	0	4682	9078	2.16	60.02	2.28	26.36	22.07	0.48	0.2	0
3	22/05/2008 00:04	0	4683	6206	2.16	58.84	2.23	26.37	22.06	0.48	0.2	0
4	22/05/2008 00:06	0	4684	3220	2.13	58.07	2.25	25.84	22.06	0.48	0.21	0
5	22/05/2008 00:08	0	4685	285	2.18	59.66	2.25	26.57	22.05	0.48	0.21	0
6	22/05/2008 00:10	0	4685	7426	2.17	59.36	2.24	26.48	22.05	0.48	0.22	0
7	22/05/2008 00:12	0	4686	4587	2.17	59.98	2.27	26.45	22.04	0.48	0.2	0
8	22/05/2008 00:14	0	4687	1748	2.14	59.38	2.28	26.03	22.04	0.48	0.21	0
9	22/05/2008 00:16	0	4687	8935	2.18	60.4	2.26	26.69	22.03	0.48	0.21	0
10	22/05/2008 00:18	0	4688	6102	2.15	59.07	2.25	26.2	22.02	0.48	0.21	0
11	22/05/2008 00:20	0	4689	3204	2.15	59.27	2.27	26.11	22.02	0.48	0.2	0
12	22/05/2008 00:22	0	4690	302	2.15	59.03	2.25	26.19	22.01	0.48	0.21	0
13	22/05/2008 00:24	0	4690	7448	2.16	60.06	2.28	26.33	22.01	0.48	0.2	0
14	22/05/2008 00:26	0	4691	4610	2.17	59.3	2.24	26.51	22	0.48	0.22	0
15	22/05/2008 00:28	0	4692	1787	2.18	60.32	2.27	26.55	22	0.48	0.21	0
16	22/05/2008 00:30	0	4692	8968	2.16	59.36	2.25	26.36	21.99	0.48	0.2	0
17	22/05/2008 00:32	0	4693	6132	2.17	60.04	2.27	26.48	21.99	0.48	0.21	0
18	22/05/2008 00:34	0	4694	3312	2.15	59.62	2.28	26.18	21.98	0.48	0.21	0
19	22/05/2008 00:36	0	4695	424	2.16	58.91	2.24	26.31	21.98	0.48	0.22	0
20	22/05/2008 00:38	0	4695	7581	2.19	60.38	2.26	26.71	21.97	0.48	0.2	0
21	22/05/2008 00:40	0	4696	4796	2.17	59.86	2.26	26.44	21.97	0.48	0.2	0
22	22/05/2008 00:42	0	4697	1912	2.15	58.75	2.25	26.1	21.97	0.48	0.2	0
23	22/05/2008 00:44	0	4697	9058	2.18	60.33	2.27	26.62	21.96	0.48	0.21	0
24	22/05/2008 00:46	0	4698	6248	2.16	59.52	2.26	26.31	21.96	0.48	0.21	0
25	22/05/2008 00:48	0	4699	3376	2.17	59.27	2.25	26.38	21.95	0.48	0.2	0
26	22/05/2008 00:50	0	4700	533	2.17	60.02	2.27	26.41	21.95	0.48	0.21	0
27	22/05/2008 00:52	0	4700	7634	2.15	58.33	2.23	26.16	21.95	0.48	0.21	0

Hoja1 / Hoja2 / Hoja3 /

Listo NUM

**Figura 1.27 Datos en Excel**

**VELOCIMETRO DOPPLER**  
**SONTEK FLOW TRTACKER**

## Índice

<b>1 VISIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL FLOWTRACKER. ....</b>	<b>1</b>
<b>2 MEDIDAS DE CAUDAL.....</b>	<b>18</b>
<b>3 FUNCIONAMIENTO EN MODO GENERAL.....</b>	<b>27</b>
<b>4 SOFTWARE PARA WINDOWS DEL FLOWTRACKER.....</b>	<b>30</b>
<b>5 DATOS DE CONTROL DE CALIDAD (SMARTQC) Y RESOLUCIÓN DE FALLAS. .....</b>	<b>33</b>
<b>6 LOS DATOS DE VELOCIDAD APARECEN CON RUIDO O POCO RAZONABLES. .....</b>	<b>37</b>



## 1 VISIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL FLOWTRACKER.

### 1.1. Introducción.

El FlowTracker utiliza la tecnología exclusiva ADV® (*Acoustic Doppler Velocimeter*) de SonTek desde un interfaz manual simple para medir velocidades en 2-D y 3-D en un pequeño punto de medición situado a 10 cm del transmisor acústico (Figura 1). Esto permite mediciones de corrientes naturales libres de cualquier alteración causada por el instrumento.

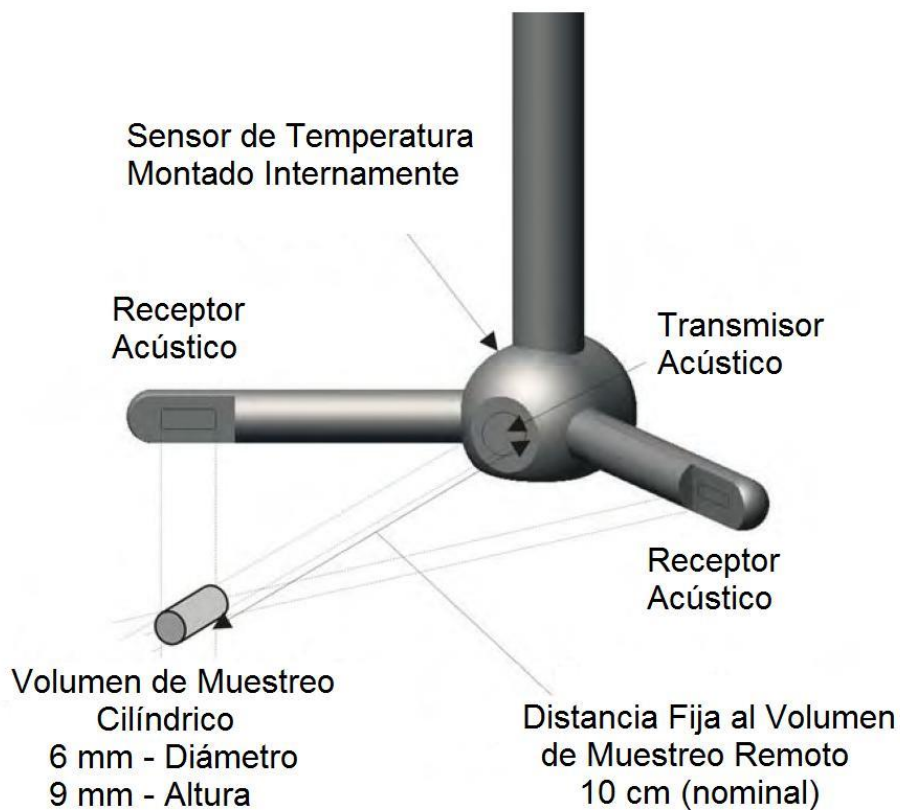


Figura. 1 Vista lateral, Sensor del FlowTracker 2D y el volumen de muestreo

El FlowTracker no tiene partes móviles y puede utilizarse en:

- Corrientes naturales
- Presas y Canales
- Canales abiertos
- Irrigación
- Tratamiento de aguas
- Aguas pluviales

La tecnología ADV tiene varias ventajas.

- Medidas precisas de velocidad en un volumen de muestra remoto.
- Medidas de velocidad en 2D y 3D (dependiendo de la configuración del sensor).
- Calibración de fábrica permanente – no son necesarias calibraciones periódicas –
- Excelente rendimiento en corrientes grandes y pequeñas – precisión del 1% de la velocidad medida –

El FlowTracker proporciona importantes ventajas de rendimiento.

- Puede medir velocidades en 2D y 3D desde 0.001 a 4.5 m/s (0.003 a 15 ft/s).
- Los datos de velocidad tienen un error relativo del 1% de la velocidad medida en muestras por segundo.
- Los datos de velocidad pueden usarse inmediatamente sin necesidad de correcciones post-proceso.
- La calibración del FlowTracker no cambia a no ser que se dañe físicamente el sensor.

Estrategia básica de muestreo del FlowTracker.

- Cada segundo se graba una muestra de velocidad.
- Los datos de velocidad se recogen en cada posición de medida durante el tiempo especificado por el usuario y se graban, la velocidad en bruto por segundo, la velocidad promedio, y los datos de control de calidad.
- Para medidas de caudal en ríos, el FlowTracker combina los datos de velocidad con la posición de la estación, el calado del agua, y otros datos para determinar el caudal total en tiempo real.

### *1.2 Datos de Control de Calidad.*

Como un extra a la velocidad y para evaluar de forma rápida la calidad de los datos de velocidad el FlowTracker graba datos de control de calidad para cada estación de medición.

- Error Estándar de la Velocidad
- Relación Señal - Ruido (SNR)
- Filtrado de Picos
- Ángulo de la Corriente
- Ajuste de Límites

### *1.3 Componentes del Sistema.*

**Sensor (Probe).** El sensor contiene los elementos acústicos usados para medir velocidad.



Figura. 2 Sensor 3D del Flowtraker.

*Controlador manual (Handheld controller).*

El controlador está diseñado para resistir inmersiones temporales, pero no está diseñado para operar bajo el agua. El compartimiento de las baterías está en la parte de atrás.

*1.4 Alimentación por Baterías.*

El FlowTracker usa ocho baterías (pilas) AA: alcalinas, NiMH, o NiCad; la estimación de vida de la batería es a  $\approx 20^{\circ}\text{C}$  ( $70^{\circ}\text{F}$ ). El clima frío reduce considerablemente la capacidad de la batería.

La siguiente tabla ofrece los parámetros operativos para baterías nuevas

Tipos de baterías para el FlowTracker			
	Alcalina	NiMH (Recargable)	NiCad (Recargable)
Tensión para baterías nuevas	12.0 V	10.2 V	10.0 V
Vida operativa aproximada	25 horas	15 horas	7 horas

Podrá comprobar el nivel de la batería del FlowTracker y la capacidad estimada de la misma. Deberá comprobar la capacidad con el sistema aclimatado a la temperatura exterior.

Las pilas están alojadas en la parte posterior del controlador manual (Figura 3).



Figura. 3 Compartimiento para Pilas.

Para cambiarlas, siga estos pasos.

- Apague el sistema.
- Quite los seis tornillos que unen la tapa de la batería con la carcasa y retire las baterías viejas.
- Coloque baterías nuevas, haciendo coincidir la orientación mostrada en el compartimiento.
  - No mezcle baterías nuevas con viejas.
  - No mezcle distintos tipos de baterías.
- Asegure la tapa de la batería con los seis tornillos.
- Encienda el sistema y verifique el nivel de tensión de la batería para asegurarse que la instalación ha sido la adecuada.

Para evitar la pérdida de carga de las baterías cuando el sistema NO está en uso

- Siempre apague el sistema antes de guardar el Flowtracker.
- Si el sistema no va a usarse durante más de un mes, quite las baterías.

### *1.5 Montaje e instalación.*

El sensor se monta en un soporte adaptador especial que lo desvía a un extremo de la varilla vadeadora, colocando el volumen de muestreo cerca y libre de la perturbación de la varilla. SonTek ofrece varillas vadeadoras de fijación superior y soportes de montaje para el FlowTracker como el que se muestra en la Figura 4.

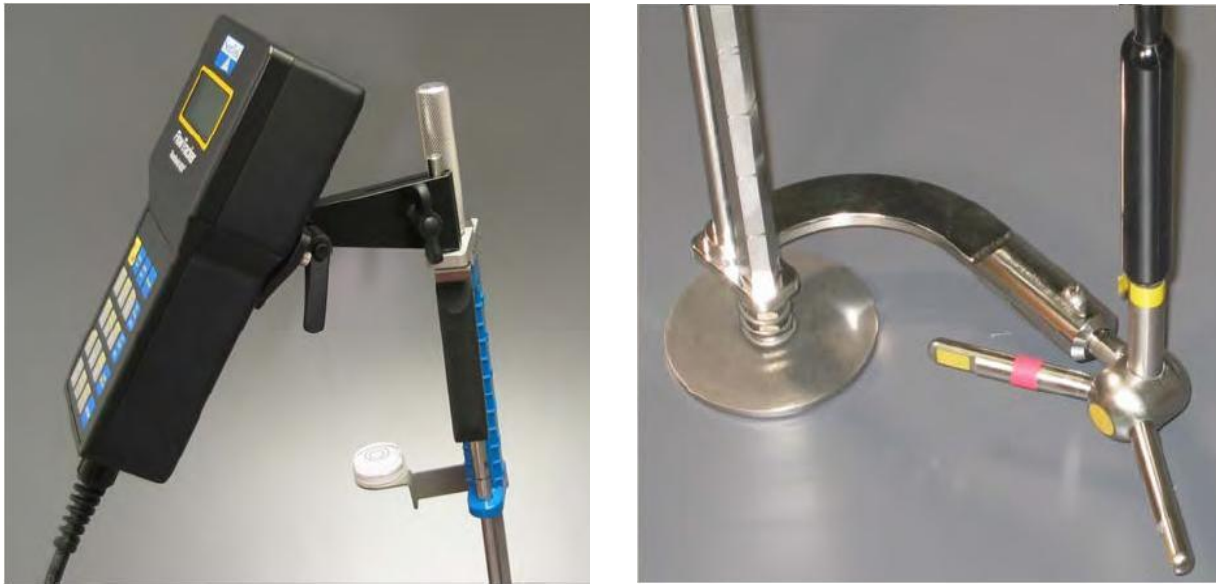


Figura. 4 Montaje del FLOWTracker.

El cable que une el sensor con el controlador manual es sumamente susceptible al ruido electrónico, debe tratarse con cuidado. En cualquier montaje, el cable debe asegurarse para prevenir movimientos excesivos o daños.

### 1.6 Orientación del Sensor Durante la Recolecta de Datos.

En la Figura 5 muestra la orientación correcta del sensor para realizar mediciones de caudal. La línea graduada está instalada perpendicularmente a la dirección de la corriente principal. El eje X del FlowTracker es perpendicular a la línea graduada (NO en línea con la corriente); la cinta roja (que señala el brazo receptor número 1) debe enfrentarse a las corrientes aguas abajo.

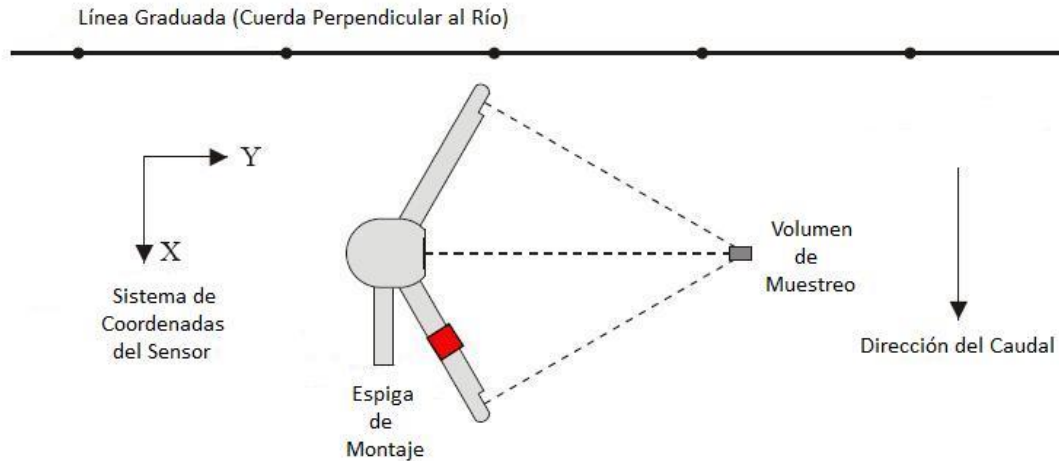


Figura. 5 Orientación Relativa del Sensor del FlowTracker a la Corriente del Flujo.

En la Figura 6 muestra el sistema de coordenadas XYZ del FlowTracker.

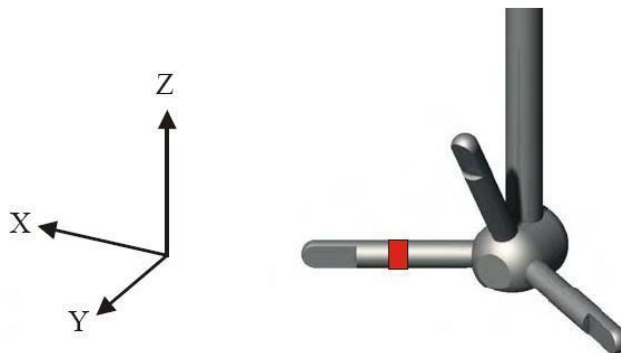


Figura. 6 Sistema de Coordenadas XYZ del FlowTracker.

### 1.7 Teclado Numérico.

La Figura 7 muestra el teclado numérico del FlowTracker. Algunas teclas tienen múltiples funciones; abajo se describe el uso de las teclas especiales



Figura.7 Teclado Numérico del FlowTracker

*Encendido/Apagado*



- Para encender el sistema, pulse el interruptor **Encendido/Apagado** durante 1 segundo hasta que se encienda la pantalla LCD.
- Para apagar el sistema, pulse el interruptor **Encendido/Apagado** durante 4 segundos hasta que se apague la pantalla LCD.

IMPORTANTE: Vuelva al Menú Principal antes de apagar el sistema para asegurar que todos los datos están guardados correctamente.

*Iluminación de Fondo*



- Esta tecla enciende/apaga la iluminación de fondo de la pantalla LCD (la iluminación de fondo se apaga transcurrido 1 minuto).

*Letras (A-Z)*

- Estas teclas se usan para introducir texto para el nombre de archivo y para comentarios del archivo.
- La introducción del texto se realiza de la misma forma que en los teléfonos celulares.

### 1.8 Menú Principal.

Cuando se enciende, el FlowTracker muestra una pantalla de inicio.



Presionando **Intro** se muestra el **Menú Principal**.

Desde el **Menú Principal**, pulse la tecla adecuada (indicada por el número de la izquierda) para acceder a la función deseada.

Pulse **1** para el **Menú de Definición de Parámetros**.

Pulse **2** para el **Menú de Funciones del Sistema**.

Pulse **3** para **iniciar la medición**.



**IMPORTANTE:** Vuelva siempre al Menú Principal antes de apagar el sistema para asegurar que toda la información se ha guardado correctamente.

- *Menú de Definición de Parámetros* (Menú Principal <1>).



Los parámetros de definición determinan cómo el FlowTracker recolecta la información (pantallas de menú mostradas abajo).

En el menú de **Definición de Parámetros** están disponibles las siguientes opciones.



**Unidades** –Para mostrar la información en Unidades del sistema **Inglés** o **Métrico**.

**T. Muest.** –Intervalo de tiempo para cada recolecta de datos (10 a 1000 segundos).

**Modo** –Recolecta de datos en modo **Caudal** o **General**.

**Ajustes C.C.** –Ajustes para revisar automáticamente la información de control de calidad.

**Ajustes de Caudal** –Ajustes para el cálculo de caudal.

**Salinidad** –Salinidad del agua en ppm, usado para cálculos de velocidad de sonido.

- *En agua salada, instalar un ánodo de zinc para proteger contra la corrosión (disponible en SonTek/YSI).*



**Idioma** –Idioma operativo para el FlowTracker.

- *Menú de Funciones del Sistema (Menú Principal <2>).*

Las pantallas de **Funciones del Sistema** se muestran abajo. Pulse **Intro** para cambiar entre pantallas y para cambiar los ajustes, pulse el número mostrado.

Los siguientes ajustes están disponibles:

**Visualiz. Archivos** –Muestra la información de un archivo completo.

**Estado Recorder** –Muestra el núm. de archivos grabados y el espacio aún disponible.

**Formateo Recorder** –Borra todos los archivos de la memoria.



**Dato Temperatura** –Muestra los datos del sensor de temperatura del FlowTracker.

**Nivel Baterías** –Muestra la tensión de la batería y el tiempo restante de uso.

- La estimación de la capacidad de las baterías se basa en la tensión y es sólo aproximado.
- El ambiente frío reduce la capacidad de las baterías; verifíquelas después de que el sistema se halla aclimatado a la temperatura exterior.

**Diag. Dato Veloc.** –Muestra la velocidad en bruto y la información SNR para comprobar operaciones básicas del sistema.

- Pulse **INTRO** para parar la muestra de datos.

**Ens. Autom. C.C.** –Test automático para verificar las operaciones del sistema.

**Ver Configuración** –Muestra el número de serie del sistema, tipo de sensor y la versión del firmware.

**Ajustar Reloj** –Ajusta y cambia el reloj interno del FlowTracker.



- Ajustes CC (Definición de Parámetros <4>).

El menú de **Ajustes CC** establece el criterio de control de calidad (modo **Caudal** o **General**)



Pulse **1** para establecer **Aviso SNR**.

Pulse **2** para establecer **Aviso  $\sigma V$** .

Pulse **3** para establecer **Aviso Picos**.



Pulse **4** para establecer el **Ángulo Máximo de Velocidad**.

- *Ajustes de Caudal (Definición de Parámetros <5>).*

El menú de **Ajustes de Caudal** especifica los ajustes para el cálculo de caudal.



Pulse **1** para establecer la Ecuación que utilizará para medir el caudal: **Media**, **Promedio**, o **Japón**.

Pulse **2** para cambiar **Repetir Calado** entre el modo **SI/NO**.

- Se usa normalmente sólo con la ecuación de caudal **Japón**.

Pulse **3** para cambiar **Repetir Velocidad** entre el modo **SI/NO**.

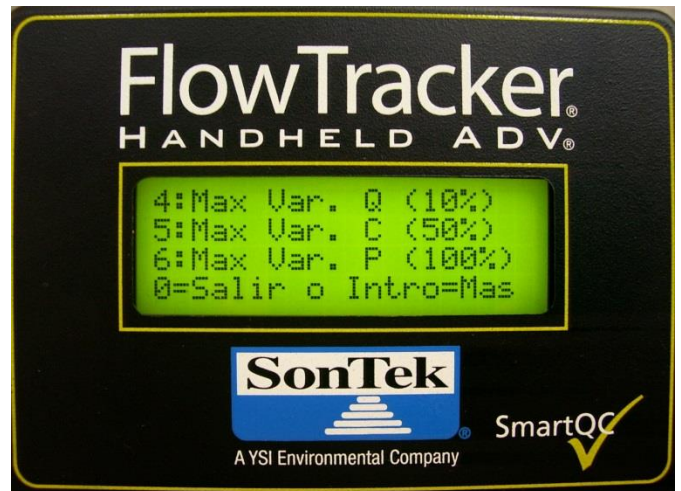
- Se usa normalmente sólo con la

ecuación de caudal **Japón**.

Pulse **4** para establecer la **Máxima Variación de Caudal**.

Pulse **5** para establecer la **Máxima Variación de Calado**.

Pulse **6** para establecer la **Máxima Variación de Posición**.





Pulse **7** para establecer el valor de **Referencia** de caudal.

- El caudal de estación (%Q) se calcula partiendo del caudal **Estimado o Medido**.

Pulse **8** para seleccionar el **Método Mostrado**.

- El FlowTracker admite varios métodos para determinar la velocidad promedio.
- Se selecciona los métodos a mostrar cuando se usan las teclas **Método +** y **Método -**.

Pulse **9** para ajustar el cálculo de la **Incertidumbre Estadística** de caudal.

- Se admiten dos métodos de cálculo de incertidumbre, **ISO** y **Estadístico**.

- *Ensayo Automático C.C. (Funciones de sistema <7>)*. Es una versión automatizada del software del *BeamCheck*.

Coloque el sensor en agua en movimiento lejos de obstáculos sumergidos.

La recolecta de datos y su análisis dura  $\approx 30$  segundos. Si se da alguna alarma, se le ofrece la opción de repetir el test.

- Recomendamos repetir el test una vez, después de la primera comprobación de que el sensor y el volumen de muestra están lejos de cualquier obstáculo sumergido.
- Si se dan múltiples alarmas, ejecute *BeamCheck* desde una PC para evaluar el funcionamiento del FlowTracker con más detalle.



- *Menú C.C.*

Las siguientes funciones del **Menú CC** están disponibles durante la recolecta de datos.

- Introducción de datos suplementarios.
  - Cada registro incluye nivel de escala, caudal estimado, hora/fecha y comentarios del usuario.
- Modificar **Ajustes C.C.**
- Modificar **Ajustes de Caudal** (solo en modo **Caudal**).
- Cambiar el tiempo de muestreo (**T. Muest.**) usado para cada medida.
- Mostrar **Diagnóstico de Datos de la Velocidad**.
- Ejecutar y grabar un **Ensayo Automático de C.C.** adicional.

Diagnósticos de Preutilización

El procedimiento requiere sólo de unos pocos minutos y puede realizarse en campo desde la interfaz del teclado numérico. Esto deberá hacerse antes de cada inicio de la medición.

Diagnósticos en campo:

- *Estado Recorder (Funciones del Sistema <2>).*



- Comprueba el espacio disponible; descargue datos y formatee la memoria cuando lo necesite.



- Dato Temperatura (Funciones del Sistema <4>).

- Compruebe la información de la temperatura para asegurarse que es razonable con el entorno.

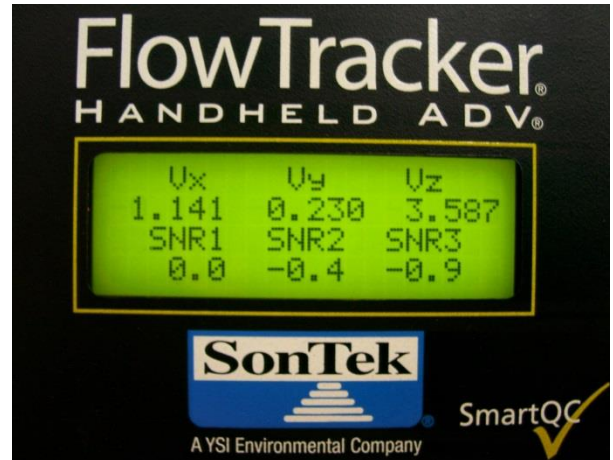
- Nivel Baterías (Funciones del Sistema <5>).

- Vida esperada para baterías nuevas (20°C; 70°F); el clima frío reduce su capacidad.

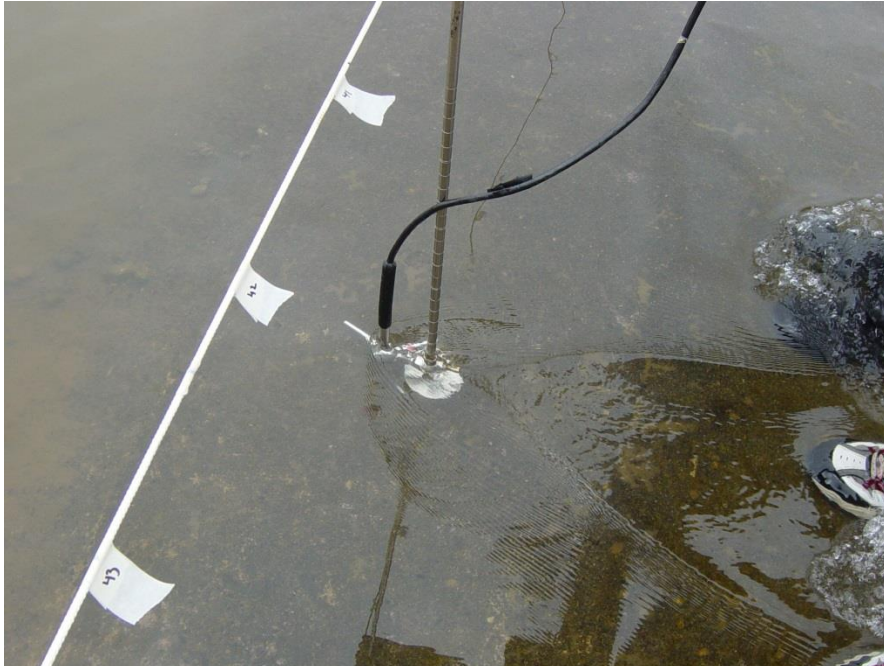
Alcalina: ≈25 horas  
NiMH: ≈15 horas  
NiCad: ≈7 horas



- Diagnóstico de Datos de Velocidad (Funciones del Sistema <6>).



- Coloque el sensor en el área a medir.



- Los datos de SNR idealmente deben encontrarse por encima de 10 dB, pero no por debajo de 4 dB.
- La información de la velocidad debe ser razonable con el entorno.



- Reloj (Funciones del Sistema <9>).

Compruebe que el reloj está ajustado correctamente.

Presione 1 para ajustar la fecha.

Presione 2 para hacer el ajuste de la hora y

Presione 3 para salir del submenú 'Reloj'.



También podrá verificar las operaciones del sistema con el procedimiento de diagnóstico *BeamCheck*. Se requiere de una computadora externa.

*BeamCheck*: Permite evaluar todos los aspectos del funcionamiento del sistema y debe ejecutarse antes de maniobras en campo de gran extensión.

## 2 MEDIDAS DE CAUDAL.

El **Modo Caudal** es para aplicaciones donde la meta principal es medir el caudal de un río/arroyo.

### 2.1 Ecuación de Cálculo de Caudal

El procedimiento básico para realizar medidas de caudal es el siguiente:

- Fije una línea de referencia graduada (cuerda) atravesando el río.
- En cada sección transversal, grabe la posición de la sección y el calado del agua, y recolecte medidas de la velocidad en uno o más calados para determinar la velocidad promedio.
- Mantenga perpendicular el eje X del sensor a la línea de referencia (Figura 5).
  - Sólo se usa la componente X de la velocidad ( $V_x$ ) para el cálculo de caudal.

El FlowTracker admite las siguientes ecuaciones para calcular el caudal: ecuación de **Sección Media**, ecuación de **Sección Promedio**, y la ecuación **Japón**.

#### Ecuación de la Sección Media

Es la ecuación por defecto (Figura 7) y es la más usada. Este método está descrito en los estándares ISO 748 (1997) y 9196 (1992).

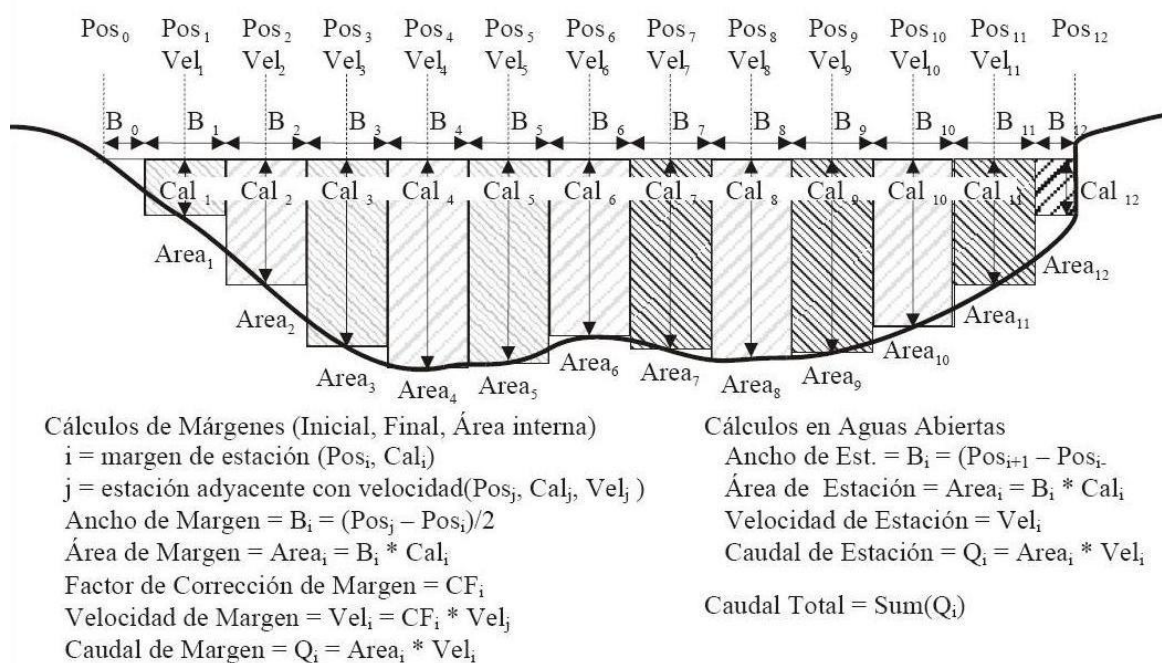
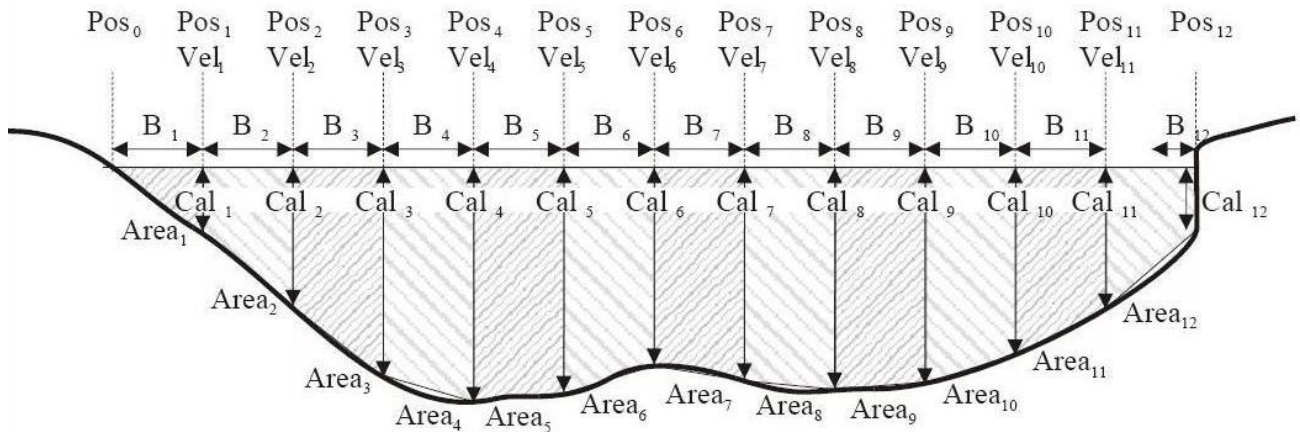


Figura. 8 Ecuación de la Sección Media.

### Ecuación de Sección Promedio

Esta ecuación (Figura 9) usa el mismo procedimiento de recolecta de datos que la ecuación de Sección Media, pero difiere en los detalles de cómo es calculado el caudal. Está descrito en los estándares ISO 748 (1997) y 9196 (1992).



#### Cálculos de Margen

Márgen inicial, segundo márgen del área interna

$$Q_0 = B_0 = Area_0 = 0.0$$

Márgen final, primer márgen del área interna

$i$  = Márgen de estación ( $Pos_i, Cal_i$ )

Ancho de Márgen =  $B_i = Pos_i - Pos_{i-1}$

Área de Márgen =  $Area_i = B_i * (Cal_i + Cal_{i-1}) / 2$

Factor de Corrección de Márgen =  $CF_i$

Velocidad de Márgen =  $Ve_i = CF_i * Vel_{i-1}$

Vel. Promedio de Márgen =  $PromedioV_i = (Vel_i + Vel_{i-1}) / 2$

Caudal de Márgen =  $Q_i = Area_i * Vel_i$

#### Cálculos en Aguas Abiertas

Ancho de Estación =  $B_i = Pos_i - Pos_{i-1}$

Área de Estación =  $Area_i =$

$$B_i * (Cal_i + Cal_{i-1}) /$$

Vel. Promedio de Est. =  $PromedioV_i =$

$$(Vel_i + Vel_{i-1}) / 2$$

Caudal de Estación =  $Q_i =$

$$Area_i * PromedioV_i$$

Caudal Total =  $Sum(Q_i)$

Figura. 9 Ecuación de la Sección Promedio.

## 2.2 Determinando la Velocidad Media de Estación (Método de Medida de Caudal).

El **Método** especifica cómo el FlowTracker determina la velocidad media para cada estación, suponiendo variaciones en el número y posición de las medidas de velocidad.

- La Tabla 2 describe todos los **Métodos** admitidos por el FlowTracker.
- Seleccione el método usando las teclas de **Método +** y **Método -**.
- Los **Métodos** con más de una medida pueden realizarse en cualquier dirección: desde la superficie hasta el fondo, o desde el fondo hacia la superficie.
- Si algún **Método** nunca va a usarse, puede especificar qué métodos mostrar.

- Pulse **9** en el menú **Ajustes de Caudal**.
- Todos los valores de calado se refieren desde la superficie del agua hacia abajo.
- El calado efectivo es el calado del agua menos el calado del fango (superficie del agua hasta el fondo del fango o hielo).

Tabla 2. Métodos de Velocidad Promedio del FlowTracker.

Método	Posición de la Medida	Ecuación de Velocidad Promedio
0.6	0.6 * calado	$V_{promedio} = V_{0.6}$
0.2/0.8 0.8/0.2	0.2 / 0.8 * calado	$V_{promedio} = (V_{0.2} + V_{0.8}) / 2$
0.2/0.6/0.8 0.8/0.6/0.2	0.2 / 0.6 / 0.8 * calado	$V_{promedio} = (V_{0.2} + 2*V_{0.6} + V_{0.8}) / 4$
Hielo 0.6	0.6 * calado efectivo	$V_{promedio} = 0.92 * V_{0.6}$ (El FC 0.92 puede cambiarlo)
Hielo 0.5	0.5 * calado efectivo	$V_{promedio} = 0.89 * V_{0.5}$ (El FC 0.89 puede cambiarlo)
Hielo 2/8 Hielo 8/2	0.2 * calado efectivo 0.8 * calado efectivo	$V_{promedio} = (V_{0.2} + V_{0.8}) / 2$
Kreps 2- Kreps 2+	0.0 (cerca de la superficie) 0.62 * calado	$V_{promedio} = 0.31 * V_{0.0} + 0.634 * V_{0.62}$
5 Puntos- 5 Puntos+	0.0 (cerca de la superficie) 0.2 / 0.6/0.8 * calado 1.0 (cerca del fondo)	$V_{promedio} = (V_{0.0} + 3*V_{0.2} + 3*V_{0.6} + 2*V_{0.8} + V_{1.0}) / 10$
Múltiple	Cualquier número de puntos a calados especificados por el usuario	Medida integrada a la velocidad
Ninguna	No hay medida de velocidad	$V_{promedio} = FC * V_{adyacente}$
Fijar V	Utiliza velocidad introducida	$V_{promedio} = V_{Fijar}$ Puede introducir una velocidad estimada cuando las medidas de velocidad no sean posibles (por ejemplo: debido al crecimiento de la vegetación a la largo de la orilla de un río)

Existen casos especiales a considerar:

**Método Ninguno.** Se usa en dos situaciones diferentes.

- No es posible medir la velocidad se estima de una estación o estaciones adyacentes.
- Para especificar las orillas de un área interna (*para un río de canal múltiple*).

Si sólo se graba una estación en **método Ninguno**, se asume que no era posible realizar la medición. La velocidad para esta estación se basa en estación o estaciones adyacentes multiplicados por el factor de corrección (**FC**) especificado por el usuario para esta estación. El **FC** por defecto es 1.00.

Si se graban dos estaciones juntas en **método Ninguno**, se asume que representan un área interna y se calcula el caudal.

**Método Múltiple.** Este método le permite hacer cualquier número de medidas de velocidad.

- Introduzca manualmente la medida de calado usando la tecla de **Fijar Cal. Med.** La medida de calado debe indicar la distancia que hay sobre el fondo.
- Cuando todas las medidas estén realizadas, pulse **Final de Sección** o **Cancelar** para terminar con la estación.
- La velocidad promedio se calcula integrando todas las medidas de velocidad (Figura 10).
- Si se realizan múltiples medidas en la misma medida de calado, se calcula su media antes de la integración de velocidades.

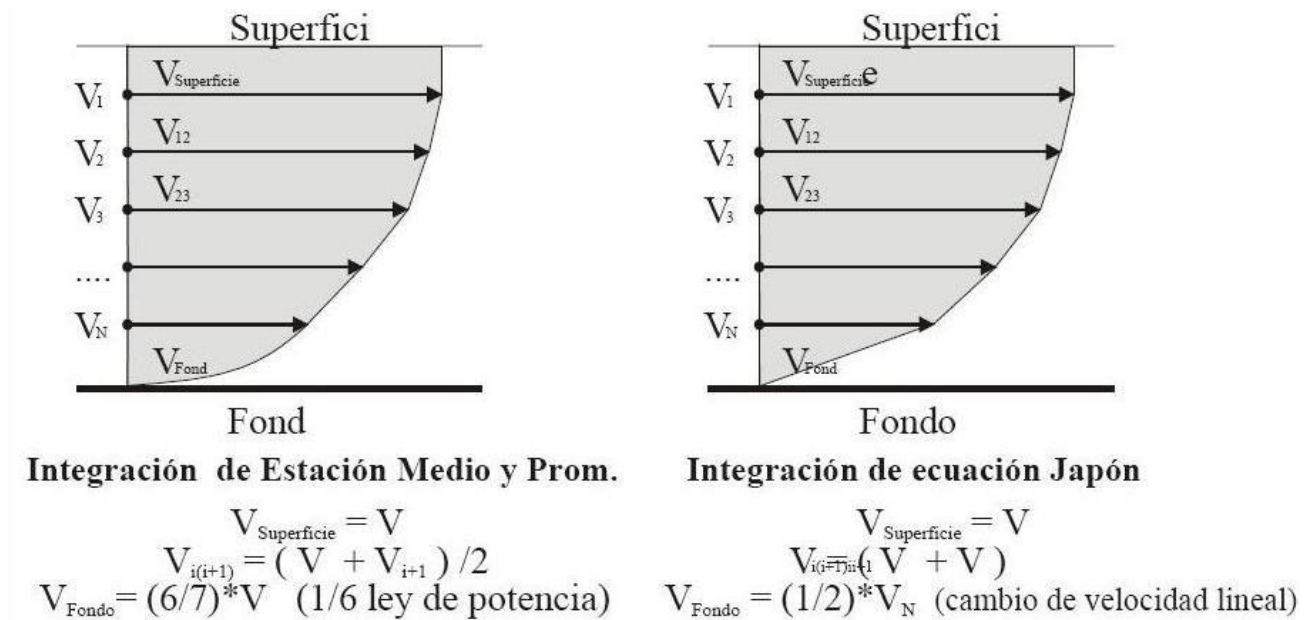


Figura. 11 Integración de Velocidad Promedio de Múltiples puntos.

**Factor de corrección (FC)**

- El **FC** es un parámetro proporcionado por el usuario y usado para escalar la velocidad de la estación.
- El **FC** se usa en márgenes, áreas internas y otras estaciones del *método Ninguno*.
- El valor **FC** por defecto es 1.00 pero se permite cualquier valor dentro del rango -1.00 a 1.00, excepto el 0.0.
- El **FC** puede introducirse para cualquier estación, la velocidad promedio se multiplicará por él.
- En arroyos muy estrechos, un posible uso del **FC** es cerca de los márgenes. Para permitir medidas muy cercanas al margen la orientación del sensor se puede invertir 180° debiendo introducir un **FC** de -1.00 para corregir la velocidad X del FlowTracker.
- Un uso incorrecto de este parámetro afectará a la medida final de caudal.

### 2.3 Cálculo del Error de Caudal.

El FlowTracker estima el error de cada medida de caudal. Este cálculo puede realizarse de dos formas diferentes: **Estadístico** o **ISO**.

- El cálculo del error **Estadístico** (abreviado **Stats**) es el cálculo por defecto ya que proporciona el indicador más fiable para medidas de calidad.
- El método **ISO** está basado en el estándar internacional. Proporciona a los usuarios los resultados de una técnica estándar y publicada; sin embargo, en muchos casos este cálculo no provee un indicador fiable de calidad de datos.

Los cálculos de error se basan en diferentes parámetros. Además de totalizar el error, el FlowTracker también examina la contribución de cada parámetro.

**Precisión:** Precisión de la velocidad del FlowTracker (generalmente despreciable).

**Calado:**

- En el cálculo **Estadístico**, este término incluye el error en la medida de calado y el error del efecto de los cambios de calado entre estaciones.
- En el cálculo **ISO**, este término incluye solo el error en medidas de calado.

**Velocidad:**

- En el cálculo **Estadístico**, este término incluye el error en la medida de velocidad y el error del efecto de los cambios de velocidad entre estaciones.
- En el cálculo **ISO**, este término incluye solo el error en medidas de velocidad.

**Ancho:**

- En medidas de anchura el Error es estimado.

**Método:** método de medida de caudal.

- Sólo se usa en el método **ISO**.

**Número de estaciones:**

- Sólo se usa en el método **ISO**.

En la pantalla de tiempo real del FlowTracker, el error se muestra junto con el caudal calculado; también se muestra individualmente la fuente de mayor error. El software del FlowTracker muestra ambos cálculos de error y la contribución de cada parámetro al error total.

#### 2.4 Procedimiento de Recogida de Datos de Caudal.

Esta sección resume el procedimiento típico en la recogida de datos en el **Modo Caudal**. La secuencia real de pasos puede variar dependiendo de su aplicación. La Tabla 3 ofrece las variables que se muestran en la pantalla durante la recogida de datos.

Tabla 3. Datos de Variables Recolectadas y Mostradas

Nivel	Descripción	Inglés	Métrico
<b>QEstim</b>	Caudal estimado (introducido por el usuario)	ft <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
<b>QTotal</b>	Caudal calculado (basado en las medidas del FlowTracker)	ft <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
<b>Pos</b>	Posición	ft	m
<b>Cal</b>	Calado	ft	m
<b>0.6, 0.2/0.8, etc.</b>	Método de velocidad.	-	-
<b>0.6(0.32)</b>	Calado de la medida. Por ejemplo: <b>0.6</b> indica 0.6 * calado bajo la superficie. El calado real (entre paréntesis). Desde el fondo hacia arriba, e incluye (si lo hay) el efecto del hielo.	ft	m
<b>Vel</b>	Componente X de la velocidad	ft/s	m/s
<b>SNR</b>	Relación señal/ruido.		
<b>Hora</b>	Tiempo medio restante		
<b>σV</b>	Error estándar de la velocidad.	ft/s	m/s
<b>Picos</b>	Número de picos quitados al promedio.	-	-
<b>LCC</b>	Límites CC.	-	-
<b>NP</b>	Número de puntos recogidos		
<b>Ang</b>	Ángulo de la corriente relativa a la dirección X.	°	°
<b>QEst</b>	Caudal de estación	ft <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
<b>VEst</b>	Velocidad promedio de estación.	ft/s	m/s
<b>%Q</b>	Caudal de estación como porcentaje de cualquier tipo o medida de caudal, basado en el valor <b>Referencia</b> de caudal.	%	

Los siguientes pasos describen la secuencia de recolecta de datos en **Modo Caudal**.

1. Ejecute los diagnósticos de pre utilización antes de llevar el instrumento al campo.
2. Verifique la **Definición de Parámetros**.
3. En el **Menú Principal**, pulse **3** para **Iniciar Medida**.
4. Especifique el nombre del archivo y su extensión (o pulse **Cancelar** o **Final de Sección** para volver al **Menú Principal**).
5. Introduzca la posición y el nombre del operador; estos valores son opcionales y se usan para documentar la colección de datos.
6. En cualquier momento, presione **Menú CC** para acceder a la variedad de funciones especiales.
7. Se le da la opción de llevar a cabo un ensayo automático de CC.

- Pulse **1** para ejecutar el ensayo automático CC, y siga las instrucciones de la pantalla.
  - Pulse **2** para omitir el ensayo y comenzar con la recolecta de datos.
8. En la pantalla se muestra la información del margen de inicio.
- Pulse **Fijar Posición** para fijar la posición del margen de inicio (**Pos**).
  - Pulse **Fijar Calado** para fijar el calado del agua del margen de inicio (**Cal**).
  - Pulse **Factor Correc.** para fijar cualquier factor de corrección requerido (**FC**).
  - Pulse **margen I/margen D** para elegir el margen de inicio del agua (izquierdo o derecho).
  - Cuando haya terminado, pulse **Estación Siguiente** para continuar.
9. Se muestra la información de estación.
- Pulse **Fijar Posición** para fijar la posición de la estación (**Pos**).
  - Pulse **Fijar Calado** para fijar el calado del agua (**Cal**).
  - Use **Método+** y **Método-** para seleccionar el método usado para la velocidad en cada estación.
10. Cuando todos los valores estén especificados y el sensor esté en posición, pulse **Medir**.
11. Cuando la estación se ha completado, se muestra un resumen de los datos de velocidad y de control de calidad.
- Los datos automáticamente son examinados utilizando varios criterios de control de calidad. Si algún dato se encuentra fuera de los valores esperados, se emite una alarma.
  - Los valores representan el promedio de todos los datos después de quitar los datos pico.
  - Pulse **1** para aceptar la medida y seguir adelante con la siguiente medición.
  - Pulse **2** para repetir la medición (usando el mismo número de estación).
12. Si hay más de una medición en cada estación (ejemplo: método 0.2/0.8), el sistema procede a la siguiente medida de la serie (ejemplo: 0.8).
- Con **Múltiple**, el FlowTracker admite cualquier número de medidas para cada estación.
  - Cuando la última medida se ha completado, pulse **Final de Sección** o **Cancelar** para finalizar esa estación.
13. Cuando una estación se ha completado, el FlowTracker muestra la siguiente estación. Repita los pasos del 9 al 12 para añadir más estaciones.
14. Entre las estaciones, puede utilizar la tecla **Estación Siguiente/Anterior** para desplazarse por las estaciones completadas.
- Las estaciones se colocan por orden de posición y así se muestran.
  - Hay cuatro pantallas disponibles para cada estación completada; pulse **Intro** para desplazarse a través de las pantallas.
  - Use **Calcular Caudal**. Para ver el caudal total (**QTotal**) para todas las estaciones completadas. Éste es un cálculo temporal y no afecta a la recolecta de datos que se esté realizando.
15. Si se desea, se puede borrar o repetir una estación.
- Para borrar una estación existente:
    - Utilice las teclas **Estación Siguiente** y **Estación Anterior** para moverse hasta la estación deseada.
    - Pulse la tecla **Borrar**; cuando se le pregunte, introduzca **123** para confirmar el borrado.



- Para repetir una medida:
  - Primero, borre la estación deseada.
  - Introduzca la posición, calado y método de medida para la estación que hay que repetir.
  - La información de la nueva estación se coloca automáticamente en la posición correcta basándose en el valor de la posición.
- 16. Cuando todas las estaciones estén completas pulse la tecla **Final de Sección**.
  - El FlowTracker examina todos los datos usando varios criterios de control de calidad.
  - Cuando el examen está completo, se muestra la pantalla de margen final.
  - Se puede usar **Estación Siguiente** y **Estación Anterior** para ver/editar otras estaciones.
    - Para añadir una nueva medida, pulse la tecla **Medir** y confirme cuando se le pregunte que quiere reabrir el archivo y añadir medidas.
  - Cuando esté listo, pulse **Calcular Caudal** para completar los cálculos de caudal y cerrar el archivo.
- 17. Después de que los cálculos finales de caudal estén completos, hay nueve pantallas de datos disponibles.
  - Pulse **Intro** para moverse entre las diferentes pantallas (Tabla 4).
  - Pulse **Estación Anterior** desde cualquier pantalla resumen del archivo para ver los datos de la estación; muévase a través de los datos de todas las estaciones usando las teclas **Estación Siguiente** y **Estación Anterior**.
- 18. Pulse **0** para volver al menú principal.

**IMPORTANTE:** Vuelva el Menú Principal antes de apagar el sistema para grabar todos los datos.

Tabla 4. Detalle de Datos de Pantallas de Revisión.

<b>Label</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad Inglesa</b>	<b>Unidad Métrica</b>
QEstim	Caudal estimado	ft <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
QTotal	Caudal calculado	ft <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Q Incertid.	Incertidumbre de caudal	%	%
Estaciones	Número total de estaciones (incluyendo márgenes)		
V Prom	Velocidad promedio (igual a caudal/área)	ft/s	m/s
V Max	Velocidad máxima de caudal	ft/s	m/s
Ancho	Ancho total	ft	m
Área	Área total	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Calado Prom	Calado promedio del río (área/calado)	ft	m
Calado Max	Máximo calado de estación	ft	m
SNR Prom	Promedio de la relación señal / ruido.	dB	dB
σV Prom	Error estándar medio de velocidad.	ft/s	m/s
Temperatura	Temperatura media del agua	°F	°C
Altura Final / Inicial, Cambio	Valores inicial y final del nivel de escala, y la diferencia entre los dos.	ft	m
Estación	Nombre del lugar		
Operador	Nombre del operador		

### 3 FUNCIONAMIENTO EN MODO GENERAL.

La recolecta de datos en **Modo General** es para aplicaciones que necesiten una sucesión de medidas corrientes en lugares diferentes, pero que no requieran un cálculo de caudal.

Los siguientes parámetros se graban con cada medida (ninguno es obligatorio).

- Número de estación (generado automáticamente)
- Dos variables de posición (**P1** y **P2**)
- Calado del agua (**Cal**)
- Medida de calado (**CalM**)

Resumen del procedimiento típico cuando se recogen datos en **Modo General**; la secuencia de pasos que use puede variar dependiendo de su aplicación. La Tabla 5 enumera los ítems mostrados en la pantalla durante la recolecta de datos.

Tabla 5. Detalles de Pantalla de la Recolección de Datos (Modo General).

Label	Descripción	Inglés	Métrico
Est	<b>Est</b> -Número de estación		
P1	Valor de la posición 1	ft	m
P2	Valor de la posición 2	ft	m
Cal	Calado del agua	ft	m
CalM	Calado medido	ft	m
Vx	Velocidad X	ft/s	m/s
Vy	Velocidad Y	ft/s	m/s
Vz	Velocidad Z	ft/s	m/s
SNR	Relación señal / ruido (promedio de todos los receptores)	dB	dB
Hora	Tiempo medio restante		
$\sigma V$	Error estándar de velocidad	ft/s	m/s
Picos	Número de picos editados como promedio		
LCC	Valor de los límites de control de calidad		
NP	Número de puntos recogidos (puede diferir del tiempo de muestreo si se usa la tecla <b>Cancelar</b> )		

Los siguientes pasos describen la secuencia de recolecta de datos en **Modo General**.

1. Realice un diagnóstico de pre-utilización antes de llevar el instrumento al campo.
2. Verifique la **Definición de Parámetros**.
3. Desde el **Menú Principal**, pulse **3** para **Iniciar la medición**.

4. Especifique el nombre y la extensión (o pulse **Cancelar** o **Final de Sección** para volver al **Menú Principal**).
5. Introduzca el lugar y el nombre del operador; éstos son valores opcionales que sólo se usan para documentar los datos.
6. En cualquier momento, pulse **Menú CC** para acceder a una variedad de funciones especiales.
7. Se le da la opción de realizar un ensayo automático de CC.
  - Pulse **1** para realizar el ensayo automático de CC, y siga las instrucciones que aparecen en pantalla.
  - Pulse **2** para evitar el ensayo y comenzar con la recogida de datos.
8. La información de la estación se muestra.
  - Pulse **Fijar Posición** para fijar los valores de la posición 1 (**P1**) la posición 2 (**P2**).
  - Pulse **Fijar Calado** para fijar el calado del agua (**Cal**).
  - Pulse **Fijar Cal. Med.** para fijar el calado medido (**CalM**).
  - Cuando el sensor esté colocado en la estación deseada, pulse **Medir** para iniciar la recolecta de datos.
9. Cuando la estación está completa, se muestra un resumen de los datos de velocidad y control de calidad.
  - Pulse **1** para aceptar la medida y seguir con la siguiente estación.
  - Pulse **2** para repetir la medida (usando el mismo número de estación).
10. Cuando una medida se acepta, el FlowTracker muestra la siguiente estación. Repita los pasos 6 a 9 para añadir nuevas estaciones.
11. Use las teclas **Estación Siguiente/Anterior** para moverse a través de las estaciones completadas. Existen tres pantallas para cada estación que se ha completado; pulse **Intro** para moverse de una pantalla a otra.
12. Cuando todas las estaciones estén completas, pulse **Final de Sección** para cerrar el archivo y ver un resumen de los datos.
  - Pulse **Intro** para moverse entre las pantallas resumen del archivo (abajo y Tabla 6).
  - Pulse **Estación Anterior** desde cualquier pantalla resumen del archivo para ver los datos de la estación; desplácese a través de los datos de la estación usando las teclas **Estación Siguiente** y **Estación Anterior**.
  - Cuando termine, pulse **0** para salir y volver al menú principal.
  - Vuelva al Menú Principal antes de apagar el sistema para asegurar que todos los datos se hayan grabado.

Tabla 6. Detalles de las Pantallas Resumen (Modo General)

<b>Label</b>	<b>Descripción</b>	<b>Inglés</b>	<b>Métrico</b>
<b>Estaciones</b>	Número total de estaciones (incluyendo márgenes)	-	-
<b>Estación</b>	Nombre de la estación	-	-
<b>Operador</b>	Nombre del operador	-	-
<b>Vx Prom</b>	Promedio de la velocidad X	ft/s	m/s
<b>Vy Prom</b>	Promedio de la velocidad Y	ft/s	m/s
<b>Vz Prom</b>	Promedio de la velocidad Z	ft/s	m/s
<b>Vx Min</b>	Velocidad X mínima	ft/s	m/s
<b>Vy Min</b>	Velocidad Y mínima	ft/s	m/s
<b>Vz Min</b>	Velocidad Z mínima (si está presente)	ft/s	m/s
<b>Vx Max</b>	Velocidad X máxima	ft/s	m/s
<b>Vy Max</b>	Velocidad Y máxima	ft/s	m/s
<b>Vz Max</b>	Velocidad Z máxima (si está presente)	ft/s	m/s
<b>SNR Prom</b>	Promedio de la relación señal / ruido	dB	dB
<b><math>\sigma_V</math> Prom</b>	Promedio del error estándar de velocidad	ft/s	m/s
<b>Temperatura</b>	Promedio de la temperatura del agua	°F	°C

## 4 SOFTWARE PARA WINDOWS DEL FLOWTRACKER.

---

El software del *FlowTracker* está planeado para ser auto explicativo. El software se encuentra en el CD que se incluye junto con el sistema, o puede ser descargado desde la página web de Son-Tek/YSI en [www.sontek.com](http://www.sontek.com).

Para instalar el software del *FlowTracker* en su computadora:

- Introduzca el CD en su computadora.
- Deberá aparecer automáticamente un menú de instalación.
- Seleccione **FlowTracker Software Installation** y siga las instrucciones.
- El software del *FlowTracker* es compatible con Windows 2000 y XP.

El software del *FlowTracker* cumple varias funciones.

- Descargue los archivos de datos usando **Recorder**.
  - Conecte el FlowTracker al puerto COM de su computadora y seleccione **Connect**.
- Exporte los archivos de datos y genere informes usando **Open a FlowTracker File**.
  - Elija las opciones de exportación de datos usando **Program Settings**.
  - Hay disponible varios formatos de salida; éstos son auto-explicativos e incluyen encabezados de columna.
    - **Informe HTML**: Un informe con formato para imprimir y ver fácilmente.
    - **ASCII Discharge File (.DIS)**: Resultados finales en un formato que es fácil de integrar con utilidades de bases de datos.
    - **ASCII Summary File (.SUM)**: Resumen de velocidad y control de calidad de los datos de todas las medidas.
    - **ASCII Raw Data File (.DAT)**: Datos de velocidad por segundo y SNR sin depurar.
    - **ASCII Control File (.CTL)**: Datos de configuración del sistema.
  - Exporte archivos de datos y genere informes de varios archivos usando **Open Many Flow- Tracker Files/Folders**.

Procedimientos detallados de diagnóstico del sistema usando **BeamCheck**.

- **BeamCheck** es un módulo usado para evaluar todos los aspectos de las operaciones del sistema.
- Conecte el FlowTracker al puerto COM de su computadora y seleccione **Connect**.

#### 4.1 Software de Diagnóstico (*BeamCheck*).

El *BeamCheck* (Figura 12) es un programa de diagnóstico que se usa para verificar el rendimiento del FlowTracker, le proporciona una herramienta potente para entender y verificar el rendimiento del sistema. Es recomendable que se familiarice con este software y lo use de forma regular.

Para ejecutar el *BeamCheck*:

Mantenga el FlowTracker en un cubo con agua (o en un medio ambiente natural) de forma que el sensor este sumergido y halla un límite (superficie, lado o fondo) a la vista.

- Idealmente, el límite debería estar a unos 20-30 cm. (8-12 in) del sensor.
- Es posible que necesite añadir una pequeña cantidad de material fino u otro producto de sedimentación y remover el cubo para tener unas buenas condiciones para el ensayo. El agua corriente del grifo normalmente no tiene suficientes sustancias dispersas para un ensayo válido.

Conecte el FlowTracker al PC y encienda el sistema.

Ejecute el software del *FlowTracker* (seleccione **Start** | **Programs** | **SonTek Software** | **FlowTracker**).

Seleccione **Connect**.

Seleccione **BeamCheck** en el lado izquierdo de la pantalla; ahora:

- Seleccione **Start**.
- Seleccione **Record** para grabar todos los datos en un archivo. Normalmente se necesitan un mínimo de 20 muestras para un análisis de datos adecuado.
- Seleccione **Averaging** para calcular la media de múltiples muestras juntas.

La Figura 12 muestra una pantalla de ejemplo.

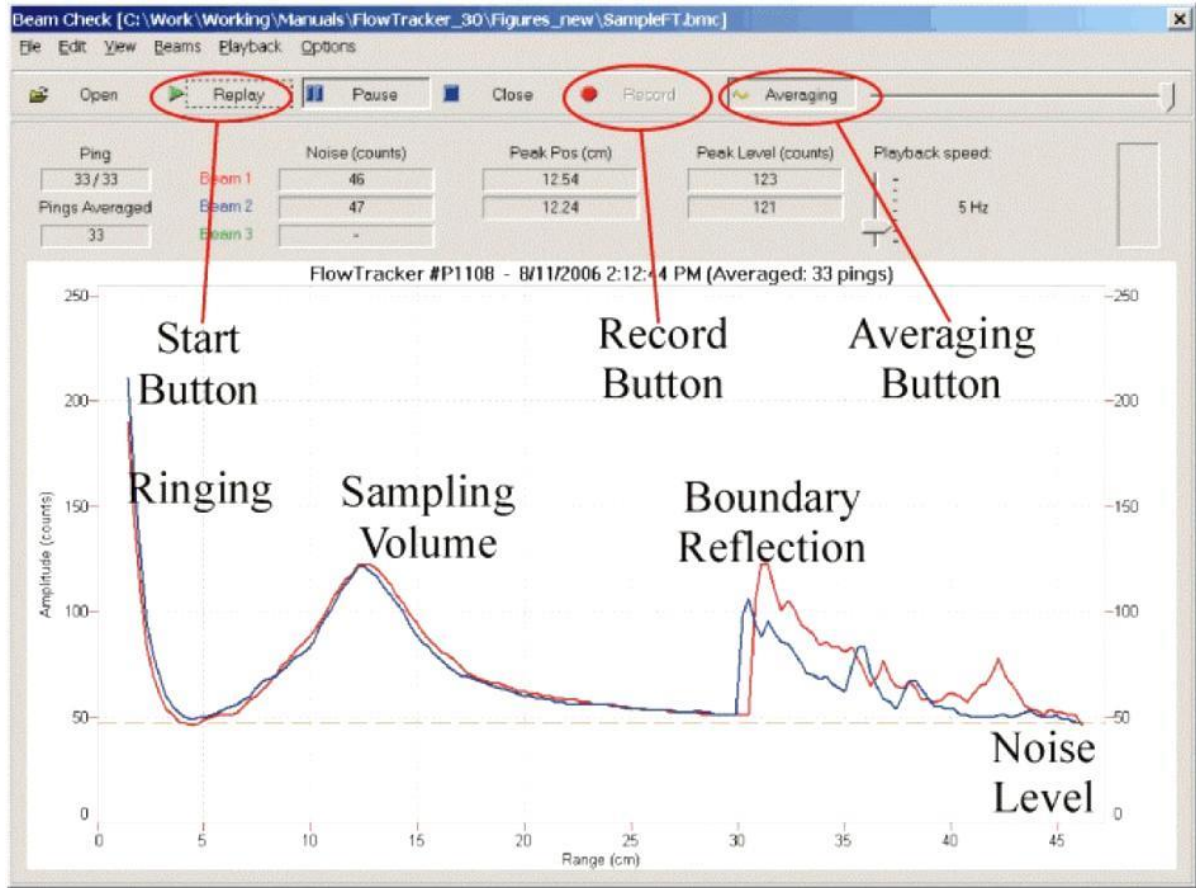


Figura. 12 Ejemplo de Pantalla de Salida de BeamCheck.

En el *BeamCheck*, el FlowTracker envía un pulso de sonido y muestra la fuerza de la señal de retorno para cada receptor en función del tiempo. Las características del perfil de la fuerza de la señal comprueban diferentes aspectos del funcionamiento del sistema (Figura 12).

- El eje horizontal indica la distancia desde el sensor del FlowTracker (en cm).
- El eje vertical está graduado en unidades de fuerza de señal llamadas counts (1 count = 0.43 dB).
- En el lado izquierdo de la gráfica aparece la oscilación transitoria (*Ringing*) del pulso en tránsito.
- La posición del volumen de muestreo (*sampling volume*) está indicada por un incremento en la fuerza de la señal en la parte de la curva con forma de campana.
  - La curva de volumen de muestreo corresponde al pulso en tránsito pasando a través del punto focal de los receptores.
  - El pico de esta curva corresponde al centro del volumen de muestreo.
  - La posición del volumen de muestreo varía, pero normalmente se encuentra entre los 10- 12 cm.
- Todos los receptores (2 o 3) deben ver el pico en la misma posición, aunque puede haber variaciones en la altura y perfil de la curva.



- Un pico afilado indica una reflexión límite (*boundary reflection*), si el límite está dentro de la escala.
  - Si el sensor está cerca a un límite, debería verse una reflexión afilada.
  - La forma y tamaño de esta reflexión puede variar dependiendo de la naturaleza del límite y de su distancia al FlowTracker.
- La fuerza de la señal disminuye a un nivel de ruido electrónico (*noise level*) pasado el límite.

Cuando esté usando el *BeamCheck*, es importante entender que la gráfica puede variar considerablemente dependiendo de la naturaleza de la dispersión acústica.

- Cada uno de los elementos señalados arriba deberían ser visibles (Figura 12).
- Si no se puede ver ningún pico de volumen de muestreo, pruebe añadiendo suciedad fina u otro material de grano fino y removiendo el agua para incrementar la fuerza de la señal.
- Si la gráfica del *BeamCheck* difiere significativamente del ejemplo mostrado, utilice el *Manual Técnico del FlowTracker* para obtener más detalles sobre cómo interpretar estos datos.

## 5 DATOS DE CONTROL DE CALIDAD (SmartQC) Y RESOLUCIÓN DE FALLAS.

### 5.1 Datos de Control de Calidad.

El FlowTracker graba datos de control de calidad (CC) con cada medida (Tabla 7). Los parámetros de CC son automáticamente examinados con cada medida y al completar una sección transversal de calado. Si algún valor excede el criterio previsto se da una alarma. La Tabla 8 muestra diferentes mensajes de alarma de CC y da guías para interpretar estos mensajes. Todos los criterios de examen de CC pueden ajustarse o deshabilitarse.

#### *Ajustando los Criterios de Control de Calidad*

Todos los criterios de control de calidad pueden modificarse o deshabilitarse. Para acceder a los ajustes de control de calidad:

- Desde el **Menú Principal**, pulse **1** para **Definir los Parámetros**.
- En **Def. Parámetros**, seleccione **4** para **Ajustes CC**.
  - **Umbral SNR, Umbral  $\sigma_V$ , Umbral Pico**.
- En **Def. Parámetros**, seleccione **5** para **Ajustes de Caudal**.
  - **Máxima Variación de Caudal, Máxima Variación de Calado, Máxima Variación de Posición, Máximo Angulo de Velocidad**.

Para deshabilitar cualquier criterio de CC, ajuste el parámetro a un valor de **0**.

Tabla 7. Parámetros de Control de Calidad

Parámetro	Descripción	Valores Previstos
SNR	<p><b>Es el parámetro más importante de CC.</b>  <b>Mide la fuerza de la reflexión acústica en las partículas del agua.</b>                      Sin suficiente SNR, el FlowTracker no puede medir la velocidad.</p>	<p>Ideal &gt; 10 dB</p> <p>Mínimo <math>\geq</math> 4 dB</p>
$\sigma_V$	<p><b>Error estándar de velocidad, es una medida directa de la precisión de los datos de velocidad.</b>                      Incluye los efectos de turbulencia en el río el error de instrumentación.</p>	<p>Típicamente &lt; 0.01 m/s (0.03 ft/s).</p> <p>Mayor en entornos turbulentos.</p>
Picos	<p>Los Picos en datos de velocidad del FlowTracker son eliminados usando un filtro de picos.                      Algunos picos son corrientes y no son causa de preocupación.                      Demasiados picos indican un problema en el entorno de la medida (ejemplo, interferencias por obstáculos o agua sumamente aireada).</p>	<p>Típicamente &lt; 5% del total de muestras.</p> <p>Debería ser &lt; 10% del total de muestras.</p>
Ángulo	<p><b>Es la dirección de la velocidad medida relativa al eje X del FlowTracker.</b>                      Sólo se usa en medidas de caudal.                      Un buen emplazamiento debería tener ángulos de velocidad pequeños.                      Pueden ser inevitables los ángulos grandes en algunos emplazamientos.</p>	<p>Ideal &lt; 20°</p>
%Q	<p><b>Es el porcentaje del caudal total una estación de medida.</b>                      La mayoría de las agencias tienen un criterio para el máximo %Q.</p>	<p>Criterio típico:                      Ideal &lt; 5%                      Máximo &lt; 10%</p>
Límites CC	<p><b>Evalúan el entorno de la medida respecto a la interferencia de obstáculos sumergidos.</b>                      Resultados REGULARES o MALOS pueden indicar una interferencia significativa de algún obstáculo sumergido.</p>	<p>EXCELENTE o BIEN</p>

Tabla 8. Mensajes de Alarma de Control de Calidad.

Alarma	Criterio CC	Descripción	Sugerencia de Acción
SNR Bajo	Ninguna	SNR < 4 dB	Mejore el SNR.
Distintas SNR	Umbral SNR	Diferencias de SNR en 2 rayos (Bm) distintos > Umbral SNR.	Busque obstáculos sumergidos; repita la medida. Revise el funcionamiento del sensor.
Variaciones En SNR	Ninguna	Los datos de un segundo de SNR varían más de lo esperado durante la medida. Puede indicar interferencias bajo el agua o un ambiente sumamente aireado.	Busque obstáculos sumergidos; repita la medida. Busque fuentes ambientales (e.g., agua aireada)
SNR Distinto	Umbral SNR	SNR mayor que el Umbral SNR de diferentes medidas anteriores; importantes cambios en las condiciones de medida.	Busque obstáculos sumergidos u otros cambios en el estado del río. Repita la medida.
Elevada $\sigma V$	Umbral $\sigma V$	$\sigma V > \text{Umbral } \sigma V$ ; basado en medidas de velocidad y datos previos. Puede indicar interferencias o ambiente muy turbulento.	Busque obstáculos sumergidos o un cambio en las condiciones. Tenga en cuenta los niveles reales de turbulencia del río. Repita la medida.
Picos Elevado	Umbral Picos	Picos > porcentaje de Umbral de Picos de las muestras. Puede indicar malas condiciones de medida.	Busque obstáculos sumergidos o condiciones inusuales (ejemplo: agua aireada). Repita la medida.
Ángulo Elevado	Máximo Ángulo de Velocidad	Ángulo > Máximo Ángulo de Velocidad. Puede indicar sólo un ambiente de medida no ideal.	Considere si el ángulo de medida es realista. Repita la medida.
Alto %Q	Máximo Caudal de Sección	%Q > Máximo Caudal de Sección. La estación contiene una gran proporción del caudal total.	Considere añadir más estaciones.
Valor de Calado Sospechoso	Máximo Cambio de Calado	El calado de la estación difiere de las estaciones adyacentes más del % Máximo Cambio de Calado. Esto puede indicar problemas en la entrada de datos.	Compruebe el valor del calado de la estación. Reintrodúzcalo si es necesario.
Valor Sospechoso de Posición	Máximo Cambio de Posición	El espacio entre estaciones ha superado el % Máximo Cambio de Posición. Esto puede indicar problemas en la entrada de datos.	Compruebe el valor de posición de la estación. Reintrodúzcalo si es necesario.
Posición Fuera de	Ninguna	La posición de la estación está fuera de secuencia o fuera del	Compruebe el valor de posición de la estación.

Secuencia / Posición Fuera del margen		margen del río. Puede indicar problemas en la entrada de datos.	Reintrodúzcalo si es necesario.
Límite CC Malo	Ninguna	El Límite CC es REGULAR o MALO. Indica posibles interferencias por obstáculos sumergidos.	Considere recolocar el sensor y repetir el ensayo. La medida se puede continuar si los resultados son coherentes.

## 5.2 Sedimentos.

Si los datos de velocidad aparecen con “ruido” la causa más común es un bajo SNR (una escasez de materia dispersa en el agua). Una inspección visual **NO** es un método aceptable para determinar la cantidad de partículas en el agua; no por estar muy turbia contiene necesariamente mucha materia dispersa. Si no está seguro de si la corriente está o no “demasiado transparente” para el FlowTracker, sencillamente colóquelo en el agua para verificar los valores de SNR.

- Si el SNR es demasiado bajo (< 4 dB), el FlowTracker no puede medir la velocidad con precisión.
- En la mayoría de las aplicaciones de campo, hay suficiente material disperso de forma natural.
- Los depósitos grandes de laboratorio pueden tener bajo SNR.
- Para verificar los requisitos, use el **Diagnóstico de Datos de Velocidad** desde el FlowTracker.
  - Ideal, SNR > 10 dB.
  - Como mínimo, SNR ≥ 4 dB.

## 6 LOS DATOS DE VELOCIDAD APARECEN CON RUIDO O POCO RAZONABLES.

Si los datos de velocidad del FlowTracker no parecen razonables, la lista siguiente le puede ayudar a establecer la fuente del problema.

- Bajo SNR es el problema más común.
- Inspeccione el FlowTracker para asegurarse que no haya residuos en el sensor.
- Compruebe que el soporte del FlowTracker es estable.
- Tenga en cuenta cualquier influencia del ambiente, particularmente interferencias en la corriente debidas a obstáculos o estructuras sumergidas.
- Considere el ambiente de la medición. Las aguas muy turbulentas o sumamente aireadas pueden afectar considerablemente al funcionamiento del FlowTracker.
- Considere la orientación del sensor respecto a la dirección de la corriente para asegurarse de que el sensor no está provocando interferencias en la corriente del volumen de muestreo.
- Ejecute el **BeamCheck**; esto puede dirigir todos los aspectos de funcionamiento del FlowTracker.

# **VELOCÍMETRO DOPPLER**

**OTT**

**Coordinación de Hidráulica**

## INDICE

<b>1. Velocímetro Doppler OTT ADC.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Descripción del Medidor .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1. Componentes del Sistema.....</b>	<b>1</b>
<b>2.2. Teclas de operación o mando .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Interfaces e interruptor del mando portátil.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Preparación del OTT ADC .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Carga de las baterías.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Puesta en servicio del mando portátil.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3. Configuración del mando portátil.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3.1. Montaje del mando portátil en la barra de vadeo.....</b>	<b>10</b>
<b>3.4. Puesta en servicio del sensor .....</b>	<b>11</b>
<b>3.5. Conexión del sensor al mando portátil .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Realización de un aforo.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1. Comprobación del equipo de medición .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. Preparación de la estación de aforo.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.1. Establecimiento de la sección transversal de aforo.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.2. Determinación de las verticales.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3. Ejecución de la medición .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.1. Calibración de la medición de la profundidad .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.2. Ajustes básicos para medir el gasto.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.3. Medición del gasto.....</b>	<b>15</b>
<b>4.3.4. Cancelación de la medición.....</b>	<b>16</b>
<b>5. Recuperación a la computadora.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1. Funciones del menú del mando portátil. Menú principal.....</b>	<b>17</b>
<b>5.2. Menú Medición del Gasto.....</b>	<b>17</b>
<b>6 Calidad de los datos.....</b>	<b>33</b>
<b>6.1 Ángulo de flujo .....</b>	<b>33</b>
<b>6.2 Compensación de la temperatura .....</b>	<b>34</b>
<b>6.3 Calibración de la medición de la profundidad.....</b>	<b>35</b>
<b>7. Software OTT QReview.....</b>	<b>35</b>
<b>7.1 Requisitos del Sistema .....</b>	<b>35</b>
<b>7.2 Instalación de los controladores de dispositivos USB y Software.....</b>	<b>35</b>
<b>7.3 Instalación de los controladote del mando portátil .....</b>	<b>35</b>
<b>7.3.1. Pasos de instalación.....</b>	<b>35</b>
<b>7.3.2 Instalación del Software .....</b>	<b>36</b>
<b>7.3 Trasmisión de datos a la computadora.....</b>	<b>36</b>
<b>7.4 Manejo posterior de los datos y exportación.....</b>	<b>36</b>
<b>7.5 Funciones de Menú OTT QReview .....</b>	<b>37</b>

## **1. Velocímetro Doppler OTT ADC.**

Es un medidor de corriente acústico para medir velocidades por puntos en cauces descubiertos (por ejemplo: ríos, arroyos y canales de riego). Una celda de medición de la presión integrada en el sensor permite determinar automáticamente la profundidad del agua en las perpendiculares de medición y la profundidad de inmersión del aparato.

El OTT ADC puede sujetarse con facilidad a distintas barras de medición con ayuda de adaptadores.

Todos los datos de medición importantes se despliegan en la pantalla gráfica de un dispositivo ligero de mando.

El software de operación guía al usuario paso a paso de una orilla a otra y determina automáticamente el flujo al final de cada medición.

## **2. Descripción del Medidor**

### **2.1. Componentes del Sistema.**

El OTT ADC está compuesto principalmente de los siguientes elementos:

- Sensor
- Mando portátil

Además de los siguientes elementos auxiliares:

- + Un adaptador para sujetar el mando portátil
- + Una barra para sujetar el sensor (puede ser telescópica con graduación)
- + Un cargador y,
- + Los cables de conexión para conectar el mando portátil al sensor y a la computadora.

**IMPORTANTE: Los números de serie del Sensor y del Mando portátil deben coincidir por lo que sólo deberá emplear elementos con el mismo número.**

**El mando portátil contiene datos de calibración para el sensor de temperatura y la celda de medición de presión del sensor correspondiente.**



## Sensor.

Es el elemento principal del OTT ADC (Figura 1). Tiene piezas importantes, necesarias para medir la velocidad, la profundidad y temperatura del agua. Consta de lo siguiente:

- Cabezal del sensor con dos convertidores ultrasónicos integrados y sensor de temperatura.
- Cuerpo del sensor con celda de medición de presión integrada y conector para el cable del sensor
- Adaptador para el soporte de la barra con casquillo de sujeción.

**El núm. de serie del sensor está grabado en la sección trasera del cuerpo del sensor**

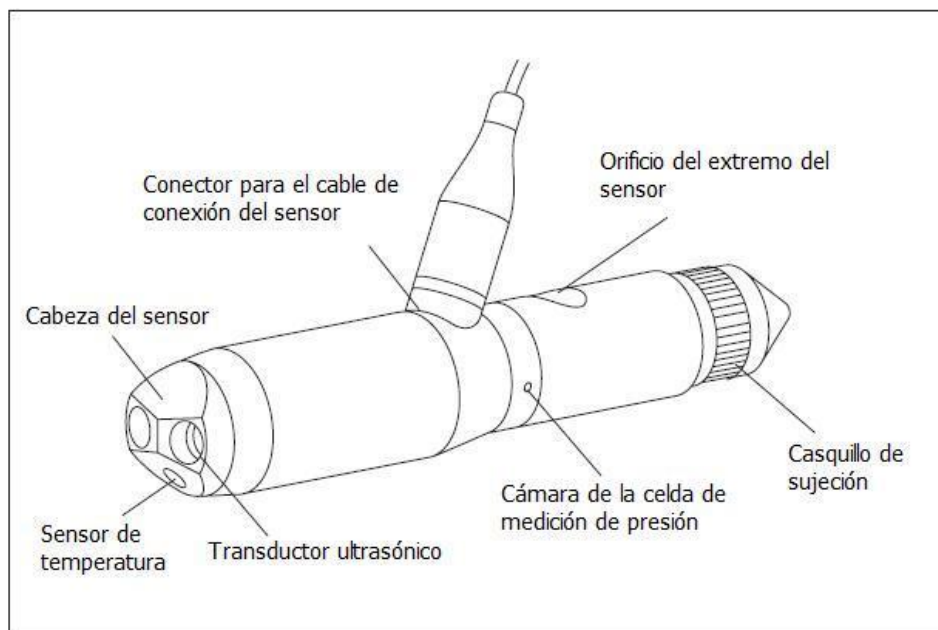


Figura 1. Componentes del sensor

El cable de conexión está unido de modo fijo al cuerpo del sensor. Éste sirve para conectar al mando portátil para la transmisión de datos y el suministro de corriente (Figura 2).

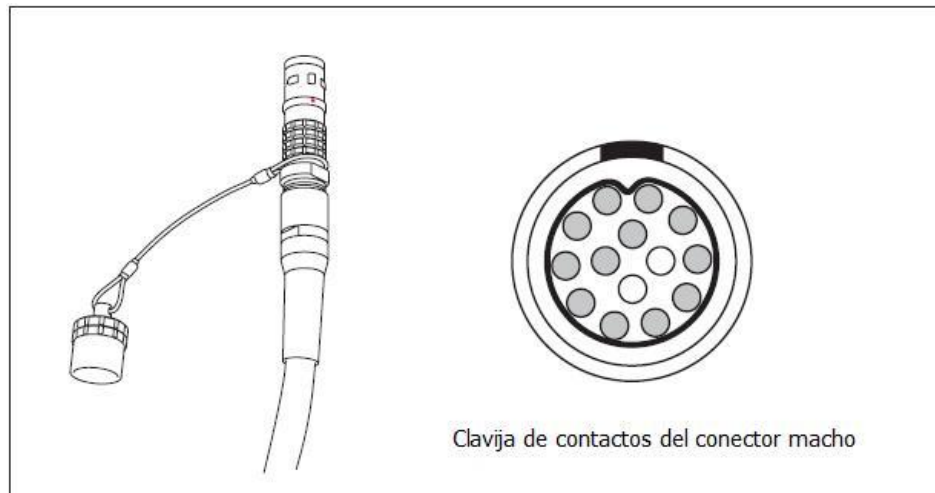


Figura 2. Conector para la conexión del cable del sensor

**Mando Portátil.** Es la interfaz entre el usuario y el sensor, en el se introducen los parámetros necesarios de la estación y el método de medición. La interfaz gráfica del mando guía al usuario a través de la medición y le ofrece información de la misma.

El mando portátil consta de:

- Tarjeta digital para el procesamiento de las señales recibidas
- CPU para el procesamiento y salida de los datos
- Paquete de batería montado de modo fijo (batería recargable) para el suministro de corriente
- Cargador
- Pantalla
- Teclado
- Altavoz para sonidos de las teclas y señales de respuesta
- Interfaces para la comunicación con el sensor y para la transferencia de datos con la computadora
- Interruptor de encendido y apagado

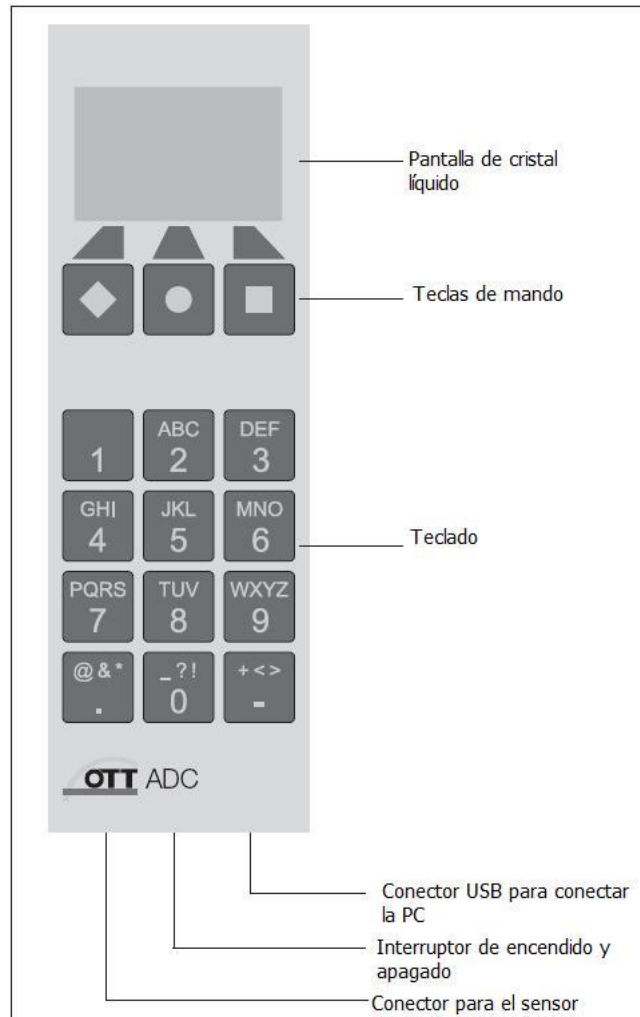


Figura 3. Mando Portátil

**El número de serie está impreso en la placa de características en el dorso del mando portátil. También puede consultar el número a través del menú.**

### Pantalla de visualización.

En la interfaz gráfica de la pantalla del mando se muestran los datos memorizados y la información actual de la medición que se está realizando.

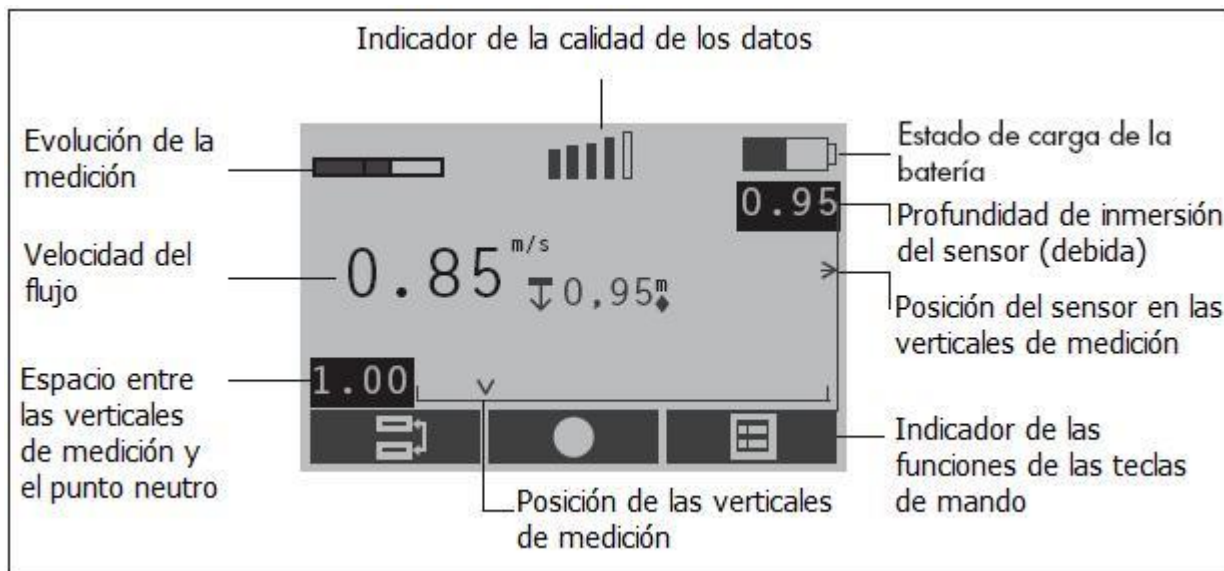
















Figura 4. Pantalla de visualización.

Se muestra el significado de los símbolos que se muestran en la pantalla de visualización.

	Estado de carga de la batería		Espacio entre la vertical de medición y el punto cero de la sección
	Indicador de la calidad de los datos		Posición de la vertical de medición
	Evolución de la medición		Posición del sensor en la vertical de medición (real)
	Temperatura del agua		Posición del sensor en la vertical de medición (valor programado)
	Tensión de alimentación de la batería		Profundidad de inmersión del sensor (real)
	Velocidad del flujo		Indicador: mantenga el sensor en la posición actual (profundidad de inmersión)
	Sin señal (parpadea)		Indicador: posicione el sensor más arriba/más abajo

**Unidades:** Las profundidades y las distancias se miden básicamente en metros (m) o en pies (ft). Debe determinarse la unidad en la configuración en el mando portátil.

El agua y el sensor de profundidad así como distintas posiciones y distancias se muestran sin unidades en pantallas separadas.

## 2.2. Teclas de operación o mando

Con la ayuda de las teclas de operación puede controlar la secuencia del menú o borrar caracteres existentes en los *campos de entrada*. La función de las teclas de operación (Figura 5) depende de la situación actual del mando. Ésta se mostrará directamente en la pantalla sobre la tecla correspondiente.













	Visualizar menú principal		Ir al menú anterior
	Ok y continuar		Borrar caracteres (en el campo de entrada)
	Borrar o cancelar		Confirmar datos (en el campo de entrada)
	Ir hacia arriba/abajo (en menús y listas de varias partes)		Visualizar ayuda
	Cambiar entre dos presentaciones de una pantalla		Comenzar la medición

Figura 5. Funciones de las teclas de operación.

Puede introducir los caracteres (como, los nombres de los archivos) ó dependiendo de la situación operativa, puede introducir valores numéricos o alfanuméricos en el respectivo campo de entrada mediante el teclado del mando.

- Valores numéricos: pulse una vez la tecla correspondiente.
- Valores alfanuméricos: pulse 1,2,3 ó 4 veces la tecla correspondiente hasta que aparezca en la pantalla la letra deseada.

### 2.3. Interfaces e interruptor del mando portátil.

En la parte inferior del mando portátil (Figura 6) se encuentra el conector hembra para la conexión del sensor, el interruptor de encendido y apagado y la conexión USB para la conexión al ordenador.

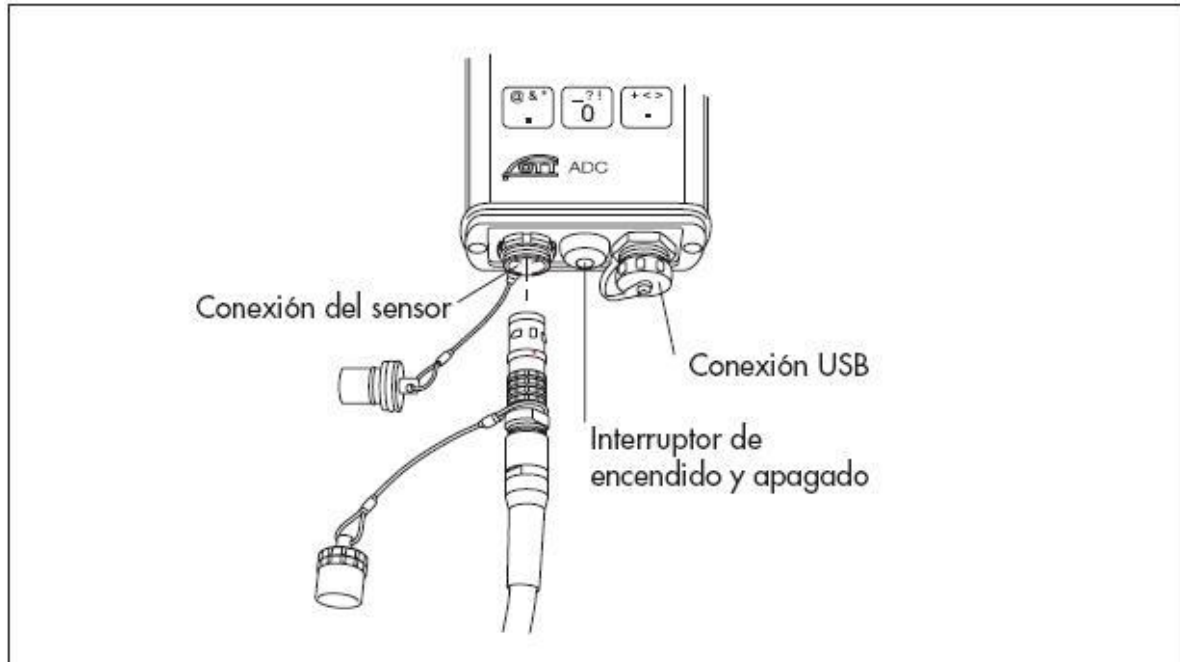


Figura 6. Interfaces e interruptor de encendido/apagado.

**Cubra el conector hembra y la conexión USB mientras no los necesite.** Emplee para ello las tapas de protección. Sólo de este modo se puede garantizar la hermeticidad del mando portátil y que las conexiones queden protegidas del polvo y la corrosión.

### 3. Preparación del OTT ADC

Antes de que pueda realizar una medición con el OTT ADC, tiene que preparar la unidad para el proceso de medición. Esto incluye:

- Asegurar el suministro de corriente
- Configurar el mando portátil conforme a sus necesidades
- Fijar el sensor en la barra
- Conectar el sensor al mando portátil

El suministro de corriente para el mando y el sensor es proporcionado por el paquete de pilas recargables montadas de modo fijo.

El estado de carga de las baterías se muestra en la pantalla o puede consultar el estado de carga a través del menú.

Con la batería completamente cargada es posible un tiempo de servicio de más de 20 horas de medición.

El mando portátil cuenta con un sistema inteligente de administración de energía lo que le permite apagarse automáticamente después de un tiempo sino se ha pulsado ninguna tecla o no tiene lugar ninguna comunicación de datos.

**Todos los datos memorizados en el mando portátil permanecen almacenados aunque las baterías se descarguen por completo.**

### **3.1. Carga de las baterías.**

El proceso de carga dura 2 horas aproximadamente.

- Conecte por medio del conector de barril el cable de alimentación de corriente
- Conecte el cargador al mando portátil por medio de la conexión USB.

Durante el proceso de carga es posible introducir datos mediante el mando portátil.

**¡Precaución!** No debe utilizar para otros aparatos que cumplan el estándar USB, debido a que las diferencias en el voltaje de salida pueden causarles daños.

Antes de empezar a usar el mando portátil, asegúrese que las baterías están completamente cargadas.

### **3.2. Puesta en servicio del mando portátil.**

Encendido y apagado del mando portátil.

- Mantenga pulsado el interruptor de encendido y apagado durante aproximadamente un segundo

El proceso de puesta en servicio es de aproximadamente 10 segundos. Finaliza cuando el indicador %++++del borde superior de la pantalla se apaga.

### **3.3. Configuración del mando portátil.**



Ajuste la configuración del mando portátil conforme a las necesidades individuales que tenga. Encontrará los menús que contienen los parámetros para los ajustes individuales en el menú principal.

Los siguientes menús son importantes:

Menú Principal [2/2].

- Config. Sistema/ Menú del sistema

Aquí puede ajustar la fecha y la hora, regular el indicador de la pantalla y modificar el volumen de los sonidos de respuesta y de las teclas

- Avanzado / Avanzado

Aquí puede elegir el idioma de la pantalla, determinar si el sonido de las teclas debe activarse y establecer la unidad de medida que debe emplearse en los indicadores y en los cálculos.

### 3.3.1. Montaje del mando portátil en la barra de vadeo.

El OTT ADC trae un montaje universal para las barras vadeo (de 20 mm de diámetro o del tipo USGS).

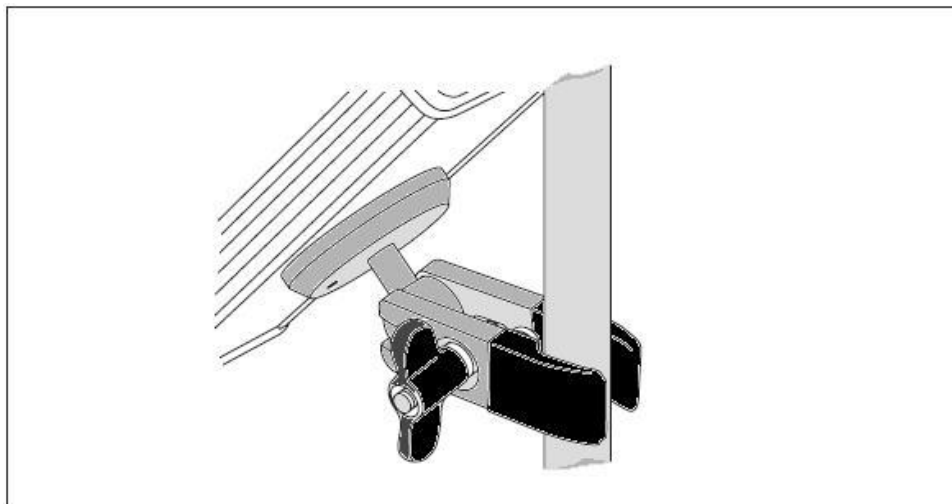


Figura 7. Montaje en la barra de vadeo.

Pasos para fijar el mando portátil a la barra de vadeo

- Enganche la pinza de aluminio del montaje universal a la cabeza esférica en el dorso del mando portátil.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelte el tornillo de mariposa.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enganche el extremo libre del montaje universal alrededor de la barra de medida de modo que la pinza cubierta de plástico abarque la barra de medida.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inmovilícela en la posición deseada por medio del tornillo de mariposa.</li> </ul>

### 3.4. Puesta en servicio del sensor

Antes de iniciar una medición tiene que fijar el sensor en la barra de medida y conectarlo al mando portátil.

Montaje y posicionamiento del sensor en la barra de 20 mm de diámetro

Montaje del sensor en la barra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenrosque el casquillo de sujeción del extremo del sensor.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deslice el sensor en el orificio del extremo del sensor (adaptador mecánico) por la barra. Mientras tanto la línea de conexión del sensor tiene que estar orientada hacia arriba.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sitúe el sensor en la posición deseada en la barra.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enrosque el casquillo de sujeción del extremo del sensor hasta que el sensor quede fijo</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prolongue la barra según lo necesite</li> </ul>

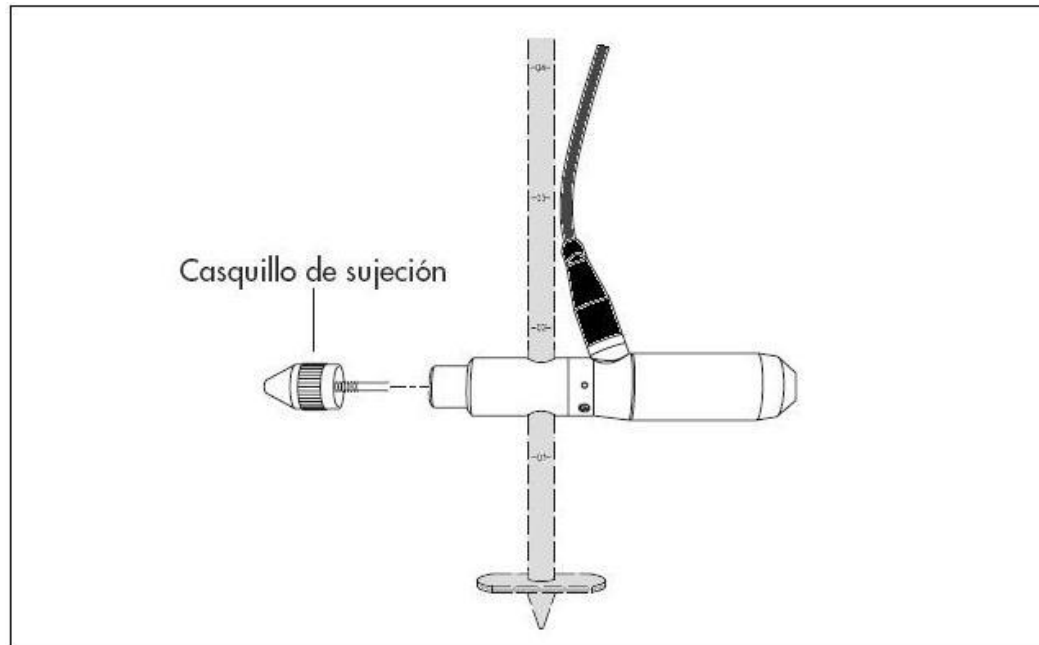


Figura 8. Montaje del sensor a la barra de vadeo.

### 3.5. Conexión del sensor al mando portátil

Conecte el sensor al mando portátil para que pueda obtener corriente y exista comunicación entre ambos.

- Retire las tapas de protección del conector macho de la línea de conexión del sensor y del conector hembra para la conexión del sensor del mando portátil.
- Introduzca la línea de conexión del sensor en el mando portátil. ¡Tenga en cuenta las marcas rojas en el conector macho y en el conector hembra!

El OTT ADC estará preparado para comenzar la medición cuando encienda el mando portátil.

## 4. Realización de un aforo.

### 4.1. Comprobación del equipo de medición

Antes de ir a la estación de medición o aforo, deberá reunir el equipo y comprobar su funcionamiento.

Debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Todos los componentes del OTT ADC tienen que estar en un perfecto estado y encontrarse completamente en el maletín de transporte.
- El mando portátil debe de disponer de suficiente carga en la batería

- El mando portátil y el sensor deben tener el mismo número de serie.
- Las barras o los dispositivos de ajuste que vayan a transportarse tienen que unirse sin problema unos con otros.
- Los elementos auxiliares para la instalación de la estación de medición tienen que estar listos para su uso, por ejemplo, la cuerda de medición o la cinta métrica, las estacas, etc.
- Es recomendable disponer de ropa de trabajo de seguridad (pantalón de agua, botas de agua, ropa impermeable, etc.).

#### **4.2. Preparación de la estación de aforo.**

El ámbito de aplicación del OTT ADC guiado en la barra está limitado por la fuerza de palanca que el usuario necesita para sostener el sensor contra la fuerza de la corriente. La fuerza de palanca depende de manera decisiva de la velocidad del flujo del agua y de la longitud de palanca.

##### **4.2.1. Establecimiento de la sección transversal de aforo.**

La correcta elección de la sección transversal es decisiva para la calidad de la medición.

- Las estaciones de aforo hidráulicamente favorables se sitúan en un recorrido recto del agua con una sección regular y una pendiente de fondo la más constante posible.
- Deben evitarse las secciones de medición con zonas muertas (sin corriente), contracorriente o turbulentas.
- Son inadecuadas las estaciones de aforo en profundas.
- La sección de aforo se trazará de manera perpendicular a la dirección de la corriente principal. Para ello puede utilizarse, por ejemplo, una cinta métrica que lleve consigo o una cuerda de medición. Asegúrese de que la cinta métrica o la cuerda de medición estén bien tensas.

##### **4.2.2. Determinación de las verticales.**

El número y la posición de las verticales de medición depende de la forma geométrica de la sección transversal y del procedimiento de medición y de evaluación proyectados.

Conforme a la norma EN . ISO748 son válidas las siguientes reglas:

Ancho de las aguas en m	Número de verticales de medición
>0 y <0,5	3-4
>0,5 y <1	4-5
>1 y <3	5-8
>3 y <5	8 -10
>5 y <10	10-20
>10	>20

**Vea:** Menú principal [1/2]/Medida de Caudal/Comenzar/õ / Terminado/Medida de Caudal/Detalles

### 4.3. Ejecución de la medición

#### 4.3.1. Calibración de la medición de la profundidad

Para calcular la profundidad del agua y la profundidad de inmersión del sensor se ha incorporado en el cuerpo del sensor del OTT ADC una celda de medición de presión absoluta. Para garantizar que los valores medidos sean correctos, la celda de medición de presión tiene que calibrarse bajo las condiciones de presión del aire que existan en ese momento.

El sensor deberá estar fuera del agua durante la calibración.

Debe iniciar una primera calibración antes de comenzar la medición. Durante la medición se le requerirá que repita la calibración cada 30 minutos. (Menú principal [1/2]/Calibrar profundidad)

#### 4.3.2. Ajustes básicos para medir el gasto

Estos datos debe introducirlos antes de comenzar la medición a través del mando portátil.

Son necesarios los siguientes ajustes para cada medición

- Los datos sobre el extremo cercano y el extremo lejano, la posición, la profundidad del agua, la rugosidad, la ancho del canal (o río).
- La posición de la primera vertical de medición y el espacio entre verticales de medición
- El orden planeado de la medición para la vertical (por ejemplo, desde abajo hacia arriba)

- Los offsets de las barras (espacios entre la placa base de las barras y el fondo del agua, así como entre la placa base y el eje simétrico del sensor)
- Los métodos para medir la velocidad (por ejemplo, el método de dos puntos o la medición multipunto)
- La selección del método para calcular el gasto (Mid Section).
- La duración deseada de la medición por punto de medición
- Si son necesarios, los datos sobre la salinidad del agua

Si ya existen ajustes básicos sobre la estación de medición en cuestión, puede cargarlos y volver a emplearlos. También es posible cargar los datos de una medición realizada y guardada, pudiéndole añadir más puntos de medición (Vea: Menú principal [1/2]/Medida de caudal/Configuración/õ )

Adicionalmente, también se deberá dar un nombre a la medición. Para ello son necesarios los siguientes datos:

- Nombre del archivo donde se grabarán los datos de la medición
- Nombre del grupo de medición (Vea: Menú principal [1/2]/Medida de caudal/Nombre o Grupo)

#### **4.3.3. Medición del gasto.**

- El sensor debe sumergirse por primera vez en el agua al comenzar la medición del gasto.
- La profundidad de inmersión del sensor tiene que ser de al menos 2 cm.
- En las proximidades inmediatas del sensor no deberá encontrarse ningún obstáculo.
- De manera ideal, la medición debe realizarse desde un puente o desde una pasarela de aforo.
- Si se mide directamente en el agua, el usuario debe permanecer a una distancia prudente del sensor de medición para garantizar que el agua fluya sin obstáculos.
  
- Coloque el sensor en la primera vertical de medición
- Acceda al menú *Medida de Caudal* y seleccione *Comenzar*.
- Confirme la lista de ajustes básicos importantes en el submenú *Comenzar* la medida con **Ok y continuar**.

- Haga descender el sensor hasta el fondo y seleccione *Prof. del agua* en la ventana del punto de medición en cuestión.
- Confirme la profundidad del agua medida en la ventana → Volver a la ventana del punto de medición en cuestión
- Seleccione **Ok y continuar** para acceder al modo de medición.
- Coloque el sensor en el primer punto de medición; en la pantalla del mando portátil se muestra la profundidad de inmersión correcta (el valor *Profundidad de inmersión del sensor (debida)* parpadea hasta que haya alcanzado la posición correcta).
- Comience la medición pulsando la tecla

La medición se efectuará durante el intervalo de tiempo ajustado.

Tras la finalización de la medición se muestra el resultado para ese punto. Puede desechar la medición y repetirla o confirmarla y continuar con el siguiente punto de medición.

Si se han completado los puntos de medición de todas las verticales, obtendrá el mensaje correspondiente. Si es necesario, puede modificar con posterioridad los parámetros de las orillas.

A continuación, el mando portátil emitirá el gasto total calculado. En caso necesario, todavía puede acceder a los detalles sobre los gastos parciales de cada una de las verticales de medición y finalizar entonces la medida. (Vea: menú *Medida de caudal/Comenzar* )

**Todos los datos relevantes de una medición del gasto se memorizan automáticamente en el mando portátil.**

**Puede interrumpir una medición que ya ha comenzado. Para ello sólo tiene que desconectar el mando portátil. Cuando conecte de nuevo el mando proseguirá la medición guiada.**

#### 4.3.4. Cancelación de la medición

Puede cancelar una medición iniciada si la función del mando para visualizar el menú principal está activada.

- Visualice el menú principal y pase al *Menú principal [1/2]* si es necesario.
- Seleccione la opción de menú *Medida de caudal*.
- Seleccione *FIN*.

Navegue a través de las ventanas hasta que se active la función de las teclas de mando *Volver*. Pulse varias veces en *Volver* si es necesario, para llegar al modo de descanso.

## 5. Recuperación a la computadora.

El Software OTT QReview está disponible para el manejo posterior de los datos y su presentación gráfica.

Con la ayuda de OTT QReview puede cargar los datos de la medición del mando portátil a la computadora.

### 5.1. Funciones del menú del mando portátil. Menú principal

El menú principal está dividido en dos partes,

- Menú principal [1/2]
- Menú principal [2/2].

Ambas partes contienen varios menús que se dividen a su vez en submenús y en hasta tres ventanas.

Puede visualizar los menús, submenús y las ventanas pulsando el número correspondiente en el teclado.

Puede visualizar algunas de las ventanas pasándolas con las teclas de mando.

### 5.2. Menú Medición del Gasto

En este menú se realizan los ajustes básicos para la medición de un gasto y se comienza la medición.

<p><u>Configuración</u></p> <p>Introducción de los ajustes básicos para la medición.</p>	<p>Sirven de parámetros de entrada para la medición del gasto y para el cálculo de los gastos parciales y del gasto total.</p>
<p><u>Nombre</u></p> <p>Introducción del nombre del archivo de la medición.</p>	<p>Formato de entrada: alfanumérico, máximo 8 caracteres.</p>



<u>Grupo</u> Introducción del nombre del grupo.	Formato de entrada: alfanumérico, máximo 30 caracteres.
<u>Notas</u> Introducción de notas.	Formato de entrada: alfanumérico, máximo 80 caracteres.
COMENZAR	Comenzar la medición del gasto.

### Submenú Medida de caudal/Configuración.

Este submenú está dividido en tres ventanas en las que puede introducir los parámetros sobre la sección de aforo, seleccionar el método de medición y el proceso de cálculo, determinar el tiempo de medición y, dado el caso, introducir la salinidad del agua.

Ventana subsecuente Medida de caudal/Configuración/Caudal [1/3]

Cargarõ	Carga y utiliza los ajustes básicos de los archivos memorizados o bien continúa la medida anterior.
Ventana subsecuente Medida de caudal/Configuración/Caudal [1/3]/Cargarõ	
<u>Cargar sólo configuración</u> Accede a la lista de los datos memorizados.	Tras seleccionar los archivos deseados se cargan los ajustes allí memorizados. Éstos ahora están preajustados para la nueva medición y pueden modificarse si en necesario.
<u>Continúe una medición previa.</u> Accede a la lista de los datos memorizados.	Tras seleccionar el archivo deseado, se cargan los ajustes memorizados y pueden añadirse más puntos de medición a la medida en cuestión.  Nota  Para llegar al modo de medición pulse tres veces la tecla <i>volver</i> tras haber seleccionado el archivo deseado. En la pantalla se muestran las verticales de medición y la posición del siguiente punto de medición.
<u>Extremo cercano</u> Introducción de los parámetros para el extremo cercano.	El extremo cercano y el extremo lejano son los puntos extremos izquierdo y derecho mediante los cuales se limita y define el ancho total del nivel del agua. El extremo cercano se encuentra en la orilla desde la que comienza la medición.

Ventana Subsecuente Medida de caudal/Configuración/Caudal [1/3] /extremo cercano	
<p><u>Posición</u></p> <p>Posición del extremo cercano (m).</p>	<p>Valor = 0, si el extremo cercano corresponde con el punto de referencia es por norma general el punto cero de la sección.</p> <p>Valor &gt; 0, si el extremo cercano no es igual al punto neutro. En este caso, el valor es igual al espacio entre el extremo cercano y el punto neutro.</p> <p>Margen de valores: 0,00 . 300,00</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>
<p><u>Profundidad</u></p> <p>Profundidad del agua en el extremo cercano (m).</p>	<p>Valor = 0 en el cauce natural</p> <p>Valor &gt; 0 en una sección rectangular</p> <p>Margen de valores 0,00 . 10,00</p> <p>Formato de entrada: Numérico</p>
<p><u>Rugosidad</u></p> <p>Factor de rugosidad de la pared lateral.</p>	<p>El factor de rugosidad sólo es relevante en una sección rectangular.</p> <p>Margen de valores: 0,00 . 1,00</p> <p>0,0 = muy rugoso</p> <p>1,0 = liso</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>
<p><u>Ancho</u></p> <p>Ancho de la superficie del agua desde el extremo izquierdo al derecho.</p>	<p>Corresponde con el valor de Ancho en la ventana <i>Extremo lejano</i>, donde se ajusta automáticamente, si se cambia aquí el ancho del río.</p> <p>Margen de valores: &gt;0,00 . 300,00</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>

**Indicación:** Los valores de la posición del extremo cercano y lejano y el ancho del río dependen los unos de los otros. En caso de que el valor de posición se cambie a un valor > 0, el valor que ya se haya preajustado para el ancho del río se ajusta automáticamente a este valor.

<p><u>Extremo lejano</u></p> <p>Introduzca los parámetros para el extremo lejano.</p>	<p>El extremo lejano se encuentra en la orilla en la que termina la medida.</p>
---	---

Ventana Medida de caudal/Configuración/Caudal [1/3] /Extremo lejano	
<p><u>Posición</u></p> <p>Posición del extremo lejano.</p>	<p>Valor &gt; 0</p> <p>El valor es igual al espacio entre el extremo lejano y el punto neutro.</p> <p>Margen de valores: &gt; 0,00 . 300,00</p> <p>Formato de entrada: numérico</p> <p><b>Indicación</b></p> <p>El espacio entre el extremo cercano y el extremo lejano tiene que ser como mínimo de 0,5 m.</p>
<p><u>Profundidad</u></p> <p>Profundidad del agua en el extremo lejano.</p>	<p>Valor = 0 en el cauce natural</p> <p>Valor &gt; 0 en una sección rectangular</p> <p>Margen de valores: 0,00 . 10,00</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>
<p><u>Rugosidad</u></p> <p>Factor de rugosidad de la pared lateral.</p>	<p>El factor de rugosidad sólo es relevante en una sección rectangular.</p> <p>Margen de valores: 0,00 . 1,00</p> <p>0,00 = muy rugoso; 1,00 = liso</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>
<p><u>Ancho</u></p> <p>Ancho de la superficie del agua desde el extremo izquierdo al derecho.</p>	<p>Corresponde con el valor de Ancho en la ventana <i>Extremo cercano</i>, donde se ajusta automáticamente, si se cambia aquí el ancho del río.</p>

**Indicación:**—En caso necesario, posteriormente, al final de una medición puede ajustar los parámetros de los extremos.

Verticales	Indique la posición y los espacios entre las verticales así como el orden de medida.
Ventana Medida de caudal/configuración/Caudal [1/3] /Verticales	
<p><u>Primera pos.</u></p> <p>Espacio entre la primera vertical de</p>	Margen de valores: 0,00 . 300,00

medición y el punto neutro.	Formato de entrada: numérico
<u>Espacio</u> Espacio entre las verticales de medición.	Margen de valores: 0,00 . 10,00 Formato de entrada: numérico
<u>Orden de la medición</u> Orden en el cual deben completarse los puntos de medición a lo largo de las verticales.	El ajuste actual se muestra en pantalla. En la ventana se encuentra disponible el orden de la medición <i>Superficie al fondo</i> , <i>Fondo a superficie</i> y <i>Alternativamente</i> .
<u>Offset de la barra</u> Espacios entre el <b>sensor/placa base</b> y la <b>placa base/ fondo del agua</b> .	El eje simétrico del sensor no debe estar directamente en el fondo del agua, debe existir un espacio entre ellos. El espacio es importante como parámetro para el cálculo correcto de la profundidad del agua.
Ventana Medida de caudal/Configuración/Caudal [1/3]/Offset de la barra	
<u>Offset del sensor</u> Espacio entre el eje simétrico del sensor y la placa base de la barra.	Margen de valores: 0,00 . 1,00 Formato de entrada: numérico
<u>Offset del punto</u> Espacio entre la placa base de la barra de medida y el fondo del agua.	Margen de valores: 0,00 . 0,50 Formato de entrada: numérico

Ventana Medida de caudal/Configuración/Caudal [2/3]

Método de medida	<p>Método para medir la velocidad.</p> <p>En la pantalla se muestra el método que está seleccionando en ese momento.</p> <p>En la ventana siguiente aparecen 11 métodos a elegir: medición de 1 punto, 2 puntos, 3 puntos, 4 puntos, 5 puntos, 6 puntos, medición de 2 puntos conforme con Krops (2 puntos Krops), medición d 1 punto del hielo (Hielo, 1 punto), medición de 2 puntos del hielo (Hielo, 2 puntos), medición de 1 punto de la superficie (ISO, superficie), medición multipunto.</p> <p>Configuración del método para el cálculo del gasto total. En la pantalla se muestra el método que está ajustado en ese</p>
------------------	--

Usando	<p>momento.</p> <p>Puede elegirse entre Sección Media (MID section) o Sección promedio (Mean section).</p>
<p>Corr. Factor</p> <p>Factor de corrección para la medición de 1 punto de la superficie.</p>	<p>Sólo puede seleccionarse si en Usando se ha seleccionado el método Hielo, 1 punto o bien ISO, superficie.</p> <p>Margen de valores: 0,7-1,0</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>

### Ventana Medida de caudal/Configuración/Caudal [3/3]

Medida	<p>Introduzca el tiempo de medición (s).</p> <p>El tiempo de medición sirve para cada uno de los puntos de medición.</p> <p>En la pantalla se muestra el tiempo de medición que esté ajustado en ese momento.</p> <p>Margen de valores: 1-480</p> <p>Formato de entrada: numérico, número entero</p> <p>Indicación</p> <p>La duración del tiempo de medición en un punto de medición debe ser de 30 s como mínimo. Por lo general, se selecciona entre 30 s y 50 s.</p>
<p><u>Salinidad</u></p> <p>Introduzca la salinidad (ppt).</p>	<p>En la pantalla se muestra el valor que esté ajustado en ese momento.</p> <p>La salinidad tiene influencia sobre la velocidad del sonido y se toma como parámetro en la medición de la velocidad.</p> <p>Por lo general es de 0 ppt en el agua dulce.</p> <p>Margen de valores 0-50</p> <p>Formato de entrada: numérico, número entero</p>

### Submenú Medida de caudal / COMENZAR

En este submenú tiene lugar la Medición del caudal. Si no se introdujo ningún nombre durante los ajustes básicos, se solicitará el nombre del archivo del aforo cuando se pulse COMENZAR. Las

dos ventanas siguientes hacen una lista de los ajustes básicos anteriormente realizados como información:

La ventana Comenzar la medida muestra el nombre del archivo de la medida, el ancho de las aguas, el número total de verticales de medición y el número de puntos de medición. Después de confirmar, se muestra la ventana Punto #i. La ventana Detalles del caudal muestra el método de medición y el procedimiento de cálculo seleccionados.

### **Ventana Medida de caudal / COMENZAR / Comenzar la medida / Punto #i**

Por medio de esta ventana puede realizar la medida de la profundidad del agua en la vertical de medición. La ventana ofrece además la información sobre la posición de las verticales de medición y sobre el método de medición seleccionado, que usted puede modificar si es necesario. Finalmente, ya puede terminar aquí la medida en las verticales en cuestión.

Vertical	Número de las verticales de medición. La primera vertical de medición tiene el número 1.
Posición	Espacio entre la vertical de medición y el punto neutro.  La posición puede modificarse en la siguiente ventana de introducción.  Margen de valores: 0,00 a 300,00  Formato de entrada: numérico
<u>Prof. del agua</u>  Profundidad del agua en la vertical de medición.	El usuario debe hacer descender el sensor hasta el fondo para medir la profundidad del agua y visualizar la opción de menú Prof. del agua (tecla 2).
<b>Ventana Medida de caudal / COMENZAR / Comenzar la medida / Punto #i / Prof. del agua</b>	
Medida:  Prof. del sensor  Offset sensor	Profundidad de inmersión del sensor.  Espacio entre el eje simétrico del sensor y el fondo del agua.  El espacio mostrado depende de los ajustes básicos de los offsets de las barras de medida, que aparecen en la ventana siguiente en una lista y que pueden modificarse en caso necesario (vea también la ventana <i>Medida de caudal/Configuración/Caudal [1/3]/offset de la barra</i> ).  Profundidad del agua calculada de la profundidad de inmersión y del offset del sensor.

Prof. del agua	<p>En la ventana siguiente es posible modificar la profundidad del agua calculada.</p> <p>Margen de valores: 0,0 . 10,0</p> <p>Formato de entrada: numérico</p> <p>Método para medir la velocidad ajustado en ese momento. El método puede modificarse en la ventana <i>Usando</i>.</p> <p>Termina la medición para esa vertical y continúa con la siguiente medición.</p>
2 puntos (Ejemplo)	
Fin de esta vertical	

#### Indicaciones

- La medida de la profundidad del agua es necesaria en todas las verticales de medición y también puede efectuarse en la ventana de detalles *Vertical i* o bien *Próxima vertical [i]*, en caso necesario.
- Si modifica la posición de una vertical de medición, el OTT ADC calcula las posiciones de las siguientes verticales de medición desde la nueva posición.

#### **Ventana de detalles Medida de caudal /COMENZAR /Comenzar la medida /Punto #i /Vertical [i]**

Esta ventana resume la información referida a la vertical en cuestión. Si es necesario, puede modificar los valores mostrados, introducir el nivel actual y las medidas de los posibles obstáculos.

Posición	<p>Espacio entre la vertical de medición i y el punto neutro.</p> <p>Puede modificar la medición en la siguiente ventana de introducción.</p> <p>Margen de valores: 0,00 . 300,00</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>
Profundidad	<p>Profundidad del agua en la vertical de medición.</p> <p>El valor actual puede confirmarse o modificarse en la ventana siguiente (vea Ventana Medición de caudal /COMENZAR /Comenzar la medida /Punto #i /Profundidad del agua).</p>
Nivel	<p>Nivel actual.</p> <p>El nivel puede introducirse/modificarse en la siguiente</p>

	<p>ventana de introducción.</p> <p>Formato de entrada: numérico.</p>
Definir obstrucción	<p>Defina los posibles obstáculos dentro de la sección de medida.</p> <p>Un pilar de puente es, por ejemplo, un obstáculo.</p>
Ventana Medida de caudal /COMENZAR/õ /Vertical [j] /Definir obstrucción	
Primer extremo	<p>Distancia entre el lado del obstáculo vuelto hacia el extremo cercano y el punto neutro.</p> <p>Margen de valores:0,00 . Ancho</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>
Último extremo	<p>Distancia entre el lado del obstáculo vuelto hacia el extremo lejano y el punto neutro.</p> <p>Margen de valores: 0,00 . Ancho</p> <p>Formato de entrada: numérico</p>
Ancho	<p>Anchura del obstáculo.</p> <p>Margen de valores: 0,00 . 300</p> <p>Formato de entrada: numérico</p> <p>Se calcula automáticamente si están disponibles los valores de los extremos.</p>

### Indicación

En caso de que se defina un obstáculo (obstrucción+), el OTT ADC vuelve a calcular la posición de la respectiva vertical de medición.

### Modo de medición

Después de que se haya confirmado la ventana *Punto #i* con Ok y continuar, el mando portátil cambia al modo de medición. Coloque el sensor a la profundidad prefijada. Para ello, tenga en cuenta los símbolos de la pantalla (el OTT ADC muestra a qué profundidad de inmersión se encuentra en el punto de medición en cuestión y si ya ha colocado el sensor correctamente (vea el capítulo *Indicación del display+*). De modo alternativo, puede cambiar la presentación del display para solicitar más información como, por ejemplo, la temperatura del agua y el valor SNR (unidad de medida para la validez de los valores medidos).



Comience la medición con la tecla **\*\*\***. La medición se lleva a cabo durante el tiempo ajustado. AL final de la medición se muestran los resultados en una ventana. Puede desechar esta medición y repetirla o aceptar los resultados de la medición y continuar con el siguiente punto de medición. Si se han completado todos los puntos de medición de una vertical de medición, se muestra *Completado* en la siguiente pantalla.

### Indicación

Si no coloca el sensor en el punto de medición prefijado, aparecerá la indicación de advertencia **%Profundidad errónea+** después de comenzar la medición. Si, sin embargo, desea colocar el sensor en una profundidad diferente de la prefijada, proceda del siguiente modo:

- Cancele la indicación de advertencia (tecla **\*\***).
- Introduzca la profundidad deseada en la siguiente ventana de introducción (Formato de entrada numérico, margen de valores 0,0 -10,0).
- Continúe la medición.

### Ventana Medida de caudal /COMENZAR /Comenzar la medida / Punto#i /Á /Completado

Se ha completado la medida para todos los puntos de medición de una vertical de medición. Puede confirmar la información de esta ventana y continuar con la siguiente vertical de medición o puede desechar la medición para esta vertical de medición.

Núm. de vertical i	Número de vertical en cuestión.
Posición	Espacio entre la vertical de medición y el punto neutro.
Veloc. Media	Velocidad media de fluidez en la vertical de medición (m/s).
Puntos	Número de puntos de medición que han sido medidos.

### Ventana Medida de caudal/COMENZAR/Á /Completado/Próxima vertical [i]

Esta ventana muestra la posición de la próxima vertical de medición. Aquí puede medir, además, la profundidad del agua, introducir el nueva nivel y definir una posible obstrucción. Los parámetros de esta ventana son idénticos a los parámetros de la ventana de detalles *Vertical i*.

Vea menú

Medida de caudal /COMENZAR /Comenzar la medida /Punto #i /Vertical [i]

Después de que haya confirmado la ventana Próxima vertical [i], se muestra la ventana del próximo punto de medición. EL contenido de ésta es idéntico a la ventana Punto #1 del primer punto de medición.

Vea el menú

Medida de caudal /COMENZAR /Comenzar la medida /Punto #i

Tras confirmar con OK y continuar, comienza la medición de ese punto de medición.

Cuando se ha completado los puntos de medición de todas las verticales de medición, aparece el mensaje CAUDAL MEDIDA COMPLETADA. A ésta le sigue la ventana para ajustar los parámetros de los extremos, pudiendo adaptar los parámetros de los extremos en caso necesario. Esto puede ser especialmente necesario en los parámetros del extremo lejano que sólo pueden determinarse inequívocamente una vez completada la medida. (Vea el menú: Medida de caudal /Configuración /Caudal [1/3] /Extremo cercano o bien Extremo lejano).

**Ventana Medida de caudal /COMENZARÁ /Completado /Próxima vertical /Á /Completado /Extremos /Medida de caudal**

Nombre	Nombre del archivo de la medida del gasto.
Caudal	Gasto total calculado (m <sup>3</sup> /s).
Detalles	Detalles sobre la medida del gasto.
Ventana Nombre archivo	
Caudal	Gasto total calculado (m <sup>3</sup> /s).
Veloc. Media	Velocidad media de flujo.
Prof. media	Profundidad media del agua (m).
Área	Area de la sección de aforo (m <sup>2</sup> ).
Pasando de pantalla con las teclas de mando ** y ** se abre la ventana de detalles de cada una de las verticales de medición:	
Ventana Vertical n° i [x%]	
El valor porcentual (x%) indica qué parte porcentual del gasto total contiene el gasto parcial representado por la vertical de medición i.	
Posición	Espacio entre la vertical de medición correspondiente y el punto neutro (m).
Caudal	Gasto parcial representado por la vertical de medición i (m <sup>3</sup> /s).
Veloc. media	Velocidad media de flujo en la vertical de medición i (m/s).
Profundidad	Profundidad del agua en la vertical de medición i (m)
Área	Sección del segmento del gasto medido representado por la vertical de medición i (m <sup>2</sup> ).
Fin	Finaliza la medida del caudal. Antes del fin definitivo se muestra una advertencia que posibilita la

	cancelación del proceso.
Continuar	Continúa la medida del caudal con una de las siguientes verticales de medición.

### Menú Calibrar profundidad.

En este menú puede efectuar la calibración del sensor para la medida de la profundidad. La celda de medición de presión integrada se calibra a una profundidad de inmersión del sensor de 0,00 m bajo las condiciones de presión del aire que existan en ese momento. Por este motivo, el sensor tiene que estar fuera del agua.

La calibración se inicia cuando haya activado el menú.

Ventana Calibrar profundidad/Calibr. de profundidad

Calibrar a	Indica la profundidad de inmersión a la que se calibra (0,00 m).
Sensor leyendo	Indica el valor actual medido de profundidad de inmersión (m).
Tras confirmar con Ok y continuar, se muestra la ventana Calibrando, que resume los resultados de la calibración.	
A	Profundidad de inmersión a la que se ha calibrado (m).
Medida	Profundidad de inmersión que se ha medido (m).
Offset	Presión del aire que existe en ese momento (mBar).

### Menú ver datos

A través de este menú, puede visualizar el submenú Archivos de datos, que contiene una lista de todos los archivos memorizados en el mando portátil. Los archivos contienen información sobre las medidas del caudal que ya se han efectuado.

### Ventana del submenú Ver datos/Archivos de datos

Muestra los resultados del caudal total y de los caudales parciales de la medición del caudal en cuestión.

Ventana Archivo de datos/nombre archivo

Caudal	Caudal total calculado (m <sup>3</sup> /s).
Veloc. medida	Velocidad medida de fluidez (m/s).

Prof. media	Profundidad media del agua (m).
Área	Tamaño de la sección de medición (m <sup>2</sup> ).

Ventana Archivo de datos/ Vertical n° i [x%]

Muestra los resultados para cada una de las verticales de medición. El valor porcentual (x%) indica qué parte porcentual del caudal total contiene el caudal parcial representado por la vertical de medición i.

Posición	Espacio entre la vertical de medición i y el punto neutro (m).
Caudal	Caudal parcial representado por la vertical de medición i (m <sup>3</sup> /s).
Veloc. media	Velocidad medida de fluidez en la vertical de medición i (m/s).
Profundidad	Profundidad del agua en la vertical de medición i (m).
Área	Sección del segmento del caudal medido representado por la vertical de medición i (m <sup>2</sup> ).

### Menú Borrar archivos

A través de este menú, puede visualizar el submenú Borrar, que contiene una lista de todos los archivos memorizados en el mando portátil. Aquí puede borrar los archivos que ya no necesite.

Tras haber seleccionado los archivos que desee borrar, aparecerá una advertencia. Puede continuar con el proceso de borrado o cancelarlo.

### Menú Estado el sistema

A través de este menú, puede visualizar el submenú Estado del sistema, que contiene información sobre el mando portátil.

Submenú Estado del sistema / Estado del sistema

Memoria libre	Capacidad disponible de memoria relativa (en %) y absoluta (en puntos).
Batería	Estado de carga de las baterías en %.
N° Serial	Número de serie del mando portátil.

FW	Versión del firmware.
----	-----------------------

### Menú Config. Sistema

Mediante este menú puede acceder al submenú Menú del sistema, en el que puede ajustar los parámetros del mando portátil.

#### Submenú Config. Sistema /Menú del sistema

Fecha y hora	Ajuste de la fecha y hora.
Display	Ajuste de la pantalla y del valor medio.
Nivel de sonido	Ajuste del nivel del sonido.
Ventana Config. sistema/ Menú del sistema/Fecha y hora <u>Pantalla para introducir la hora y la fecha.</u> El formato para la introducción de ambos datos es numérico, con números enteros.	
Hora	Hora actual: introduzca una hora entera. Margen de valores: 0 - 24
Minutos	Hora actual: introduzca los minutos Margen de valores: 0 - 60
Segundos	Hora actual: introduzca los segundos. Margen de valores: 0-60
Día	Fecha actual: introduzca el día Margen de valores: 1 - 31
Mes	Fecha actual: introduzca el mes. Margen de valores:1 -12
Año	Fecha actual: introduzca el año.

Tras confirmar con Ok y continuar se mostrarán los datos que haya introducido. Si se vuelve a confirmar, la fecha y la hora quedarán memorizadas en el mando portátil.

Ejemplo de indicación

14:22:32

13/11/08

Ventana Config. sistema /Menú del sistema/Display

Ventana Config. sistema /Menú del sistema/Display		
Luz de fondo		Conexión y desconexión de la iluminación del display
	Ventanañ /Display: Luz de fondo El ajuste actual está marcado por medio de **	
	On	La pantalla permanece iluminado hasta que se desactive el mando portátil.
	Automático on /off	La iluminación de la pantalla se apaga automáticamente si en 30 segundos aproximadamente no se efectúa ninguna entrada o no tiene lugar ninguna comunicación de datos.
	Off	La iluminación de la pantalla se desconecta.
Contraste		Ajuste del contraste de la pantalla. Margen de valores: 1 -10 (1=contraste débil, 10=contraste marcado)
Velocidad Display		Determinación de la frecuencia de la indicación en la pantalla.
	Ventanañ /Velocidad Display El ajuste actual está marcado por medio de **	
	Continua	Los resultados de la medición de la velocidad de fluidez se muestran de manera continua y se actualizan por ciclos de segundos.  Indicación  La indicación continua hace posible la percepción visual de

		la turbulencia de las aguas que fluyen.
	Solo resultado	Solo se muestran los resultados finales de la medida de la velocidad

Ventana Config. sistema/Menú del sistema/Nivel de sonido		
Nivel de sonido		Ajusta el nivel de sonido de las teclas y de los sonidos de respuesta.  Margen de valores: 0 . 10  (0=sin sonido, 10 = alto)

### Menú Avanzado

Mediante este menú puede accederse al submenú Avanzado, en el que podrá realizar una configuración más detallada del mando portátil, borrar la memoria o resetear el aparato.

Submenú avanzado/Avanzado

Lenguaje	Selección del lenguaje de la pantalla
Tecla de sonido	Conexión y desconexión del sonido de las teclas; el ajuste actual se muestra en la pantalla ([ON] u [OFF]).
Unidades	Selección de la unidad
Formato grabación	Borrado de la memoria.  Si pulsa <i>Formato de Grabación</i> aparece una indicación de advertencia. Tras confirmar el mensaje se borran todos los datos memorizados en el mando portátil
Reseteo	Ejecución del reseteo.  Si pulsa Reseteo aparece una indicación de advertencia. Tras confirmar el mensaje se eliminan todos los ajustes del mando portátil y se restablecen todos los ajustes de fábrica.

### Ventana Avanzado/Avanzado/Lenguaje

Seleccione el lenguaje. El lenguaje seleccionado en ese momento está marcado con \*\*.

### Ventana Avanzado/Avanzado/Unidades

La unidad seleccionada en ese momento está marcada con \*\*.

Métrico	Los valores medidos y las distancias se calculan y se ofrecen conforme al sistema métrico de unidades. Unidad: metro
Imperiales	Los valores medidos y las distancias se calculan y se ofrecen conforme al sistema imperial.  Unidad: pies

## 6 Calidad de los datos

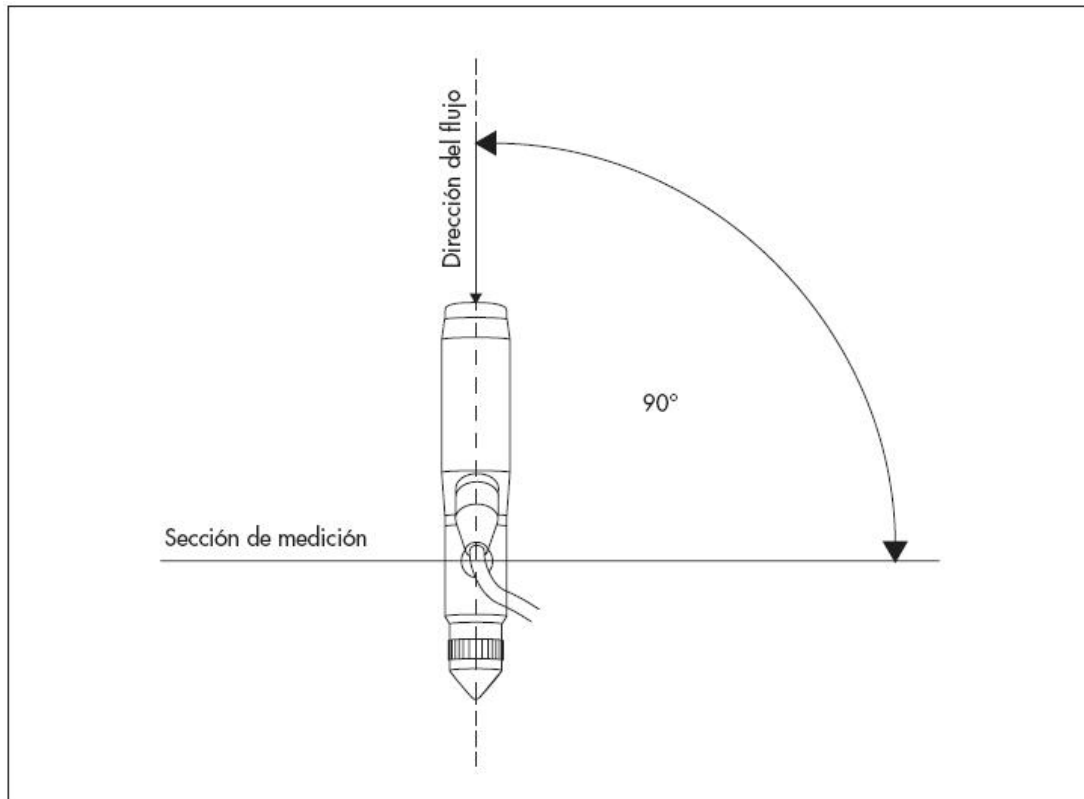
Para garantizar que los datos de medición sean exactos, es necesario tanto un control interno de calidad por parte del aparato como un uso adecuado y un control activo del usuario.

### 6.1 Ángulo de flujo

El ángulo de flujo es el ángulo entre la orientación del sensor (eje simétrico) y la dirección de la corriente (dirección del flujo). El ángulo de flujo es de 0° en los casos ideales.

Las estaciones de mediación muy adecuadas hidráulicamente presentan un ángulo de flujo reducido si el sensor está situado perpendicularmente a la sección de medida y la corriente presenta una trayectoria paralela a la orilla.





El uso práctico sobre el terreno tiene lugar una y otra vez de manera natural ligeras desviaciones de la orientación óptima del sensor de modo que pueden aparecer corrientes oblicuas. Ésta, y también las corrientes oblicuas debidas a la sección (por ejemplo, cerca de las orillas con paredes verticales) provocan la aparición de ángulos de flujo no iguales a cero.

El OTT ADC es relativamente sensible a las corrientes oblicuas debido al procedimiento de medición y a la situación de los convertidores ultrasónicos. En una prueba de campo no se determinó perjuicio alguno a la velocidad medida a causa de la corriente oblicua hasta los 10°. Además el error de medición es del 6% aproximadamente con un ángulo de flujo de 20° y del 8% aproximadamente con un ángulo de 30°.

Sitúe el sensor a ojo de modo que quede posicionado en contra de la corriente y en ángulo reto a la sección de medida.

## 6.2 Compensación de la temperatura

El OTT ADC esta equipado con un sensor de temperatura. La temperatura del agua es un parámetro importante tanto para el cálculo de la velocidad del sonido tanto como para la medida de la profundidad con la celda de presión.

Para realizarla solo espere unos 5 minutos antes de comenzar la medición para permitir que el sensor haya tomado la temperatura ambiente.

### **6.3 Calibración de la medición de la profundidad.**

El OTT ADC esta equipado con una celda de presión absoluta. Para poder medir la profundidad de inmersión del sensor de manera exacta tiene que calibrar la celda de presión en el aire. Pasados 30 minutos se le requerirá que vuelva a calibrar la celda.

## **7. Software OTT QReview**

Con el Software OTT QReview se pueden transmitir los datos de medición directamente del mando portátil a la computadora.

### **7.1 Requisitos del Sistema**

- PC compatible y con una frecuencia a partir de los 233 MHz.
- Sistema operativo a partir de Windows 98
- 64 Mb de RAM
- 10 Mb de espacio libre en disco duro
- Conexión USB

### **7.2 Instalación de los controladores de dispositivos USB y Software.**

Los controladores de los dispositivos USB para el mando portátil y los componentes del software para el OTT QReview se encuentran en el CD suministrado.

- Los controladores del mando portátil están en el directorio PC Software/USB Driver.
- Los componentes de OTT QReview están en el directorio PC Software /QReview\_xxx

### **7.3 Instalación de los controladores del mando portátil**

Para que se reconozca el mando portátil como un dispositivo USB, debe instalar **dos** componentes en la computadora

- Controlador USB
- Controlador serie (Puerto virtual COM)

#### **7.3.1. Pasos de instalación**

-Introduzca el CD en el CD-ROM de la computadora.

-Conecte el mando portátil a la computadora por medio de la conexión USB. Emplee el cable que se incluye.

-Encienda el mando portátil. En la computadora se abre el asistente de instalación; siga las instrucciones.

-Haga clic en finalizar para concluir la instalación.

De igual manera realice la instalación del controlador serie para el dispositivo USB.

El mando portátil estará disponible en la PC por medio de la conexión USB como puerto COM adicional. Deberá comprobar el puerto COM para transmitir datos del mando portátil a la computadora.

### 7.3.2 Instalación del Software

- Guarde los archivos de QReview del directorio correspondiente contenido en el CD suministrado en el disco duro de la computadora.

- Visualice la aplicación y ejecútela.

### 7.3 Trasmisión de datos a la computadora.

- Conecte el mando portátil a la computadora por medio de la conexión USB.

- Encienda el mando portátil

-Inicie la aplicación OTT QReview

- Seleccione el registro ADC y haga clic en *conectar*.

Los archivos se muestran en la zona *Data on ADC* en la ventana **Conectar+**. Proceda de la siguiente forma para guardar los archivos en la computadora.

-Marque los archivos deseados

-Seleccione una ruta en Files on desktop donde desee que se guarden los datos.

- Haga clic en el boton Retrieve files.

Los archivos seleccionados se guardaran en el directorio correspondiente.

### 7.4 Manejo posterior de los datos y exportación.

Para poder tratar con OTT QReview un archivo ADC guardado, ábralo.

-Seleccione File/Open en la ventana principal de OTT QReview.

-Seleccione, marque y confirme con OK el archivo deseado del directorio correspondiente en la siguiente ventana.

En el Registro Graphics se representan gráficamente los datos de medición seleccionados y el registro Data contiene una lista de ellos.

### **7.5 Funciones de Menú OTT QReview**

Puede tratar, imprimir o exportar los datos de medición. Para ello hay disponibles distintos menús que se describen brevemente continuación

- Menú File, abre un archivo nuevo o puede imprimir un archivo que ya este abierto.
- Menú Edit, en el puede ajustar los datos de medición y puede volver a calcularlos
- Menú Settings puede establecer determinados parámetros de calculo como, por ejemplo, un factor de influencia en el calculo de la velocidad media de flujo o la unidad que debe utilizarse.
- Menú Tools, en el puede efectuar un análisis y presentar la dependencia de la velocidad media de flujo con respecto a la profundidad de la aguas.
- Menú ADC sirve para transmitir los datos de medición del mando portátil a la computadora
- Menú Export ofrece una interfaz abierta para exportar datos a diferentes formatos, de modo que estos puedan estar disponibles para otros programas como Excel.
- Menú Help ofrece información sobre software y manuales de instrucciones online.

### **8. Cuidados y mantenimiento.**

- Procure cerrar las conexiones del mando portátil con las tapas de protección previstas para ello.
- Compruebe el estado de carga de la batería antes y después de una medición.
- Guarde el mando portátil en el maletín de transporte.
- Cuando sea necesario, limpie el mando portátil con un paño ligeramente húmedo.

## Perfilador Doppler



**Modelo Í RiverSurveyor S5-M9Î**  
**(Marca YSI/Sontek)**

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.	1
2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL RIVERSURVEYOR.	1
2.1. PD %5+(Perfilador Doppler).	2
2.2. Módulo de Energía y comunicación (PCM).	2
2.3. Barquito.	4
2.4. Opciones de configuración del sistema.	5
3. ENSAMBLE, INSTRUCCIONES DE CONFIGURACIÓN Y MANTENIMIENTO.	6
3.1. Instalación del PCM y del PD sobre un barquito	6
3.2. Conexión entre el PD %5+y una laptop (para recuperar datos).	8
3.3. Comunicación inalámbrica con el PCM (cuando se afora)	9
4. INTRODUCCIÓN AL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN	11
4.1. Información general	11
4.2. Aplicaciones	11
4.3. Pruebas pre-medición	11
5. SOFTWARE PARA PC RIVERSURVEYOR LIVE	16
5.1. Información general - Software para PC RiverSurveyor Live	16
5.2. Requisitos del sistema	16
5.3. Instalación	17
5.4. Inicio del software	18
5.5. Conexión al Sistema	18
5.6. Información del sitio	20
5.7. Configuración del sistema	20
5.8. Configuración de la medición	23
5.9. Pruebas previas de medición y utilerías	24
5.10. Grabadora	27
5.11. Recopilación de datos	28
5.12. Resumen de la medición de gasto	33
6. RIVERSURVEYOR LIVE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES	34
6.1. Información general-RiverSurveyor Live para software de dispositivos móviles	34
6.2. Requisitos de los dispositivos móviles	35
6.3. Instalación	35
6.4. Navegación y controles para dispositivos móviles	36
6.5. Iniciando el software y la conexión al Sistema	37
6.6. Preparación para una medición - Menú Principal	38
6.7. Medición de gasto - recopilación de datos	49
7. MANTENIMIENTO BÁSICO DEL RIVERSURVEYOR	54
7.1 Limpieza de los sensores	54
7.2 Cables y conectores	54
7.3 Junta del compartimento de la batería (O-ring).	55
7.4 Baterías	55
APÉNDICE G. SOFTWARE DE MEDICIÓN ESTACIONARIA	
APÉNDICE H. MÉTODO DE DOBLE RECORRIDO ( <i>LOOP METHOD</i> )	

## 1. Introducción.

El *RiverSurveyor S5* (marca Sontek/YSI) es un Perfilador acústico de velocidad basado en el efecto Doppler (PD) diseñado para medir gastos en ríos y canales. Dicho equipo puede trabajar en modo estacionario o en modo manual.

El *RiverSurveyor* puede configurarse y operarse desde una Laptop con una antena de radio o desde un teléfono celular (con BlueTooth) por medio de dos *softwares* compatibles con Windows: *RiverSurveyor Live+* (cuando se afora en modo dinámico) y *Stationary Measurement+* (cuando se afora en modo estacionario).

### Características del RiverSurveyor S5

<p>Sistema de 4 haces para determinar perfiles de velocidad</p> <p>Y un haz vertical para determinar el tirante.</p>	<p>Rango de medición de velocidad mayor a 5 m/s.</p> <p>Rango de medición de gasto de 15 m<sup>3</sup>/s.</p> <p>Rango para medir el tirante de hasta 5 m.</p>	<p>-Ajustes automáticos del tamaño de las celdas</p> <p>-Haz vertical</p> <p>-Posibilidad de trabajar con un GPS (este accesorio no está incluido)</p> <p>-Cálculos internos del gasto</p> <p>-Revisión y análisis rápido de datos</p> <p>-Operación flexible de la plataforma celular.</p>
--	--	---

## 2. Descripción de los componentes del RiverSurveyor.

El *RiverSurveyor S5* está diseñado para un uso cotidiano ya que cuenta con componentes modulares e intercambiables.

<p><b>COMPONENTES MODULARES E INTERCAMBIABLES</b></p>	<p>-PD (modelo S5): Perfilador Doppler.</p>	<p>Se programa y opera por medio de softwares compatibles con Windows (para una laptop a la cual se conecta una antena radio o para un teléfono celular con Bluetooth)</p>
	<p>-PCM: Módulo de energía y comunicación, que se conecta al PD.</p>	<p>Para el uso remoto con el barquito</p>
	<p>-GPS: Sistema de posicionamiento Global Absoluto (opcional)</p> <p>-GPS-RTKM: Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (opcional)</p>	<p>Para determinar la posición del equipo, cuando no se puede trabajar con la opción de rastreo de fondo (<i>Bottom Tracking</i>)</p>
	<p>-Barquito: Plataforma para mover el PD en la superficie del agua.</p>	<p>Para la mayoría de las rutinas de medición</p>

## 2.1. PD Í S5Î (Perfilador Doppler).

El perfilador doppler S5 es un sistema para la medición de gasto destinado a usarse desde botes en movimiento o estacionarios, integra una brújula con sensor de inclinación de dos ejes, sensor de temperatura, 8-Gb de grabación y un haz acústico vertical (ecosonda) para la medición de la profundidad; cuenta además con las siguientes características: rastreo de fondo, software para celular (para recolección en tiempo real de perfiles de corriente) *RiverSurveyor Live for Mobil* y para PC *RiverSurveyor Live for PC*, batimetría, cálculo de las mediciones de gasto, y una interfase DGPS.

El PD portátil S5 (Figura 1) tiene 5 sensores. Es ideal para el uso en canales poco profundos por el rango del perfilador de 0.2 m a 5.0 m, 4 de sus sensores de 3.0 MHz son para la medición de la velocidad y un sensor acústico vertical de 1.0 MHz es para proporcionar el dato de la profundidad.

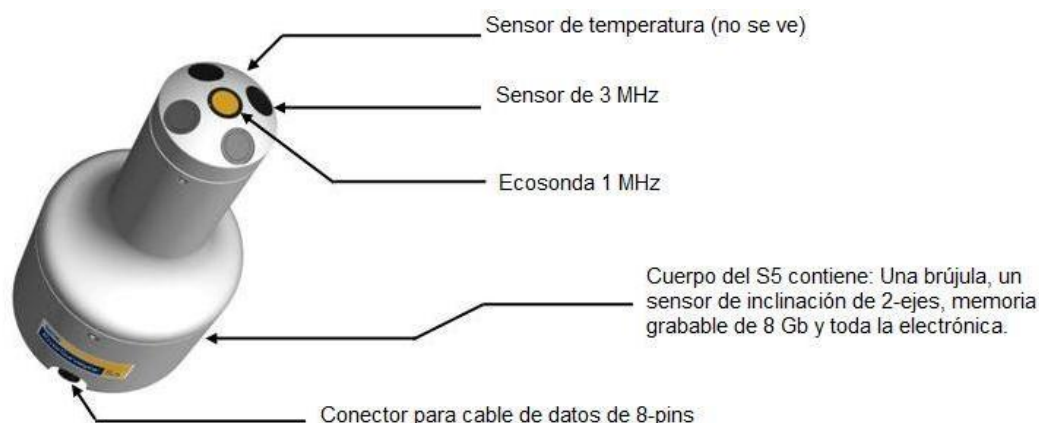


Figura 1: Características del PD S5

## 2.2. Módulo de Energía y comunicación (PCM).

El Módulo de Energía y Comunicación (PCM) está armado con dos paquetes de baterías recargables, tiene unos insertos de latón que opcionalmente se usan para montar el DGPS y la antena RTK GPS; sin embargo, la antena también puede montarse en el PD.

El PCM alberga la electrónica usada para la comunicación remota con una PC/Laptop o Plataforma Móvil vía un link de radio. Se conecta directamente al PD-S5 usando un cable de 1 m de longitud; puede configurarse con un GPS opcional.

El PCM tiene configuraciones de comunicación de rango corto y largo.

- PCM Bluetooth (rango corto): Utiliza la tecnología Bluetooth para la comunicación entre el DP y la PC/Laptop o el teléfono celular . la comunicación es bidireccional-. El rango de operación es de 200 m cuando se usa con la PC (se requiere un conector de alimentación USB) o 60 m cuando se dispone de una plataforma celular con Bluetooth (BT).
- PCM 900 Mhz SS (rango largo): Usa radio de 900 MHz de amplio espectro (SS) para la comunicación entre el PCM y la PC/Laptop . la comunicación es bidireccional-. El rango de operación es de unos 2 km.



### 2.2.1 Botón de encendido, baterías y LEDs.

El PCM tiene 4 LEDs (Figura 2). En todos los casos una luz verde deberá indicar que el componente está funcionando mientras que una luz roja o naranja indicará que el sistema no está funcionando.

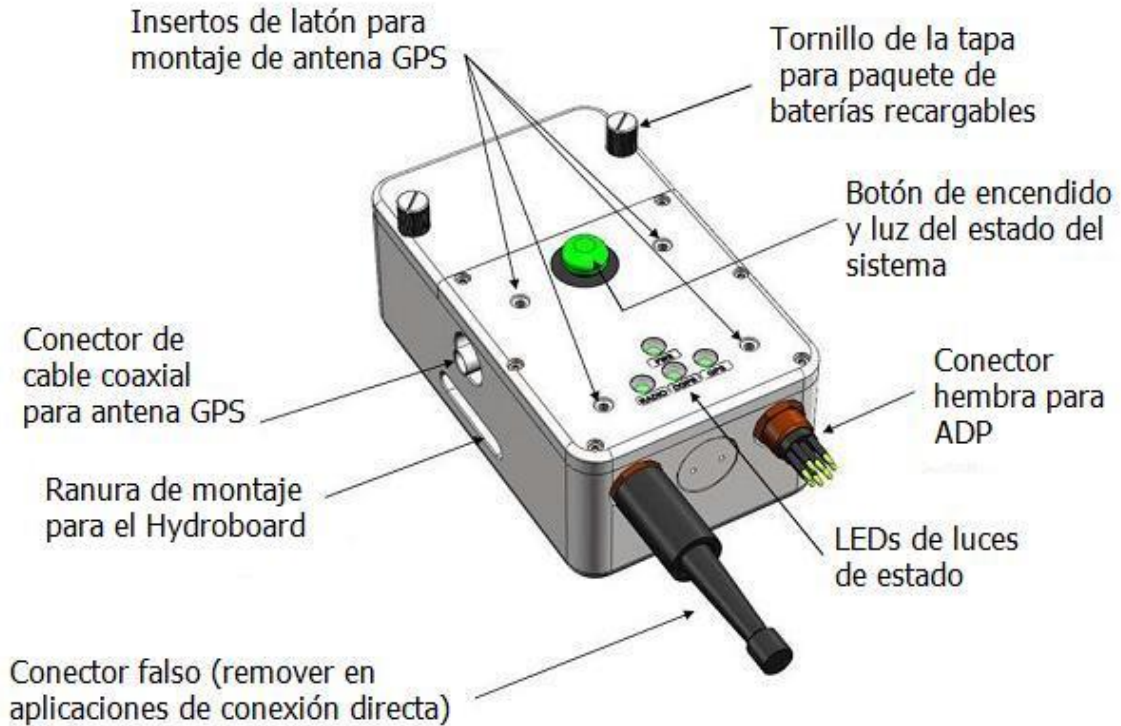


Figura 2: Componentes del Módulo de Energía y Comunicación (PCM)

**IMPORTANTE:** Cuando se tiene un catamarán de aluminio, el PCM se sujeta por medio de dos tornillos, en lugar de la ranura de montaje para el Hydroboard+.

En la tabla 1 se describe el propósito de las etiquetas de los LEDs.

Tabla 1. Descripción de los LEDs del PCM

Etiqueta	Descripción
PWR BT/Radio * DGPS	Encendido Bluetooth/Radio de amplio espectro (SS) GPS Diferencial (Verde)
GPS	Bloqueo GPS (Verde)

**\*Nota:** Sistemas con Bluetooth habilitado usan la etiqueta BT. Sistemas con la opción de radio SS usan la etiqueta Radio. Sistemas sin la opción inalámbrica no tendrán un LED

### 2.2.2 Opciones de comunicación inalámbrica.

Hay dos opciones de comunicación inalámbrica entre el PCM y una laptop (a la cual se conecta una antena de radio) o un teléfono celular (con Bluetooth).

É Comunicación Bluetooth: Usa Telemetría Bluetooth/PCM externo para la recolección remota de datos con antena interna.

<b>Comunicación Bluetooth</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Contenedor impermeable con el módem Bluetooth (clase 1, rango 200 m)</li> <li>-Estación base y antena Bluetooth USB para conectar con la PC/Laptop, con opciones para una plataforma de conexión móvil (celular).</li> <li>-Cable para procesamiento de 1 m (para la conexión con la unidad S5)</li> <li>-2 paquetes de baterías recargables</li> <li>- Cargador de batería.</li> </ul>
-------------------------------	---

É Comunicación 900-MHZ amplio espectro (SS): Telemetría de 900-MHz/PCM externo para la recolección remota de datos con antena interna.

<b>Comunicación 900-MHz SS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Contenedor impermeable con un módem de radio de 900 MHz (Rango 1 km)</li> <li>-Estación base con un radio de 900 MHz para conectar con la PC/Laptop.</li> <li>-Cable para procesamiento de 1 m (para la conexión con la unidad S5)</li> <li>-2 paquetes de baterías recargables</li> <li>-Cargador de batería.</li> </ul>
--------------------------------	---

### 2.3. Barquito.

El barquito (Figura 3) incluye las herramientas de montaje, arnés de amarre y un estuche.



Figura 3. Barquito modelo Hydroboard+(marca Sontek/YSI)

## 2.4. Opciones de configuración del sistema.

Los componentes del sistema RiverSourveyor son completamente intercambiables. En particular, el S5 interconectado al PCM puede montarse sobre un barquito (hydroboard) o cualquier otro bote vía instalaciones personalizadas Figura 4.



Figura 4. Barquito de aluminio, Módulo de Energía y Comunicación . BT (PCM) y M9

### 2.4.1 Uso del sistema desde un barco tripulado y con cable de comunicación.

La Figura 5 muestra un sistema que se utiliza típicamente para una aplicación con bote tripulado, usando un cable de conexión directa a la PC/Laptop y corriente externa.

La línea punteada indica el uso opcional de un GPS externo.

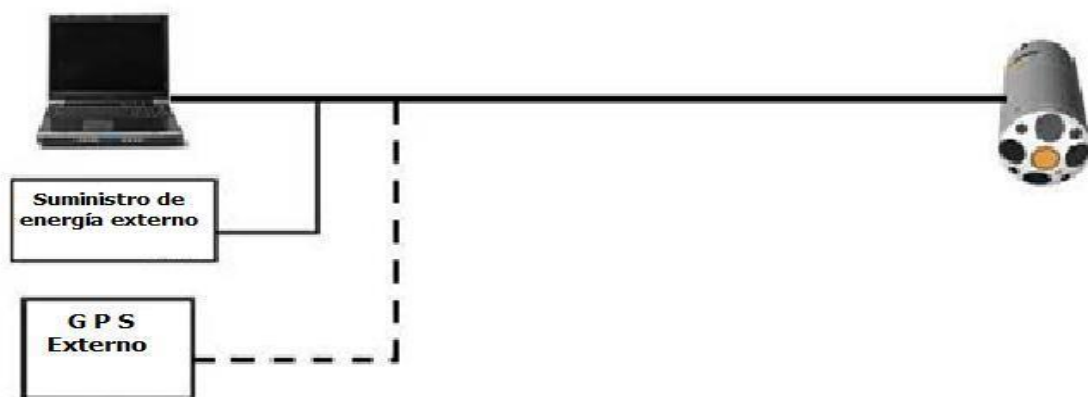


Figura 5. Sistema base / Configuración de conexión directa.

**NOTA:** Esta configuración básica también sirve para recuperar los datos de aforo almacenados en la memoria interna del PD.

## 2.4.2 Uso del sistema desde un barquito y con comunicación inalámbrica.

En la Figura 6 se muestra el sistema RiverSurveyor con comunicación inalámbrica usando un barquito.

Esta aplicación, para la medición del gasto en arroyos o canales, típicamente se usa con un bote con una amarra o remolcado manualmente desde un puente mediante el uso de una cuerda. La comunicación inalámbrica de dos vías con el barquito es directa.

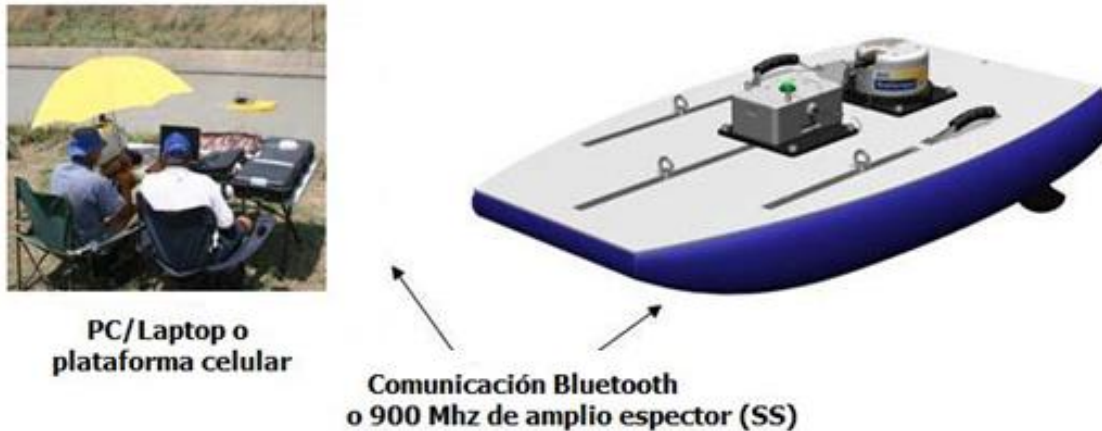


Figura 6. Comunicación inalámbrica sin GPS.

Tendrá otras opciones de configuración del sistema RiverSurveyor dependiendo de los elementos modulares que pueda adquirir, como por ejemplo, un DGPS estándar y comunicación inalámbrica o GPS Diferencial utilizando una estación base RTK.

## 3. Ensamble, Instrucciones de configuración y Mantenimiento.

Debido a la naturaleza detallada de los componentes y de la configuración, se sugiere familiarizarse con todos los materiales, protocolos de montaje, y la funcionalidad del sistema antes de ir al campo.

### 3.1. Instalación del PCM y del PD sobre un barquito

La instalación de los componentes del RiverSurveyor dependerá del barquito que tenga. La secuencia de las siguientes imágenes ejemplifica el montaje que se realizó del PCM y PD-M9 usando un barquito de aluminio (Catamarán).



a. Montaje del PCM



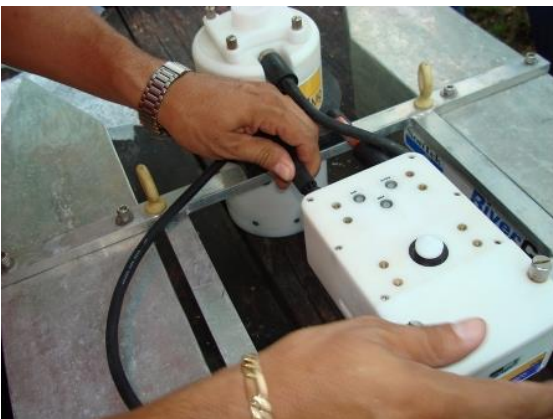
b. Montaje del PD-M9



c. Ajuste del PD-M9 para garantizar que esté sumergido cuando se lleve al agua



d. Asegurando todos los elementos roscables



e. Realizando conexiones del cable de comunicación/energía



f. Perfilador RiverSurveyor+

### 3.2. Conexión entre el PD Í S5Ĭ y una laptop (para recuperar datos).

1. Usando el cable del PCM (cable de energía y serial de comunicación de 10 m), conecte el conector macho al conector hembra de la PC/Laptop y a continuación conecte también en el puerto USB de la PC/Laptop.

Si la PC no tiene puerto de comunicación serial puede usar un convertidor serial USB que se conecta al puerto serie de cable de 10 m

2. Conecte el conector macho de 8 pines del cable de datos al conector hembra del PD hasta que las caras de ambos conectores queden alineadas. Apriete el protector de bloqueo la conexión.
3. Es preferible tener montado el PD en la estructura del barquito.
4. La aplicación con suministro externo de corriente alterna al sistema es mediante la conexión del cable de alimentación de 2 pines (cable de energía/comunicación serial de 10 m) a la fuente de alimentación. La figura 7 muestra los componentes necesarios para esta opción.

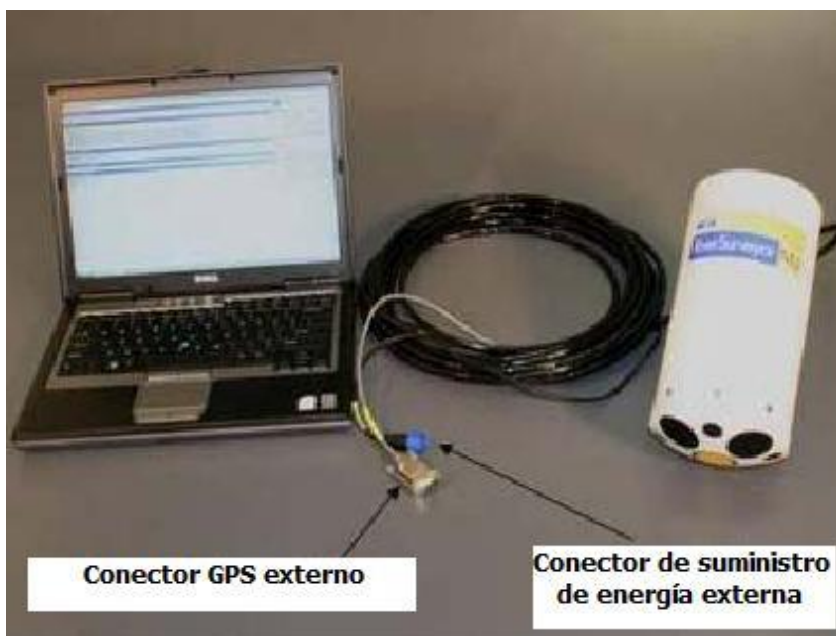


Figura 7: Componentes necesarios para la opción de conexión directa.

5. Inicie el programa para la PC/Laptop RiverSurveyor Live+ y conecte el sistema para iniciar la descarga de datos

Con esta misma configuración puede realizar una medición directa, sólo asegúrese - cuando introduzca el barquito al agua- que la cara del PD-S5 está suficientemente sumergida de forma tal que permanezca así en toda la medición. Opcionalmente, puede conectarse al sistema un GPS externo mediante el conector serial del cable de energía/comunicación de 10 m.

### 3.3. Comunicación inalámbrica con el PCM (cuando se afora)

1. Monte el PCM y PD en el bote.
2. Instale baterías recién cargadas.

- Abra la cubierta de las baterías en el compartimiento del PCM aflojando los dos tornillos.

- Inserte el paquete de baterías recargables alineándolas con los resortes de los contactos.

- Cerciérese de que el O-ring de sellado está libre en toda la ranura.

- Al cerrar la tapa de la batería, apriete firmemente los dos tornillos para mantener un sello hermético.

3. Conecte, como se muestra en la figura 8, el conector macho de 8 pines de uno de los extremos del cable de datos (hasta que la cara esté alineada) con el conector hembra del PD. Conecte el otro extremo (hasta que la cara esté alineada) al conector hembra del PCM. En ambos casos apriete el protector de bloque de la conexión.

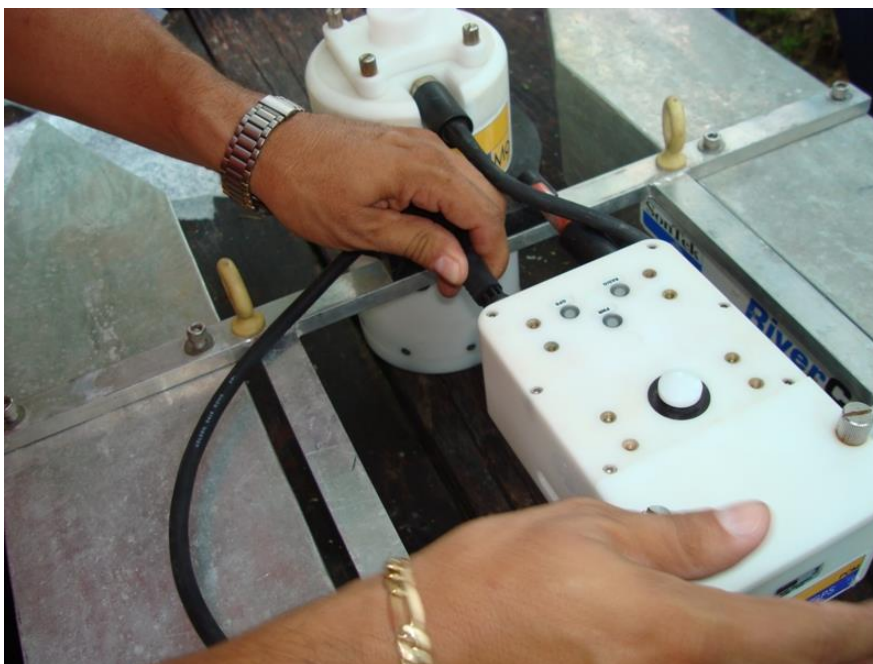


Figura 8. Conexiones entre un PD y el PCM con el cable de datos

4. Encienda el sistema presionando el botón de encendido en el PCM.

Para la comunicación inalámbrica del sistema PD-S5, hay dos opciones: Bluetooth y radio de 900- MHz (SS).

### 3.3.1 Comunicación Bluetooth

La figura 9 muestra los componentes necesarios para la opción de comunicación Bluetooth

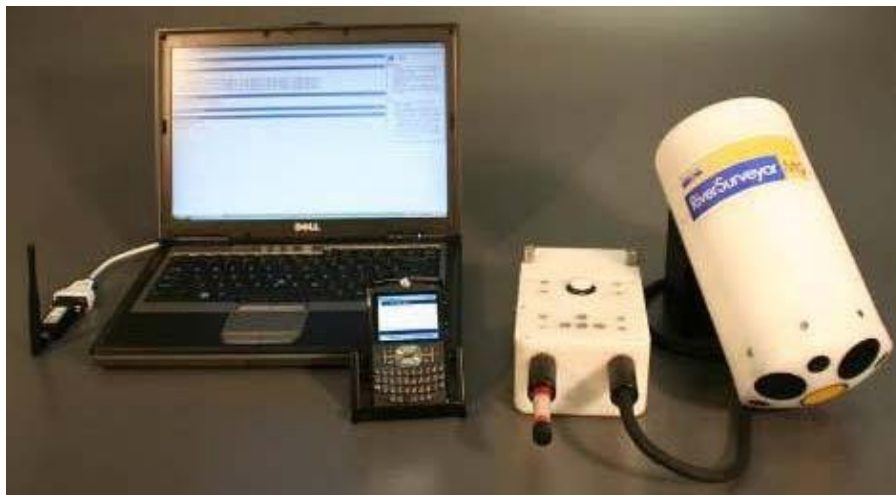


Figura 9:- Componentes necesarios para la opción de comunicación Bluetooth.

1. Para la plataforma celular no hay requerimientos adicionales de montaje. Sin embargo, la Laptop/PC requiere una conexión del dispositivo USB Bluetooth (antena) en el adaptador serial USB. La antena (Figura 10) viene preconfigurada y deberá ser reconocida como plug- and-play.



Figura 10. Antena Bluetooth.

2. Asegúrese que la comunicación Bluetooth está activa. Inicie el *RiverSurveyor Live* en la Laptop/PC y establezca la comunicación con el sistema. Asegúrese que el Bluetooth está seleccionado en el menú de comunicación de la plataforma celular o la PC/Laptop.
3. Encienda el sistema presionando el botón circular blanco en la cubierta del PCM. El botón debe iluminarse color verde sólido.
4. Siga las instrucciones para hacer una medición del gasto.



### 3.3.2 Comunicación de radio de 900-MHz de amplio espectro (SS)

En la figura 11 se muestran los componentes necesarios para la opción de comunicación de 900 MHz SS.



Figura 11. Componentes necesarios para la opción de comunicación de 900 MHz.

1. Conecte el módem de radio de la estación base a la Laptop usando el cable de comunicación y el puerto COM correspondiente. Encienda el módem.
2. Inicie el *RiverSurveyor Live* y establezca comunicación con el sistema siguiendo los avisos de la pantalla. Asegúrese de seleccionar el Puerto COM que el módem de radio está ocupando.
3. Encienda el sistema PD presionando el botón circular blanco de la cubierta del PCM. El botón debe verse verde sólido.
4. Siga las instrucciones para hacer una medición del gasto.

## 4. Introducción al procedimiento de medición

### 4.1. Información general

*Esta sección es una guía general para preparar y llevar a cabo mediciones de gasto en campo. La información presentada aquí tratará de las pruebas antes de llevar a cabo una medición, así como el procedimiento general para realizar una medición de caudal.*

### 4.2. Aplicaciones

Los procedimientos descritos en esta sección son válidos para todas las mediciones de descargas realizadas con barcos en movimiento (S5 RiverSurveyor y M9), lo que incluye el uso de Hydro-Board Sontek Hydro, así como aplicaciones del dispositivo remoto y también aplicaciones del barco. El protocolo que se describe a continuación es aplicable a las mediciones realizadas con PC y con el software para dispositivos móviles.

### 4.3. Pruebas pre-medicación

Los pasos descritos a continuación se utilizan para probar el hardware RiverSurveyor antes de hacer una medición. Las pruebas pre-medición como su nombre lo indica, se deben hacer antes de cada medición con el fin de garantizar la funcionalidad del hardware RiverSurveyor al momento de adquirir o recopilar datos y que éstos sean los apropiados.

### **4.3.1. Revise los cables y conexiones**

Antes de montar o ensamblar el hardware RiverSurveyor, se debe revisar la integridad estructural de todos los cables para asegurarse de que no hay defectos, revisión que incluye también los conectores. Una vez que el hardware esté montado, conecte todos los cables necesarios. Se debe estar seguro de que las caras de los conectores son del color correspondiente y apretarlos bien. Cuando se utiliza el Hydroboard Sontek o el dispositivo remoto, asegúrese de que todos los nudos y las abrazaderas están en buenas condiciones y que la cuerda o cable sean lo suficientemente fuerte como para soportar las condiciones del sitio.

### **4.3.2. Comunicaciones**

Las comunicaciones son vitales para las mediciones a distancia. Hay tres tipos de conexiones de comunicaciones para el ADP: Conexión Directa, Bluetooth y Propagación del espectro radioeléctrico. En el caso de las comunicaciones inalámbricas, asegúrese de tener el tapón obturador instalado en el módulo de comunicaciones y energía (PCM). Es importante señalar que el PCM requiere energía, por lo tanto se debe tener a la mano los paquetes de baterías debidamente cargadas y de repuesto.

La **conexión directa** es un cable de conexión entre el ADP y la PC. Verifique que la conexión entre el cable y el ADP está en buen estado (que el conector húmedo quede al ras con la cara del conector

del ADP) y que el manguito de fijación se apriete a mano. Verificar que el puerto serial de la PC está bien conectado. Hay un adaptador de puerto USB a puerto serial incluido para PC's que no tengan un puerto serial DB9. El adaptador de alimentación de corriente alterna CA externa es necesario para las conexiones directas que no cuenten con un módulo de comunicaciones y energía (PCM en inglés).

La **comunicación Bluetooth** está disponible con un módulo de comunicaciones y energía. Esto permite la comunicación inalámbrica entre un ADP y una PC con candado Bluetooth Paraná ( de 200 m de rango) o el dispositivo móvil Motorola Q (60 m alcance).

**Candado Bluetooth Paraná** - Este es un radio externo Bluetooth que se conecta al puerto serial de la PC o a través del adaptador USB a un adaptador serial. El candado toma energía eléctrica de la PC a través del conector USB. Se configurará automáticamente a 57600 baudios por medio del software RiverSurveyor Live. En todos los casos, asegúrese de verificar muy bien las conexiones.

**Propagación del Espectro Radioeléctrico** proporciona un rango extendido (mayor a 2 km). El Módulo de Comunicaciones y Energía (PCM en inglés) se comunica con la base del radioespectro que se conecta al puerto serial de una PC a través de un conector húmedo de 8 pines. Existe un adaptador de USB a un Puerto Serial para PC's que no tienen puerto serial DB9. La base del radio espectro eléctrico funciona con pilas, por eso siempre se tiene que verificar que las baterías estén totalmente cargadas y que este encendido antes de empezar a hacer la medición.

### 4.3.3. Prueba del sistema

Esta es una verificación de que los componentes del hardware están funcionando, dura 60 segundos. El sistema de análisis comprueba que el voltaje de la batería, la brújula, la tarjeta de memoria SD y el sensor de temperatura están funcionando correctamente. Una aprobación del sistema indicaría que todos los sistemas están en buenas condiciones para su uso, mientras que una falla requeriría la intervención del usuario para realizar mediciones confiables. A continuación se muestra una lista de los mensajes de falla del sistema:

- É El Voltaje del sistema de baterías es menor a 12 Volts
- É La brújula del sistema no funciona
- É La tarjeta de memoria SD del sistema no funciona
- É El Sensor de temperatura no está funcionando

### 4.3.4. Calibración de la brújula

La calibración de la brújula es necesaria antes de cada medición de gasto. Se utiliza para compensar la interferencia magnética en las proximidades del ADP. Por ejemplo, una batería o abrazadera de acero al lado de la unidad tendrá un efecto mucho mayor que un puente de acero a 200 metros de distancia. Por eso es importante eliminar cualquier material magnético, incluidos los dispositivos electrónicos o dispositivos móviles y relojes de pulsera de la vecindad inmediata cuando se realice la calibración de la brújula.

Para realizar la calibración de la brújula, gire el ADP a través de dos círculos completos al mismo tiempo que varía la inclinación y ángulos de rotación tanto como sea posible. Cada rotación debe tardar más de un minuto completo para terminar.

Si el ADP se va a ensamblar en un *barco*, todo junto, es decir, el barco junto con todo lo que está físicamente conectado al sistema, se tiene que girar para llevar a cabo la calibración variando los ángulos de inclinación y balanceo tanto como sea posible (dentro de las limitaciones del barco). Los cambios en los componentes metálicos en el barco (por ejemplo, cajas de herramientas, motores o soportes) no se deben hacer después de que la calibración se ha llevado a cabo, de lo contrario, la calibración debe repetirse.

Si no se puede lograr una buena puntuación en la calibración se puede intentar reducir la velocidad de las rotaciones e incrementar las inclinaciones y balanceos lo más que se pueda. Puede ser necesario completar la calibración de la brújula manualmente lo más cercano al lugar de montaje. Si fuera necesario se pueden hacer correcciones durante el post-procesamiento.

La rutina de calibración de la brújula se actualizó en el firmware v0.81. El nuevo procedimiento de calibración mejora su capacidad para detectar la distorsión magnética local. El resultado es que las lecturas del norte magnético mejorarán durante la calibración real. Las lecturas del norte magnético se utilizan para referenciar al Norte verdadero. Dichas lecturas mejoradas reducen la necesidad de hacer correcciones menores cuando se intenta alinear correctamente la brújula hacia el norte geográfico.

### 4.3.5. Grabadora / Registro / Memoria

El menú de la **grabadora** se proporciona en la pestaña Sistemas y proporciona una manera de manejar los archivos almacenados en la tarjeta de memoria de 8 GB. Se puede descargar la totalidad o archivos seleccionados mediante la opciones que se presentan en la ventana de grabación.

**Descargar todos los archivos** - descarga todos los archivos de la grabadora

**Descargar archivos seleccionados** - permite seleccionar los archivos utilizando la casilla de verificación junto al nombre del archivo. Sólo se tiene que seleccionar los archivos a descargar y luego presionar en **Descargar archivos seleccionados**.

**Formato a la grabadora** - Borra la memoria de la grabadora borrando todos los archivos.

Se debe asegurar que exista suficiente memoria disponible en la grabadora antes de llevar a cabo una medición. Se sugiere descargar archivos y formatear la grabadora entre una y otra medición en diferentes sitios. Todos los archivos deben ser descargados del ADP para el post-procesamiento y evaluación de datos.

### 4.3.6. Procedimiento de Medición

Una vez que las pruebas de pre-medición y los datos iniciales del sitio específico están completos, se deben tener en cuenta los principios básicos de una medición de flujo: el gasto de flujo total es la cantidad de agua (o flujo neto) a través de una sección y se calcula a partir de la velocidad media del agua y el área transversal de la sección de medición.

### 4.3.7. Información general

Una medición de flujo con el barco en movimiento se puede dividir en tres componentes clave: el margen inicial, transecto lineal y el margen final. Estos componentes se muestran a continuación:

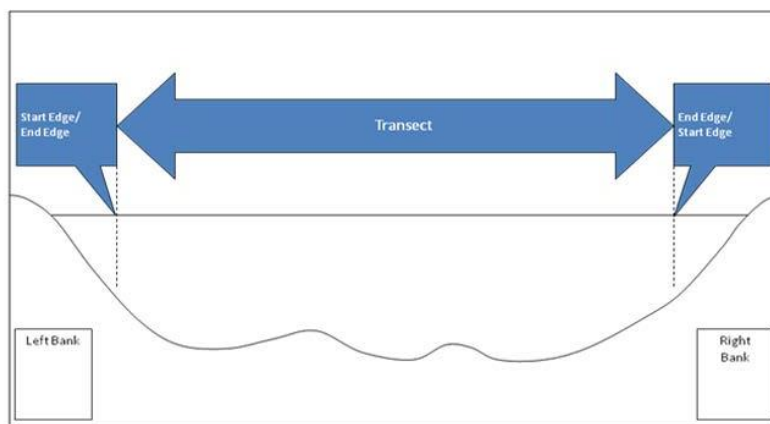


Figura 12. Secciones transversales de Medición

El componente de transecto lineal se puede dividir en estimación superior, estimación de las orillas, área media o de medición y estimación de fondo, como se muestra en a continuación:

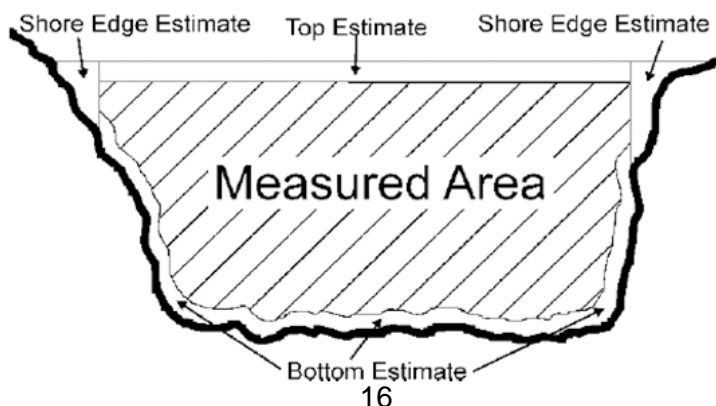


Figura 13. Áreas Transversales no medidas por el ADP

Por tanto, el total de flujo se puede calcular sumando el margen inicial, aproximación superior, área de medición y alrededores, la estimación de fondo y el margen final. Sólo el área de medición se mide por el perfilador acústico Doppler. Es importante señalar que todas las demás áreas se calculan utilizando los cálculos recomendaciones aprobadas en normas o estándares.

Las razones para dividir el cálculo total del gasto en varios componentes se deben a las limitaciones inherentes a todos los perfiladores acústicos Doppler. Un perfilador acústico Doppler no puede medir toda la sección transversal de un río o canal debido a varias cuestiones:

~ Existe una profundidad mínima de funcionamiento para el generador de perfiles. A profundidades por abajo de este mínimo, la velocidad del agua y por lo tanto el gasto debe estimarse en función de la velocidad y las mediciones de profundidad en las márgenes.

Las márgenes iniciales y finales se miden en esta forma.

~ La profundidad de montaje más una corta distancia (referido en adelante como la distancia de supresión o blanqueo) desde el perfilador (al inicio del perfil de velocidad) se deja una sección de la superficie del agua sin medir. Esta área es referida como estimación superior.

~ Potencial contaminación de los datos de la última celda (es decir, la celda está parcial o totalmente tocando el lecho del río), o la potencial interferencia del margen lateral en el extremo final del perfil, deja una sección de agua en el fondo sin medir. Esta área se conoce como estimación de fondo.

Entonces, ¿Cómo se calculan las velocidades y los gastos en cada una de estas áreas estimadas y las márgenes?

Se utiliza una técnica conocida como extrapolación del perfil de velocidad para estimar las áreas no medidas en la parte superior e inferior. Este enfoque teórico para la modelación de las velocidades en la columna de agua permite calcular todas las velocidades y por lo tanto el gasto.

$$\frac{u}{u_*} = 9.5 \left( \frac{z}{z_0} \right)^b$$

Ec. 5-1

La extrapolación del perfil de velocidad utiliza la ley de potencia del perfil propuesto por Chen (1991), y Simpson y Oltmann (1990), para el cálculo de velocidades por encima y por debajo de la superficie medida.

Donde  $u$  es la velocidad medida a la altura  $z$  desde el fondo del río,  $u^*$  es la velocidad cortante o de fricción inferior,  $z_0$  es la altura de la rugosidad del fondo, y  $b$  una constante (igual a 1/6 de acuerdo con Chen, 1991). El uso de esta ecuación supone que las corrientes en el perfil viajan aproximadamente en una misma dirección. En situaciones en las que esto no sucede, (por ejemplo, en flujos estratificados o flujos bi-direccionales), se debe utilizar otro de los métodos de extrapolación disponibles en el software RiverSurveyorLive. De forma predeterminada, el software RiverSurveyorLive utiliza el perfil de la velocidad a la potencia 1/6 (descrito anteriormente) usando todo el perfil de velocidad de medición para calcular las velocidades en las áreas superior o inferior sin medir.

De esta manera las velocidades son conocidas para cada una de las áreas estimadas tanto la inferior como la superior. Los gastos de cada componente se calculan en base a la velocidad, la

profundidad y el movimiento del barco en el transecto.

El gasto en las márgenes inicial y final se calcula a partir de un perfil de velocidad media que se ha desarrollado manteniendo una posición (relativamente) fija en el margen. Es importante que el barco se mantenga inmóvil tanto como sea posible en la orilla. Los perfiles de velocidad medida se combinarán en esta fase para producir un perfil promedio único. El cálculo del gasto en la (las) margen(es) depende si la margen tiene pendiente o es vertical y utiliza una combinación de la profundidad media y del perfil de velocidad en la margen u orilla. En el transecto, el cálculo del gasto está basado en la profundidad, la distancia recorrida y la velocidad media del agua. Durante este tiempo el sistema compensa automáticamente los cambios en el curso y la velocidad del barco.

Una de las principales ventajas es que la PC y el software para dispositivos móviles van paso a paso a través de este proceso y hacen el cálculo del gasto de forma automática.

#### ***4.3.8. Inicio del sistema***

Después de configurar el sistema, iniciar el sistema de adquisición/recopilación de datos.

#### ***4.3.9. Recopilación de datos del margen inicial***

Posicionar el barco en la margen inicial y comenzar a recopilar datos con el barco lo más inmóvil posible. Se recomienda que se recopilen un mínimo de 10 perfiles para realizar el cálculo del gasto de la margen. Introduzca la distancia de la margen u orilla y su forma.

#### ***4.3.10. Recopilación de datos del transecto***

Después de recoger los datos de la margen inicial, se procede a mover el barco a través del canal. Mantenga la velocidad del barco y la dirección lo más constante posible.

#### ***4.3.11. Recopilación de datos del margen final***

Después de que el barco se ha trasladado a través del canal y llegado al margen extremo o final, se introducen los datos de distancia y la forma o contorno de éste. Se deben hacer al menos 10 muestreos o recopilaciones del perfil de velocidad con el barco en estado estacionario.

#### ***4.3.12. Mediciones adicionales / Transectos***

La medición está completa una vez que se introduce la información del margen final. Se puede iniciar otra medición desde la misma ubicación o bien se puede apagar.

## **5. Software para PC RiverSurveyor Live**

### ***5.1. Información general - Software para PC RiverSurveyor Live***

Esta sección es una referencia rápida para usar el software para PC Live RiverSurveyor.

El software RiverSurveyor Live es una interfaz para la medición del gasto para los sistemas S5 y M9. El software incluye todo lo necesario para hacer mediciones de gasto en tiempo real, así como el procesamiento posterior de los datos.

## 5.2. Requisitos del sistema

RiverSurveyor Live para PC requiere las siguientes especificaciones:

- “ Windows Vista o Windows XP
- “ Procesador de 1.6 GHz
- “ 1 GB de memoria
- “ 1 GB de espacio en disco
- “ Resolución de pantalla de 1024 x 768

## 5.3. Instalación

Para instalar el software Live RiverSurveyor en su PC, inserte el CD de distribución en la unidad de CD-ROM. El programa iniciará automáticamente y mostrará el menú de instalación (Figura 14). Si el menú de instalación no aparece en pocos segundos, presione Inicio Ejecutar en su PC y escriba D:\ install.exe, donde d: \ es la letra de la unidad de CD-ROM, introduzca la que corresponda a la unidad en su PC.



Figura 14. Menú de Instalación

Presione en la frase **Install Live RiverSurveyor for PC**. El asistente de instalación (Figura 15) mostrará las instrucciones paso a paso para instalar el software.



Figura 15. Ventana de instalación

Siga las instrucciones en la ventana para completar la instalación del software. Una vez que se haya instalado se está listo para usar RiverSurveyor Live for PC y realizar una medición.

## 5.4. Inicio del software

Al iniciar el software, el menú principal se presentará como se muestra en la Figura 16:



Figura 16. Menú Principal del RiverSurveyor Live for PC

## 5.5. Conexión al Sistema

Cuando se usa el software Live RiverSurveyor for PC, hay tres formas de conectarse al ADP:

- Presionando en el icono **Connect** de la barra de herramientas en la parte superior de la pantalla.





- Utilizando la liga del sistema **Connect to River Surveyor** ubicado bajo las opciones de conexión.

- Utilizando la tecla de atajo: Ctrl + N.

Después de seleccionar la opción de **Conectarse al sistema**, aparecerá una ventana emergente que le pedirá la selección del puerto COM apropiado. Ya sea para una Conexión Directa, Propagación del espectro radioeléctrico o el Bluetooth integrado, seleccione el puerto COM adecuado y presione en **Connect**. Marque la casilla **Parani Bluetooth connection** mostrada en la Figura 17 solamente cuando se utilice el candado Bluetooth Parani para conectarse. Lo anterior hace que el sistema se configure y se conecte automáticamente al candado Bluetooth Parani a 57600 baudios.

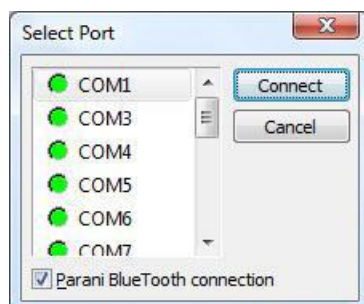


Figura 17. Ventana de selección del puerto COM

Después de la selección del puerto COM, se presenta una ventana de búsqueda que muestra los números de serie de los sistemas disponibles para la conexión (Figura 18). En caso de que ningún sistema se puede detectar, presione en **Search again**. Se debe verificar que los sistemas estén encendidos o que tengan energía. Si no están encendidos, el sistema no puede ser detectado para comunicarse con la PC.

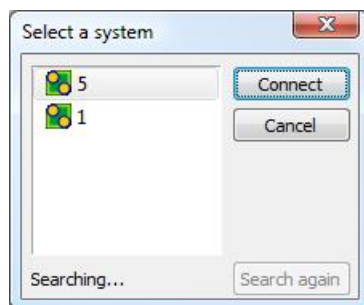


Figura 18. Selección de Sistema de ventanas

Cuando se establece la conexión, la pestaña **System** aparece como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Pestaña sistema - seguimiento de la conexión

Esta pestaña permite introducir la información del sitio, configuración del sistema y configuración de la medición, descargar archivos desde el adquiridor de datos y realizar pre-pruebas de medición. El puerto COM y la velocidad de transmisión ( COM2 57600) se muestran en la parte superior.

## 5.6. Información del sitio

La información del sitio se puede ingresar presionando en **Cambiar Información del sitio (ChangeSite Information)**; esto abre una ventana que permite introducir detalles específicos del sitio. (Figura 20). El número máximo de caracteres permitidos para cada campo de datos está en paréntesis. Si se introducen más caracteres que los máximos permitidos se mostrará un mensaje de error que pedirá que se introduzca la información del número de caracteres asignado. Toda esta información se puede cambiar durante el post-procesamiento.

The 'Site Information' dialog box contains the following fields and values:

- Site Name(25 Chars): SonTek
- Station Number(10 Chars): 1
- Location(25 Chars): Tank
- Party(25 Chars): MR
- Boat/Motor(15 Chars): HydroBoard
- Meas. Number(10 Chars): 1
- Comments(50 Chars): Test

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

Figura 20. Sitio Menú de Información

## 5.7. Configuración del sistema

Las configuraciones del sistema son específicas para cada sitio de medición. La información se introduce presionando en **Cambiar la configuración del sistema (Change System Settings)**. Permite introducir la información de configuración para el sitio, así como seleccionar la trayectoria de referencia, profundidad de referencia y el sistema de coordenadas. La figura 30 presenta el menú de configuración del sistema. Esta información se puede cambiar durante el post-proceso. Los datos modificados en el post-proceso se mostrarán en texto color verde. A continuación se da una explicación de cada campo en el menú **Configuración del sistema (System Settings)**.

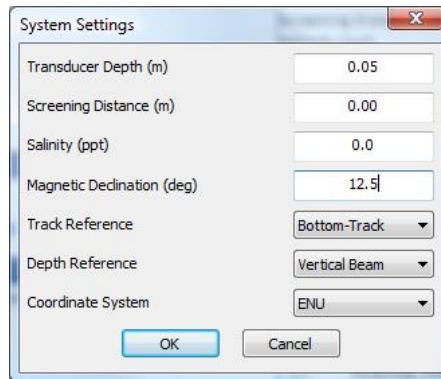


Figura 21. Menú de configuración del sistema

**Profundidad del transductor** - Esta es la distancia (en m) que el haz vertical del transductor está sumergido por debajo de la superficie del agua. La figura 31 muestra un esquema básico que representa el transductor del ADP sumergido en el agua. La profundidad del transductor corresponde a la profundidad desde la superficie hasta el borde inferior del transductor.

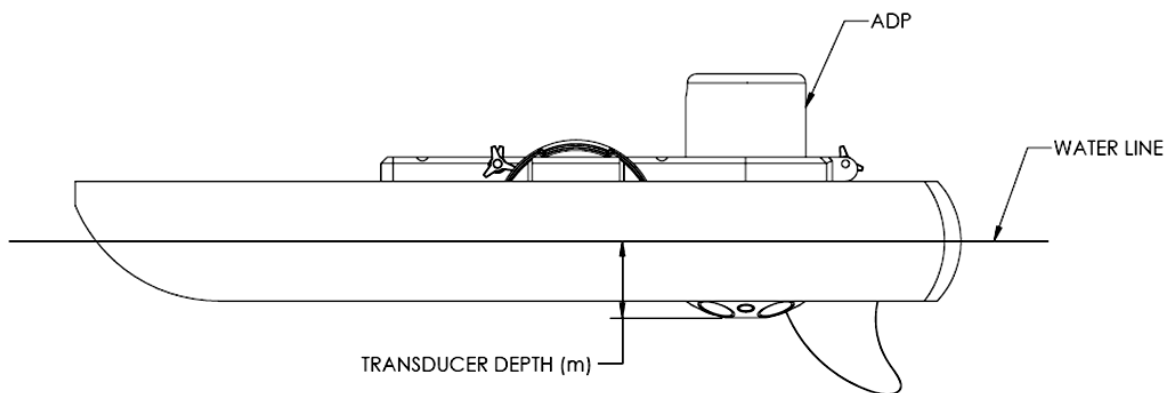


Figura 22. Explicación de la profundidad del transductor

**Distancia de monitoreo** - Esta es la distancia debajo del ADP en la que se desea iniciar la recopilación de datos, en lugar de dejar que se haga según la configuración predeterminada del instrumento. En esencia, esta opción permite programar el ADP para que inicie la recolección de datos o el muestreo por abajo de cierto punto. Esto se utiliza principalmente para aplicaciones con barco, donde la distancia de monitoreo puede ser configurada o seleccionada para evitar disturbios en el flujo provenientes de la estela de la embarcación.

**Salinidad** - Este parámetro definido por el usuario permite la corrección de la velocidad del sonido en el agua basándose en la salinidad del agua en partes por milésimas (ppm). Se deben introducir valores representativos de las condiciones locales del agua de forma manual para evitar posibles cálculos erróneos. Como referencia, el rango de salinidad está entre 0 ppm (agua dulce) y 34.5 ppm (agua de mar). La temperatura del agua es también un factor que incide en los cálculos de la velocidad del agua. El ADP ha incorporado un sensor de temperatura que automáticamente compensa este efecto.

**Inclinación Magnética** - En la superficie de la tierra, una brújula calibrada indica el Norte magnético en lugar de Norte geográfico. La diferencia angular entre estas dos direcciones se denomina declinación magnética (también conocida como variación, variación magnética o variación de la brújula). La inclinación magnética varía en la superficie de la tierra y con el tiempo. La brújula del ADP se calibra en fábrica, sin embargo, se requiere una calibración en cada sitio para eliminar cualquier interferencia magnética local. La Calibración de la brújula, dará una mejor precisión de la medición. El ángulo de inclinación magnético ( ) se puede encontrar en mapas, como el presentado en la Figura 23. Existen elementos disponibles sobre la inclinación magnética que se pueden encontrar en muchos sitios en Internet.

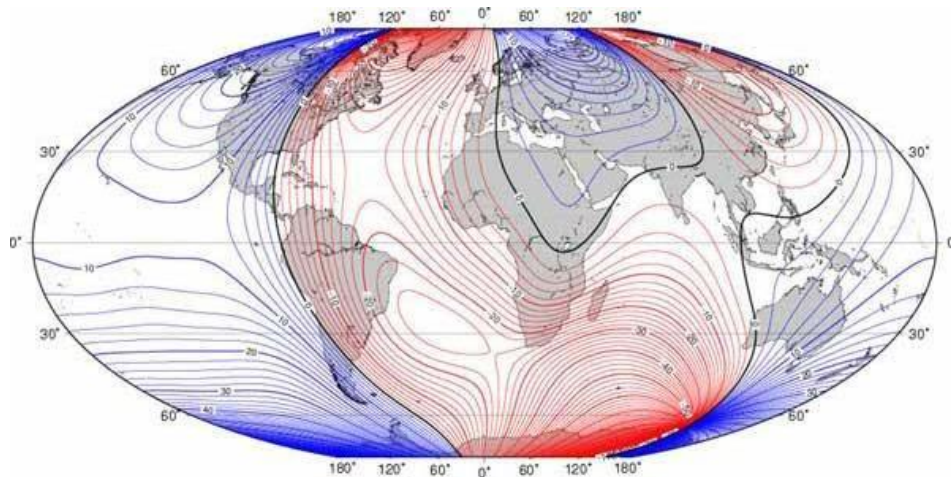


Figura 23. Mapa de la inclinación magnética del mundo

**Trayectoria de referencia** - El ADP mide la velocidad del agua utilizando el principio de efecto Doppler, usando múltiples pulsos acústicos transmitidos y recibidos a lo largo de una columna de agua. Cuando el ADP está en movimiento, en realidad la velocidad del agua medida por el ADP es una combinación de la velocidad del barco y la velocidad del agua. Con el fin de determinar la velocidad del agua verdadera, la velocidad del barco debe ser conocida y luego se debe restar de la medición de la velocidad real del agua. La aplicación para conocer el gasto del RiverSurveyor Live for PC, cuando el barco está en movimiento, usa tres métodos (referencias) para determinar la velocidad del barco.

**1. Velocidad de referencia de la trayectoria de fondo:** El ADP es capaz de determinar por sí mismo la velocidad del barco mediante una técnica llamada trayectoria de rastreo o de fondo. En este caso, la velocidad se calcula utilizando el efecto Doppler a partir de múltiples pulsos acústicos recibidos (transmitidos desde el ADP) que se han reflejado en el lecho del río. Si el lecho del río no se mueve, entonces la velocidad de desplazamiento Doppler estará compuesta solamente por la velocidad del barco, lo cual es aceptable para los cálculos del gasto. Si el lecho del río está en movimiento la velocidad de desplazamiento basada en el efecto Doppler consistirá en la velocidad del barco más la velocidad del lecho del río o canal para calcular las variaciones del gasto. En este caso, serían preferibles las siguientes dos referencias para

determinar la velocidad del barco.

**2. Velocidad referenciada a GGA GPS:** GPVGA (GGA) se refiere al protocolo específico NMEA-

0183 para adquirir los datos de posición del GPS. En este caso, la secuencia o cadena GGA contiene información de la posición real (latitud y longitud) al igual que otros parámetros de calidad del GPS.

La velocidad del barco se calcula midiendo la distancia entre dos posiciones sucesivas GGA dividido por el tiempo de travesía entre estas dos posiciones. Se necesitan correcciones diferenciales en los datos GGA para reducir la magnitud del error de posición asociado a cada medición. El RiverSurveyor utiliza dos tipos de correcciones: diferencial y cinemática en tiempo real, (RTK).

**3. Velocidad referenciada a VTG GPS:** GPVTG (VTG) se refiere al protocolo específico NMEA-0183 para adquirir los datos de velocidad del GPS. En este caso, la secuencia VTG contiene la información real de la velocidad del barco al igual que otros parámetros del GPS. La velocidad del GPS se calcula basándose en el desplazamiento Doppler de las señales de satélites recibidas. Hay un menú desplegable para seleccionar la trayectoria de referencia adecuada. Todas las trayectorias de referencia estarán disponibles para analizar o calcular el gasto en el post-proceso. Hay cuatro opciones:

É *Trayectoria inferior o de fondo:* El ADP utiliza la trayectoria de fondo para medir la velocidad del barco en relación al fondo del río. La velocidad del barco se resta de la velocidad del agua para obtener el perfil del agua independiente del movimiento del barco. Esta es la única trayectoria de referencia disponible para sistemas sin un GPS opcional.

É GPVGA: El ADP utiliza la secuencia GGA (de los datos del GPS) para medir la velocidad de un barco con base en la información de posición del GPS. Esto sólo está disponible para los sistemas configurados con la opción de GPS. Se recomienda que los datos o información de la secuencia GGA usen una corrección diferencial menor a un metro o la corrección RTK para hacer los cálculos del flujo volumétrico. El método de mejor calidad y de mayor exactitud utiliza los datos corregidos con RTK.

É GPVTG: El ADP utiliza la secuencia VTG (a partir de los datos GPS) para medir la velocidad de un bote o barco basándose en los datos de velocidad del GPS. Este método requiere una revisión adicional de los parámetros de calidad de los datos para verificar la calidad de los datos.

É *Sistema:* El ADP referencia todas las velocidades solamente a sí mismo. Esto sólo debe usarse en aplicaciones especializadas por usuarios experimentados. No se recomienda para las mediciones de gasto desde un barco en movimiento.

**Profundidad de referencia** - Este es un menú desplegable que tiene dos opciones para determinar la profundidad del agua. Ambas están disponibles para el post-procesamiento, sin embargo, se puede seleccionar una opción como predeterminada.

É **Haz vertical:** Esta información de la eco-sonda es muy exacta para determinar la profundidad del agua.

É **Trayectoria de fondo:** Ésta usa datos de cuatro haces en ángulo para determinar la profundidad de la columna de agua utilizando el promedio de las profundidades de cada haz.

**Sistema de Coordenadas** - Este menú tiene tres opciones. Las tres opciones están disponibles para el procesamiento posterior, sin embargo se pueden configurar los valores predeterminados para la medición.

É **ENU:** Este es el sistema tradicional de coordenadas Este, Norte y Superior.

É **Sistema**: Se utiliza el ADP como referencia. Se utiliza para pruebas internas solamente.

É **XYZ**: Se trata de una posición relativa en tres dimensiones usada solamente en aplicaciones especializadas por usuarios experimentados.

## 5.8. Configuración de la medición

La configuración de la medición se puede introducir presionando en **Cambiar la configuración de la medición (Change Measurement Settings)**. Los parámetros se aplican a la medición específica del gasto. La información de este menú (Figura 24) se puede cambiar en el post-proceso. A continuación se muestra una explicación de los campos de las ventanas de la configuración de la medición.

É **Margen inicial** - Establece el margen inicial predeterminado para la medición del gasto (margen derecha o izquierda).

É **Gasto nominal** - Introduzca un gasto nominal de una pre o post medición. Esta información es útil para el post-procesamiento de la información, análisis y evaluación.

É **Calidad de la Medición** - Se utiliza como una entrada cualitativa del post-proceso para evaluar la calidad de la medición del gasto.



Figura 24. Menú de configuración de la medición

## 5.9. Pruebas previas de medición y utilerías

Los pasos descritos a continuación se utilizan para probar el hardware RiverSurveyor Live for PC antes de hacer una medición. Se deben hacer las pruebas previas a una medición antes de cada medición de gasto para garantizar la funcionalidad del hardware RiverSurveyor Live for PC en la recopilación de datos apropiados.

### 5.9.1. Calibración de la brújula

Es necesario calibrar la brújula antes de cada medición de gasto para compensar los campos magnéticos propios del lugar. Para realizar la calibración de la brújula, presione el enlace o liga **Calibración de la brújula (compass calibration)** en el menú **Herramientas (Tools)** y presione en **Inicio (Start)** en la ventana que se muestra (Figura 25). Gire el ADP a través de dos círculos completos mientras que varía la inclinación y el ángulo de rotación tanto como sea posible. Es importante calibrar la brújula montada en el barco o ensamblarla lo más cercano posible al sitio de medición. Asegúrese de retirar cualquier dispositivo móvil, PDA's u otros objetos de metal en el área antes de la calibración.

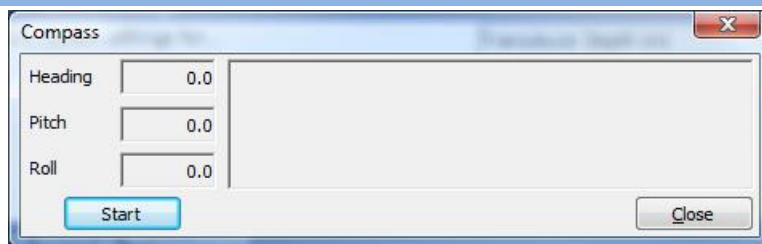


Figura 25. Ventana de calibración de la brújula

Presione en **%Detener+(Stop)** al finalizar el procedimiento de calibración de la brújula. Los resultados de la calibración y la puntuación (Figura 26) se muestran en la ventana. Usando el ejemplo siguiente, la puntuación de calibración es M6.49Q9. El valor de M siempre debe ser inferior a 10 y el valor de Q siempre debe ser muy alto (en base a una escala de 1-10). Si el resultado es diferente a **%aprobado+(pass)**, el proceso debe ser repetido. Se guarda un archivo para los procedimientos de control de calidad en el directorio siguiente:

C: \ Documents \ Sontek Data \ YYYY\_MM\_DD \ CompassCal donde YYYY\_MM\_DD es el año, el mes y el día.

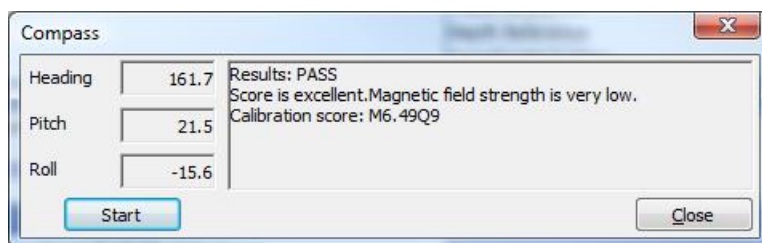


Figura 26. Ventana que muestra la puntuación de la calibración

### 5.9.2. Prueba del sistema

La prueba del sistema realiza una serie de comprobaciones para verificar que la batería, brújula, grabador y el sensor de temperatura se encuentren en buenas condiciones de funcionamiento. Presione en **%Inicio+(Start)** para empezar la prueba (Figura 27). La prueba suele durar 60 segundos y se presentará un cuadro de diálogo indicando que la prueba del sistema se aprobó o falló. Una falla indicaría que es necesaria la intervención del usuario para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

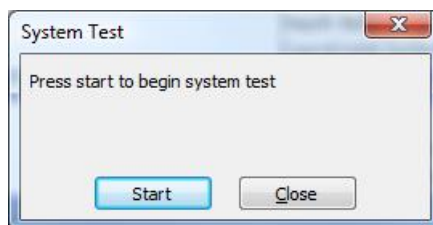


Figura 27. Ventana mostrando la Prueba del Sistema

A continuación se muestra una lista de los mensajes de falla del sistema:

- É Voltaje de la batería del Sistema <12 volts
- É La brújula del sistema no funciona
- É Tarjeta de memoria SD del sistema no funciona.

É El sensor de temperatura no está funcionando

### 5.9.3. Ajuste de la hora

El ajuste del tiempo y hora permite verificar y establecer el tiempo utilizado durante la medición del gasto. La ventana tiene una casilla de verificación que al activarla permite utilizar el tiempo de la PC o bien, permite, ajustar la hora manualmente (Figura 28). Presione en el botón **Set Time** para aplicar el ajuste de la hora y cerrar la ventana.

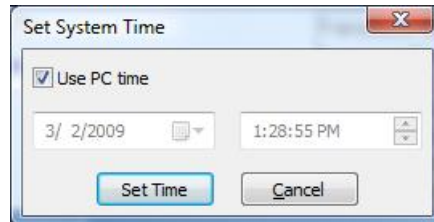


Figura 28. Ventana de Ajuste de tiempo del Sistema

### 5.9.4. BeamCheck

El *Verificador del haz* (**BeamCheck**) muestra la SNR (relación señal / ruido) de todas los haces. Presione en el enlace **BeamCheck** para iniciar la utilidad. Una ventana (Figura 29) aparecerá mostrando el número de serie del sistema y la frecuencia del haz seleccionado.

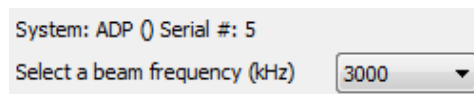


Figura 29. Menú del Verificador del Haz (BeamCheck)

El *Verificador* (**beamcheck**) iniciará automáticamente la verificación de la frecuencia del haz seleccionado mostrando un gráfico de cada haz (Figura 30). Las frecuencias del haz se pueden seleccionar desde el menú a medida que el sistema se ejecuta.



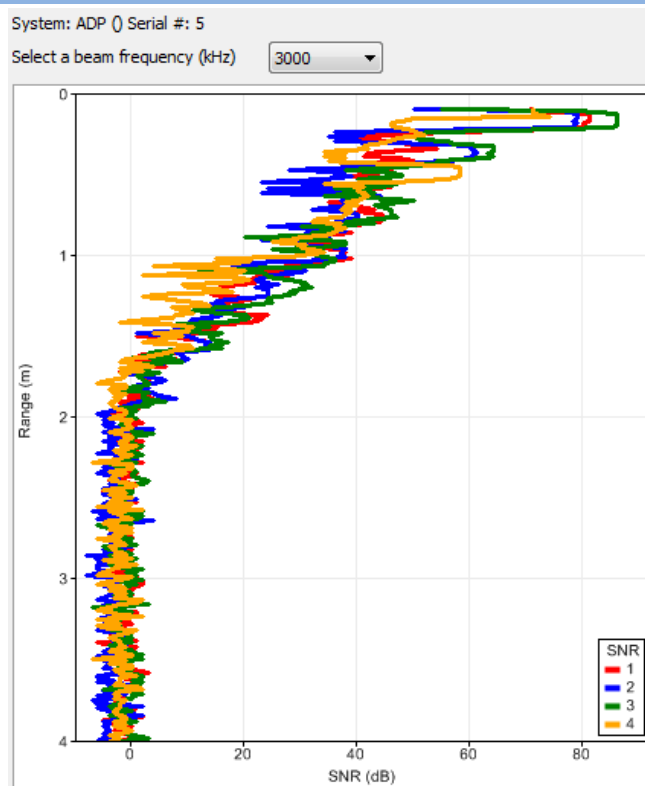


Figura 30. Gráfico del Verificador del Haz (BeamCheck)

### 5.9.5. Actualización del firmware

Esto permite a los usuarios actualizar el firmware desde la ventana de utilidades seleccionando un archivo desde la PC. Comúnmente, los usuarios pueden descargar los archivos actualizados de firmware (extensión de archivo .A79) de la página Web de Sontek. Una vez que descargue el archivo en la PC, seleccione **Abrir** para cargar el archivo del firmware al ADP. Cuando la actualización se cargue, asegúrese de que la versión del firmware es correcta consultando la pestaña %*Sistema*+**(System)**.

### 5.9.6. GPS opcional Sontek

La aplicación Sontek GPS proporciona información acerca de las opciones disponibles de los GPS. Cuando se selecciona esta opción desde el menú de utilidades, ésta proporciona una forma de verificar las opciones ya mencionadas. Si la opción de GPS no está disponible, tal situación se indicará en una ventana de diálogo. Si la aplicación del GPS Sontek es RTK y desea cambiar a GPS diferencial (DGPS), presione en **Cambiar a Diferencial**. El cambio de GPS diferencial hacia un GPS RTK funciona de la misma manera (Figura 31). Es importante tener en cuenta que la opción Sontek DGPS no es compatible con la versión más actual del GPS Sontek RTK, ya que ésta última requiere un hardware más avanzado. Tampoco es posible integrar una estación terrena para las correcciones del GPS diferencial.

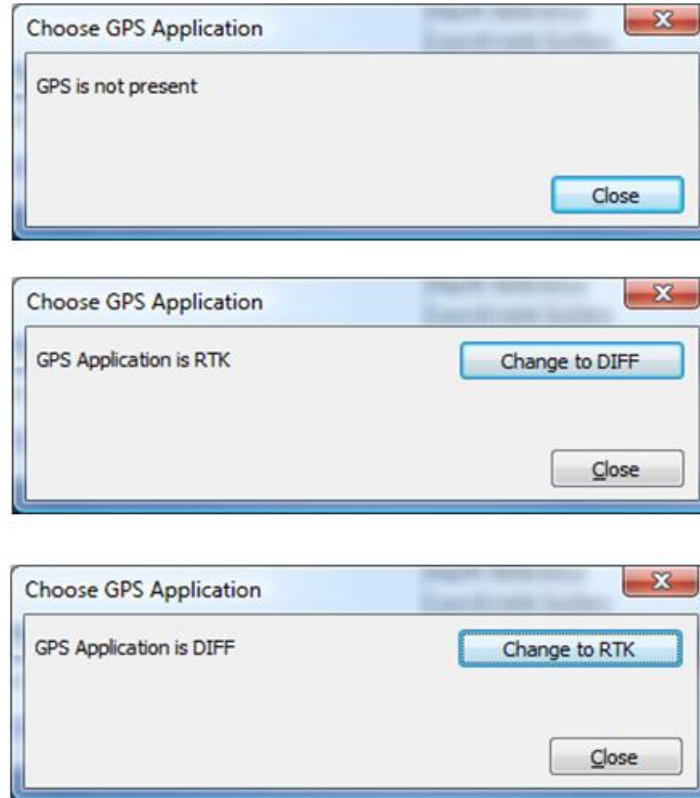


Figura 31. Menú de opciones de GPS Sontek

## 5.10. Grabadora

El menú de la grabadora o de grabación se encuentra en la pestaña de sistemas y proporciona una manera de organizar los archivos almacenados en la tarjeta de memoria de 8 GB. Puede descargar la totalidad o seleccionar archivos mediante las opciones presentadas en la ventana de grabación.

**Descargar todos los archivos** - Se descargan todos los archivos del grabador

**Descargar archivos seleccionados** - Permite seleccionar los archivos utilizando la casilla de verificación junto al nombre del archivo. Sólo se tiene que seleccionar los archivos a descargar y luego presionar en *Descargar* los archivos seleccionados.

**Formateo del grabador** - Limpia la memoria del grabador borrando todos los archivos.

Asegúrese de que haya suficiente memoria disponible en el grabador antes de hacer una medición. Se sugiere descargar archivos y formatear la grabadora entre medición y medición. Al menos, todos los archivos deben ser descargados y formatear la grabadora al final del día o de un evento.

Importante: Para realizar cualquier post-proceso de los datos registrados, el (los) archivo(s) deben ser descargados del ADP y abiertos con el software RiverSurveyor Live para PC.

## 5.11. Recopilación de datos

Una vez terminadas las pruebas de pre-medición y los datos iniciales del sitio específico para configurar el sistema, se puede comenzar el procedimiento de medición. El software proporciona un procedimiento paso a paso descrito a continuación. Se explica a detalle en las secciones siguientes. La figura 41 muestra los conceptos básicos para hacer una medición de gasto.

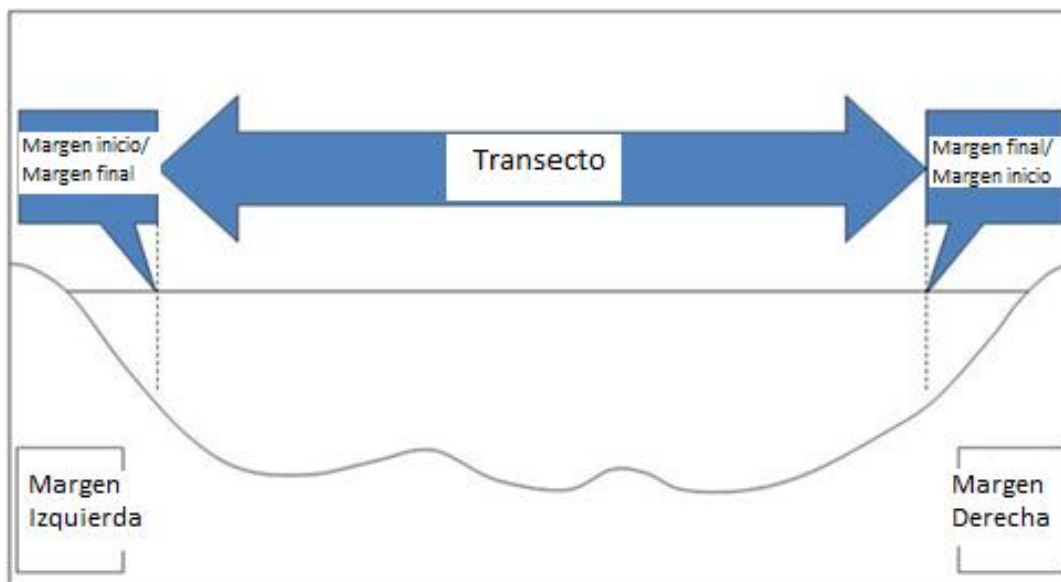


Figura 32. Pasos para realizar una medición de gasto.

### 5.11.1. Inicio del sistema

Presione en iniciar una medición (**F5**) para empezar la recopilación de datos. La figura 42 muestra dónde está localizado el botón dentro de la pestaña Sistema. Tenga en cuenta que éste no registra ningún dato. En lugar de eso, permite que los datos del sistema puedan ser

vistos para asegurarse que el sistema esté funcionando correctamente. Asegúrese de que todos los indicadores (que se muestran en la parte superior izquierda) sean válidos (no estén en rojo). Coloque el barco en la margen inicial del transecto.

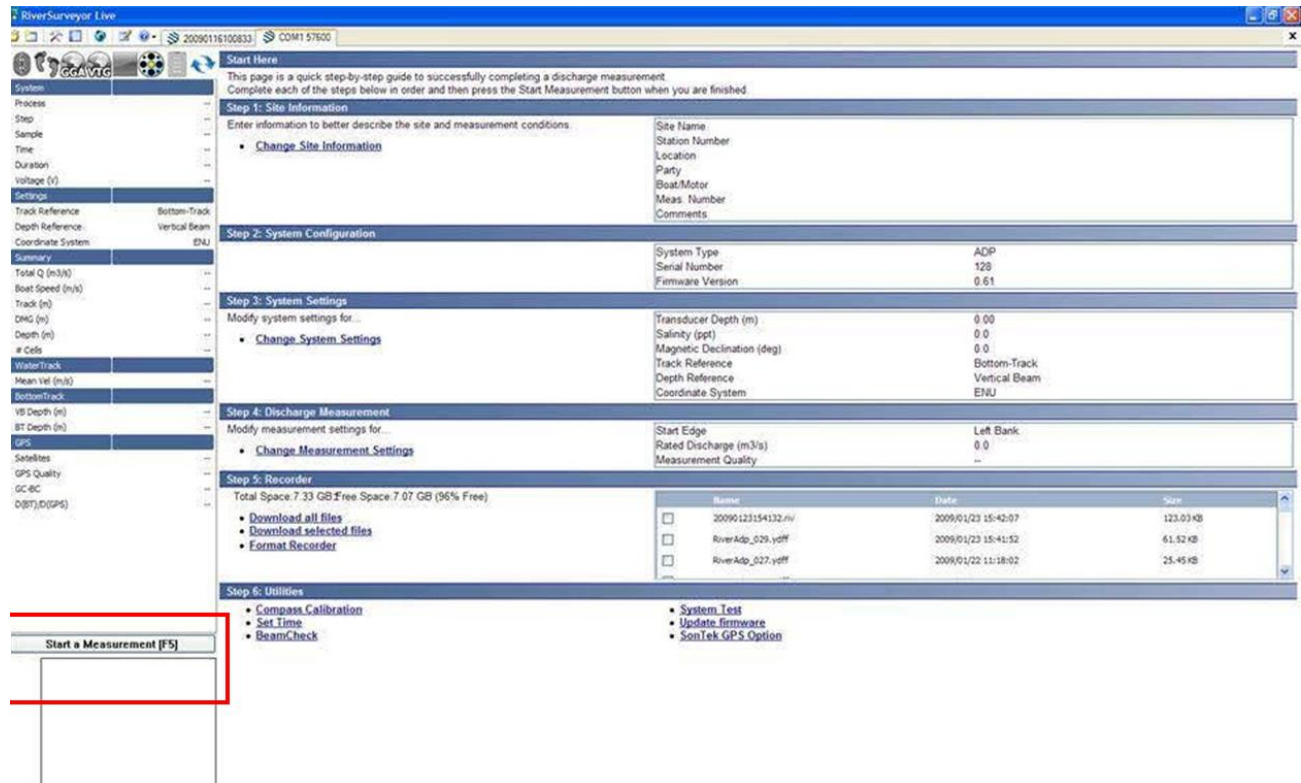


Figura 33. Recopilación de datos - Inicio de una medición (F5)

### 5.11.2. Margen inicial

Presione el botón **Margen inicial** (o F5) como se muestra en la Figura 34 y recolecte al menos 10 muestreos en la margen. La ventana de margen/orilla se desplegará (Figura 35) mostrando información de ambas márgenes. Trate de mantener el barco tan fijo o estacionario como sea posible durante este tiempo. Introducir la información de la margen inicial en el cuadro de diálogo que emerge y presione en Aceptar.

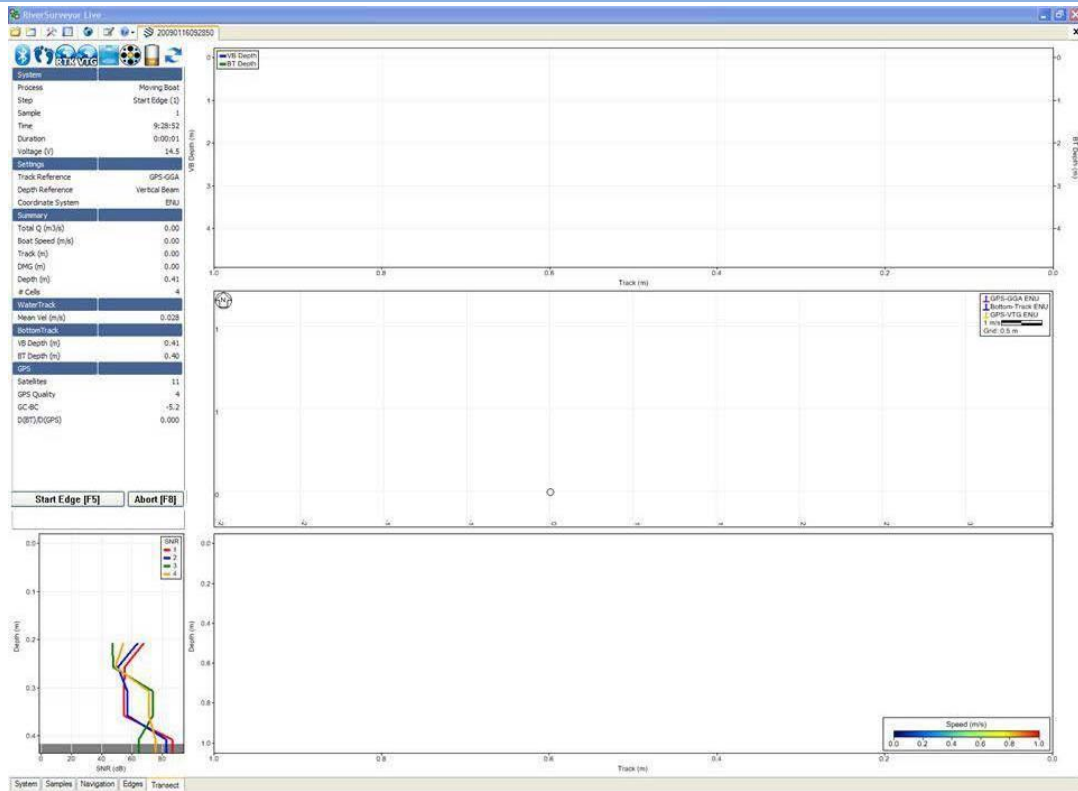


Figura 34. Recopilación de datos - Margen inicial (F5)

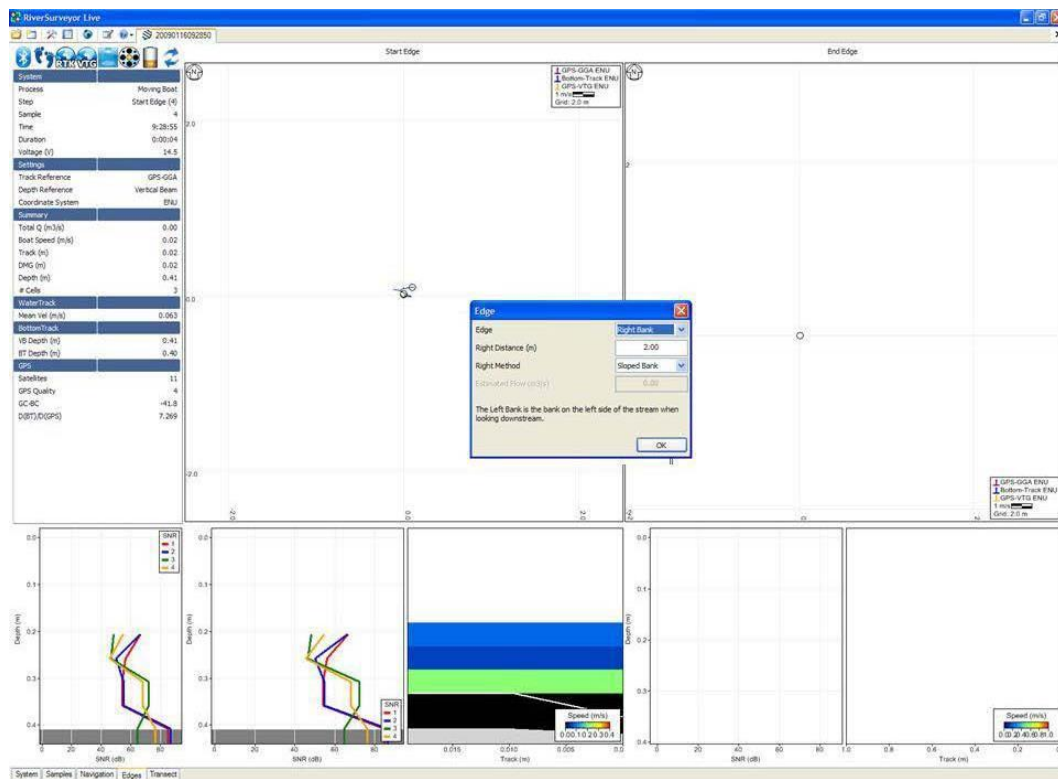


Figura 35. Recopilación de datos - Información de las márgenes

### 5.11.3. Empezar a moverse

Al presionar en el botón Iniciar movimiento (o **F5**) aparecerá la ventana de transecto (Figura 36). Trate de mantener la velocidad del barco y la dirección constante a medida que avanza a través del río hasta el margen del extremo.

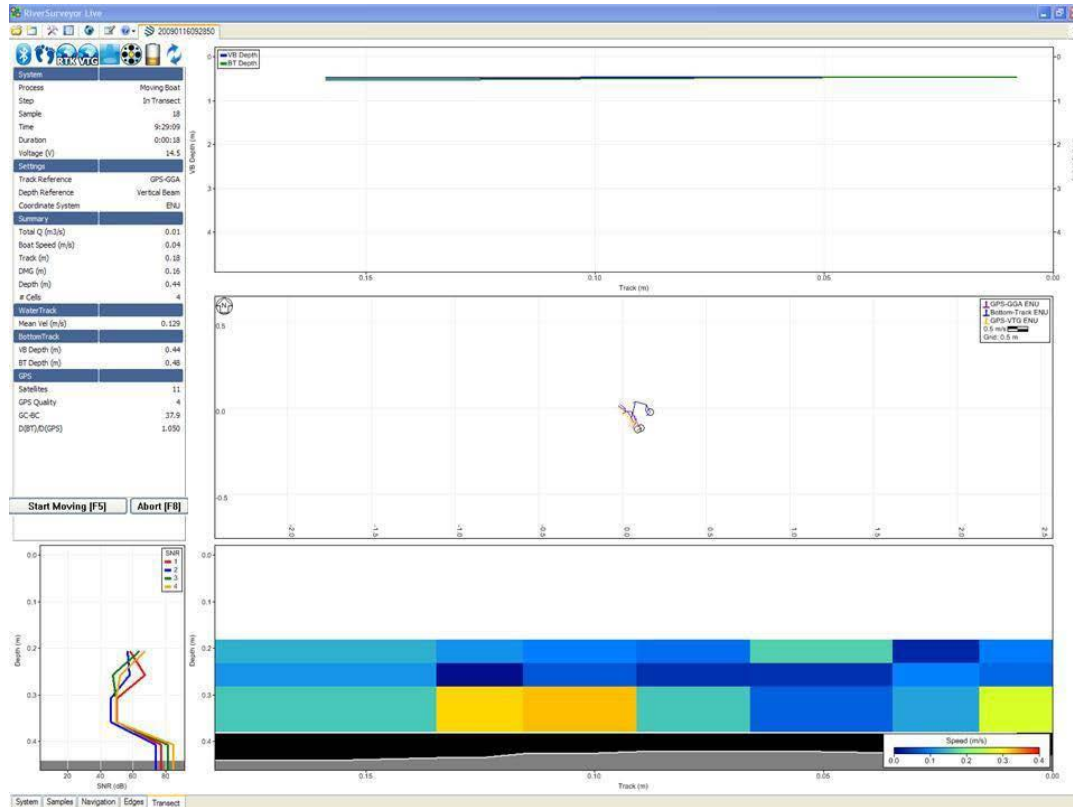


Figura 36. Recopilación de datos - Iniciar movimiento

### 5.11.4. Margen Final

Cuando el barco llegue a la margen opuesta (Figura 37) presionar en el botón **fin de transecto** (o **F5**). Un cuadro de diálogo pedirá describir la margen del extremo (Figura 38). No olvidar que la pantalla cambia de la pestaña **Transecto** a la pestaña **Márgenes**. Esto permite la visualización detallada de la recopilación de datos de la margen. Se deben llevar a cabo al menos 10 muestreos en la margen final. Mantener el barco tan fijo/estacionario como sea posible.

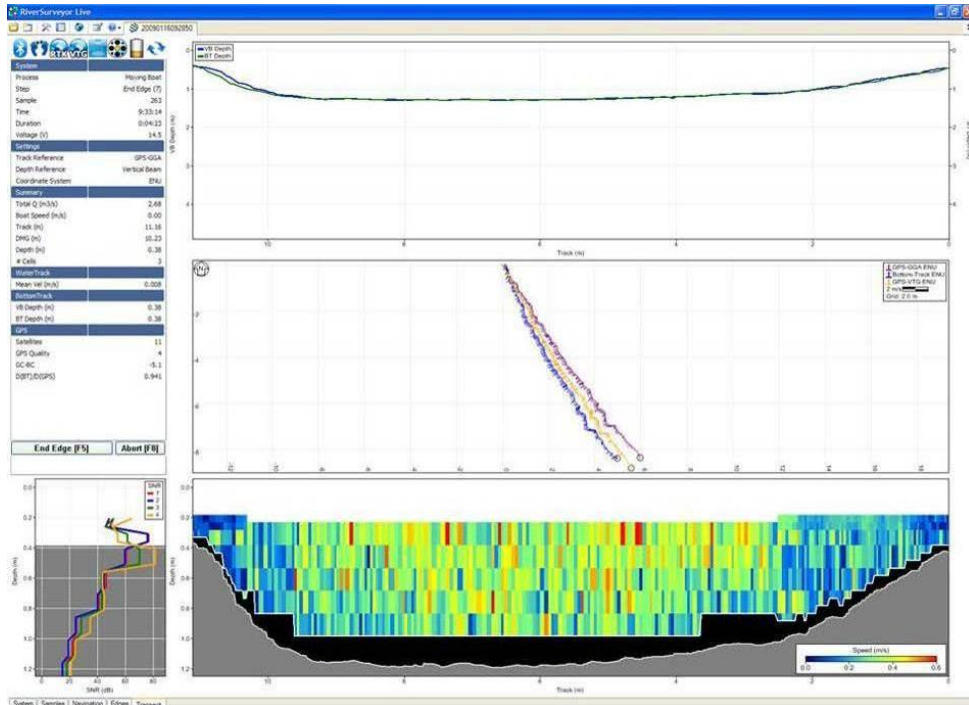


Figura 37. Recolección de datos - margen final

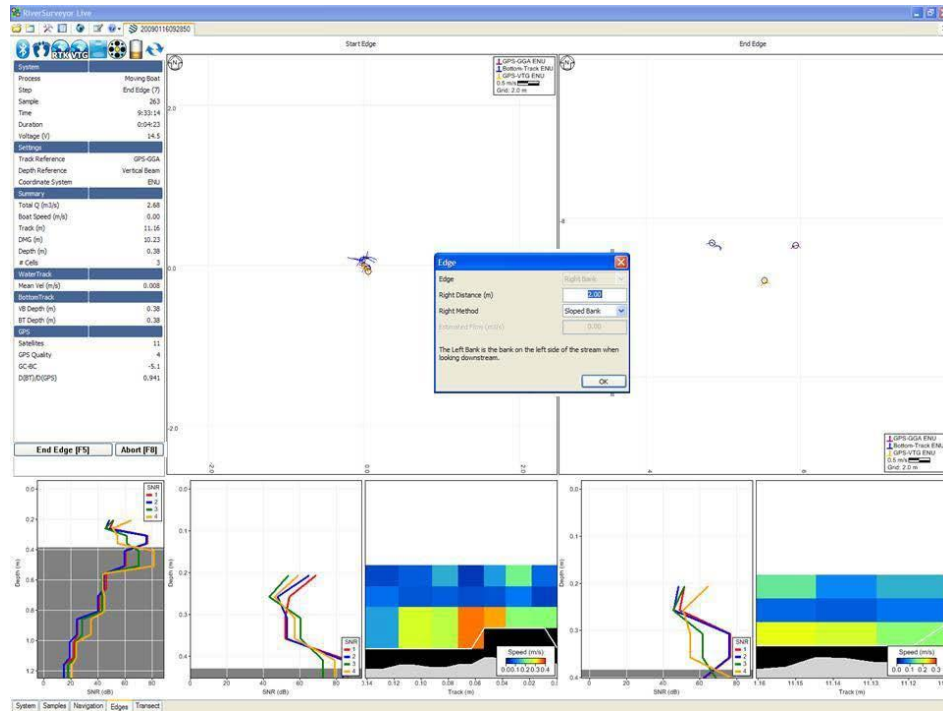


Figura 38. Recopilación de datos - cuadro de diálogo margen final

### 5.11.5. Fin del transecto

Al terminar la margen final presione el botón **fin del transecto** (Figura 39) situado arriba. Esto abre automáticamente una ventana para que una nueva recopilación de datos o medición se pueda comenzar. En esta etapa, el sistema aún está funcionando, así que si se necesita hacer otra medición, se debe presionar el botón de **margen inicial** (o **F5**) para comenzar de nuevo como se indica en la sección 6.11.2. Si la recolección de datos se ha completado, presione el botón **Cancelar (abort)** o presione **F8** para detener. Se recomienda ir a la pestaña de **Sistema** y descargar los archivos de datos grabados una vez que se hayan concluido todas las mediciones.

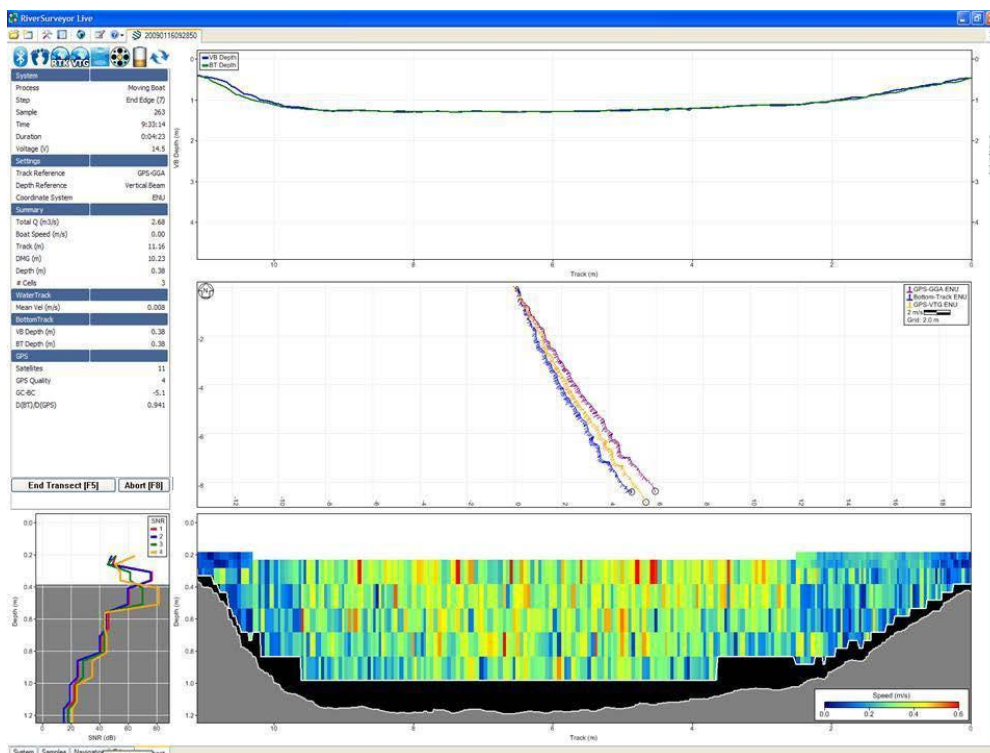


Figura 39. Recopilación de datos - Fin del transecto.

### 5.12. Resumen de la medición de gasto

Al presionar el icono de **Resumen de gasto**, se puede visualizar u ocultar la ventana correspondiente en la parte inferior del escritorio. Esta ventana presenta los datos recopilados en una tabla, e incluye iconos que presentan las características de la medición para evaluarla (Figura 40). Si se desea, se puede cambiar el tamaño de la ventana colocando el puntero del mouse sobre el borde inferior de la ventana.


Discharge Summary								
Post-Processing								
Real-Time								
File	Start Date	Start Time	Duration	Width (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Total Q (m <sup>3</sup> /s)		
20090224080752.riv	24/02/2009	8:08:24	0:02:10	10.43	12.6	-8.58		
20090224081053.riv	24/02/2009	8:11:26	0:02:09	9.86	13.4	-8.77		
20090224081424.riv	24/02/2009	8:14:57	0:02:44	10.91	13.4	-8.65		
20090224081816.riv	24/02/2009	8:18:48	0:01:55	9.49	12.3	-8.37		
			Mean	10.17	12.9	-8.59		
			Std Dev	0.54	0.5	0.15		
			COV	0.053	0.038	-0.017		


Figura 40. Resumen de la medición del gasto





Todos los registros están ordenados por fecha y hora con los iconos correspondientes al margen inicial, la profundidad, la trayectoria de referencia y el sistema de coordenadas. Todos éstos se pueden seleccionar o dejar de seleccionar, presionando sobre ellos; Esto afecta las estadísticas presentadas y es rápido y fácil entender qué efecto tiene cada medición en el promedio general de las mediciones del sitio.

Además, se pueden seleccionar archivos para ser incluidos o excluidos del cálculo de gasto simplemente presionando sobre la casilla de verificación para activarlos o desactivarlos. El Resumen de la medición muestra las siguientes opciones que se pueden utilizar en el post-proceso:

 Reporte del Resumen de la medición. Genera un informe impreso que resume todos los datos utilizados en el cálculo del gasto, así como las estadísticas asociadas (los registros sin marcar no se muestran).

 Exportar Resumen de la medición de gasto a formato ASCII. Exporta la información que se encuentra en el reporte de la descarga a un archivo ASCII (\*.txt)

 Eliminar los registros/archivos de la medición del gasto seleccionado (s): Elimina los registros seleccionados (los que estén en color rojo). Estos registros no serán utilizados para el cálculo del gasto.

 Eliminar todos los registros/archivos de la medición del gasto. Borra todos los registros presentes, principalmente elimina todos los transectos para el cálculo del gasto.

Los vínculos o ligas entre los archivos abiertos y los registros en el resumen de medición son los siguientes:

É Un archivo abierto actualizará su registro de gasto correspondiente con cambios en la configuración o con cambios en el número de muestreos.

É Cerrando un archivo se deja el registro/archivo mostrado en el resumen de medición del gasto, pero este archivo ya no se actualizará.

É Eliminando el registro se corta el vínculo al archivo de datos. Para volver a agregar el registro, el archivo se debe abrir nuevamente.

É Presionando en un registro/archivo se cambia al archivo de datos correspondiente.

É Eliminar o desactivar un registro para volver a calcular las estadísticas

## 6. RiverSurveyor Live para dispositivos móviles

### 6.1. Información general-RiverSurveyor Live para software de dispositivos móviles

Debido a la portabilidad combinada, así como la facilidad de uso, se recomienda el dispositivo móvil para realizar mediciones de gastos. El Software Live RiverSurveyor for PC (que se describe en la sección 6) también se puede utilizar para hacer mediciones y tiene la capacidad adicional de aplicar la visualización de gran alcance de los datos y capacidades de post - procesamiento (que se describen en la sección 8).

Antes de iniciar algún trabajo en campo, se debe recordar que el dispositivo móvil tiene algunos requisitos de instalación, al igual que cualquier dispositivo móvil: La batería debe estar en su sitio y cargada, el software instalado y el bluetooth configurado.

### 6.2. Requisitos de los dispositivos móviles

El software RiverSurveyor Live para dispositivos móviles requiere de lo siguiente:

- É Sistema operativo: Windows Mobile v6.0 o superior
  - É Tecnología Bluetooth: Broadcomm y Bluetooth v2.0 con A2DP.
- Nota: Los dispositivos móviles Motorola Q, Q9h, Q9m y Q9c han sido probados en cuanto a su completa compatibilidad. Otros dispositivos móviles con estas especificaciones que no suministrados por Sontek pueden funcionar, pero no son compatibles.

### 6.3. Instalación

Antes de instalar RiverSurveyor Live para dispositivos móviles, asegurarse de que Microsoft ActiveSync está instalado en su PC de escritorio o PC portátil (laptop). Si no se tiene ActiveSync instalado se puede descargar desde el CD de distribución o en línea desde el sitio web:

<http://www.microsoft.com/windowsmobile/en-us/help/synchronize/device-synch.msp>

Para instalar el software siga estos pasos:

1. Conecte el dispositivo móvil a la PC con un cable USB.
2. Copie el archivo RiverSurveyor Live.CAB desde el CD-ROM.
3. Abra ActiveSync en su PC (Figura 41).

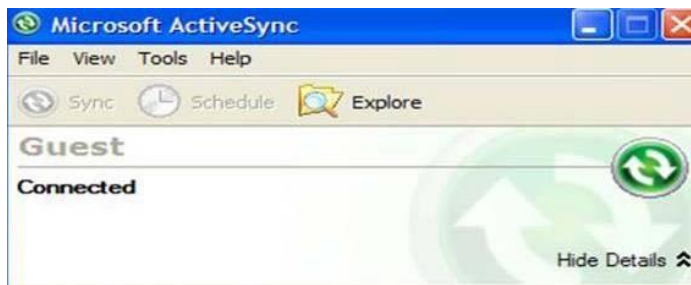


Figura 41. Menú del Active Sync

4. Presione el botón Explorar en ActiveSync (carpeta Mis documentos en el dispositivo móvil).
5. Pegue el archivo RiverSurveyor Live.CAB a la carpeta abierta (Mis documentos) desde la ventana de exploración.
6. En el dispositivo móvil, utilice el Administrador de archivos para abrir Mis documentos (Figura 42).

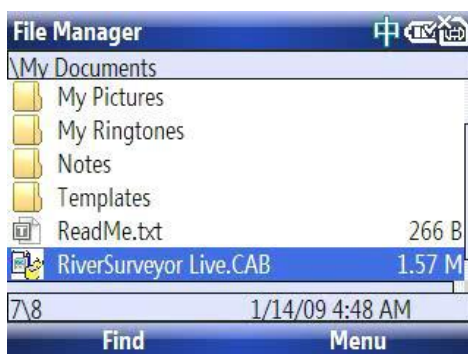


Figura 42. Menú del Administrador de archivos - Mis documentos

7. Presione en el archivo RiverSurveyor Live.CAB.
8. La aplicación RiverSurveyor Live se instalará automáticamente en el dispositivo móvil y automáticamente confirmará la instalación de la aplicación (Figura 43).

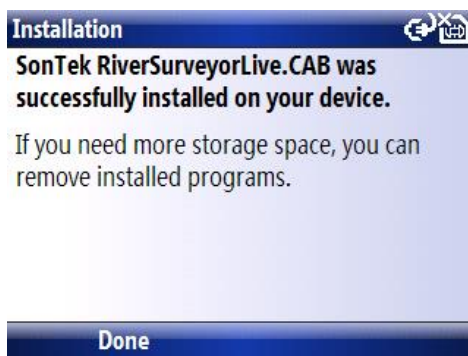


Figura 43. Software Ventana de confirmación

Cuando la instalación esté completa, desconecte el dispositivo móvil desde la PC y presione el botón **Inicio+ (on)** del dispositivo móvil. Compruebe que el icono RiverSurveyor se muestra en la lista de aplicaciones (Figura 44). Tras el primer uso del RiverSurveyor, el icono aparecerá en la tecla de atajo (Figura 45).



Figura 44. Icono RiverSurveyor en la lista de aplicaciones



Figura 45. Icono RiverSurveyor en la lista de acceso directo

#### 6.4. Navegación y controles para dispositivos móviles

RiverSurveyor Live para dispositivo móvil tiene un diseño intuitivo para la navegación y el control a través de sus diversos menús. Se puede introducir texto en muchos campos utilizando las teclas del teléfono. La navegación de campo a campo en diversos menús se realiza mediante las teclas de flecha en el centro de la parte superior del teléfono. Las teclas de función pueden seleccionar opciones, cambiar entre pantallas, e incluso iniciar y detener la recopilación de datos. La figura 46 muestra un ejemplo del dispositivo móvil con indicadores de diversas funciones.

A continuación se presentan algunos consejos para usar el dispositivo móvil:

1. Para una entrada numérica, presione la tecla de función y después el número en los cuadros de edición.
2. Para bloquear la entrada numérica (más de un número), pulse la tecla de función dos veces.
3. Para seleccionar o presionar sobre un elemento, presione la tecla **Enter**.
4. Para ver la pantalla anterior, presione la tecla **%Atrás+(Back)**.
5. Para borrar todo el contenido en un campo de datos, presione la tecla **Atrás (Back)**
6. Para minimizar la aplicación la tecla fin



Figura 46. Funciones de dispositivos móviles

## **6.5. Iniciando el software y la conexión al Sistema**

Para empezar a usar el software RiverSurveyor Live para dispositivo móvil:

1. Seleccione Iniciar (on) en la parte inferior izquierda de la pantalla del dispositivo móvil.
2. Utilice las teclas de flecha para desplazarse hasta el icono de aplicación del RiverSurveyor Live para dispositivo móvil y selecciónelo. O bien, seleccione el icono de la tecla de atajo.

Cuando se inicie el software aparecerá una pantalla de búsqueda (Figura 47). El software buscará automáticamente cualquier Bluetooth de los sistemas RiverSurveyor que esté dentro del alcance del dispositivo móvil (60 m). Se mostrará en la pantalla cualquiera de los sistemas RiverSurveyor que esté en operación dentro del rango del dispositivo.

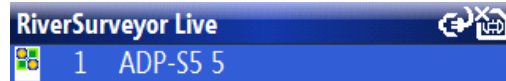


Figura 47. Pantalla de búsqueda del sistema

De la lista, seleccione el sistema deseado y presione la tecla de función correspondiente a *Conectar* (connect) como se muestra en la Figura 48. En el caso de que se encuentre sólo un sistema, el programa se conectará automáticamente. En el caso de que ningún sistema RiverSurveyor se encuentre dentro del rango, se mostrará un cuadro de diálogo con la leyenda "No se encontró ningún dispositivo". Asegúrese de que la tomacorriente está instalada, todos los LEDs del sistema del módulo de comunicaciones y energía (PCM) marquen correctos, y la batería esté cargada e instalada correctamente. Después presione para que se inicie una nueva búsqueda.

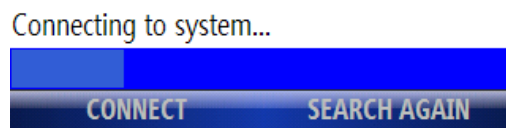
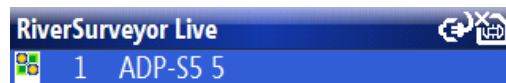


Figura 48. Conexión al ADP con número de serie ADP-S5 5

## 6.6. Preparación para una medición - Menú Principal

Una vez que se establece la conexión, se muestra el menú principal (Figura 49) y se usa para introducir la información del sitio, así como sus parámetros iniciales. Cada uno de los elementos de menú se puede abrir mediante el panel de control o presionando el número correspondiente en el teclado. Las opciones **iniciar (START)** y **salir (QUIT)** mostrados en la barra inferior se seleccionan utilizando las teclas de función.

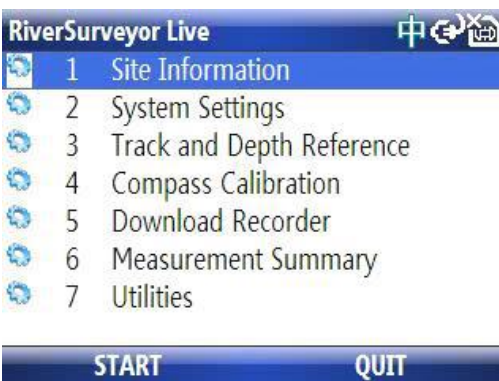


Figura 49. Menú Principal

### 6.6.1. Información del sitio (1)

En la pantalla de Información del sitio (Figura 50), se puede introducir la información específica del sitio, como nombre, número de estación, ubicación, dirección de avance, Barco / motor, número de medición y comentarios. Para introducir datos, utilice las teclas de letras y las teclas de flecha para moverse entre los campos.

Figura 50. Pantalla de información del Sitio

El número entre paréntesis después de cada campo como se muestra en la Figura 50 indica el número de caracteres permitidos en el campo. Si se supera este valor, se mostrará un mensaje de error. La información introducida en este menú se aplica a todas las mediciones siguientes, hasta que el sistema se apague.

### 6.6.2. Configuración del sistema (2)

La pantalla de configuración del sistema (Figura 51) sirve para introducir la profundidad del transductor, la salinidad, y la inclinación magnética. Más adelante se presenta una descripción de cada campo. Cuando se hayan introducido los parámetros en la configuración del sistema, seleccione **hecho (DONE)** para actualizar los valores en el sistema y volver al menú principal.

RiverSurveyor Live <span style="float: right;">ALT </span>	
Transducer Depth (m)	<input type="text" value=".06"/>
Salinity (ppt)	<input type="text" value="0"/>
Magnetic Declination (deg)	<input type="text" value="12.5"/>
Screening Distance (m)	<input type="text" value="0.00"/>
<b>DONE</b>	

Figura 51. Configuración del sistema de menú

**Profundidad del Transductor** - Esta es la distancia (m) que el haz vertical del transductor está sumergido por debajo de la superficie del agua. La figura 52 muestra un esquema básico que representa el transductor del ADP sumergido en el agua. La profundidad del transductor corresponde a la profundidad del agua a la que está sumergido el transductor.

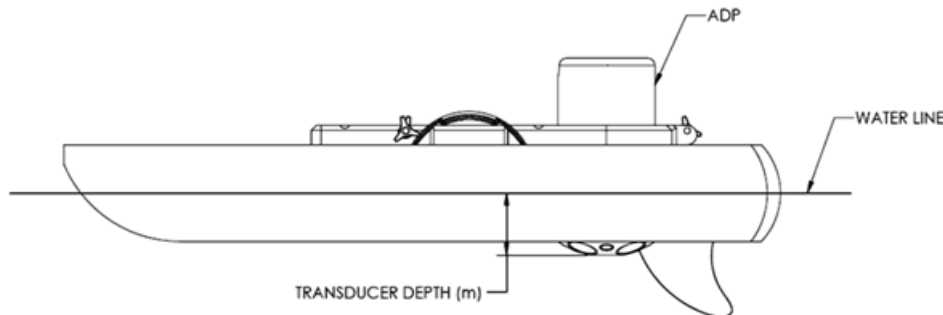


Figura 52. Explicación de la profundidad del transductor

**Salinidad** - Este parámetro definido por el usuario, permite la corrección de la velocidad del sonido en el agua basándose en las lecturas de la salinidad del agua en partes por milésimas (ppm). Se deben introducir valores representativos de las condiciones locales del agua de forma manual para evitar posibles cálculos erróneos. Como referencia, el rango de salinidad está entre 0 ppm (agua dulce) y 34.5 ppm (agua de mar). La temperatura del agua es también un factor que incide en los cálculos de la velocidad del agua. El ADP tiene un sensor de temperatura que automáticamente compensa este efecto.

**Inclinación Magnética** - En la superficie de la tierra, una brújula calibrada indica el Norte magnético en lugar de Norte geográfico. La diferencia angular entre estas dos direcciones se denomina inclinación magnética (también conocida como variación, variación magnética o variación de la brújula). La inclinación magnética varía en la superficie de la tierra y con el tiempo. La brújula del ADP se calibra en fábrica, sin embargo, se requiere una calibración en



cada sitio para eliminar cualquier interferencia magnética local. La Calibración de la brújula, dará una mejor precisión de la medición. El ángulo de inclinación magnético ( ) se puede encontrar en mapas, como el presentado en la Figura 53. Existen elementos disponibles sobre la inclinación magnética que se pueden encontrar en muchos sitios en Internet.

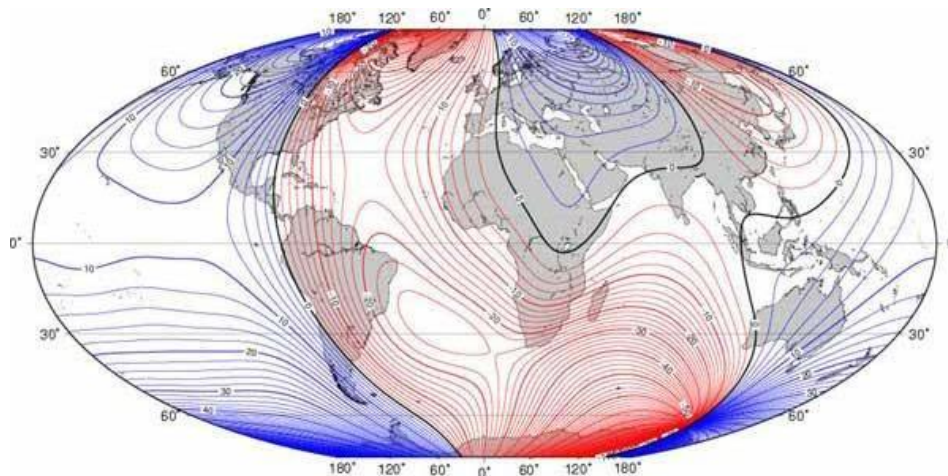


Figura 53. Mapa de la inclinación magnética del mundo

**Distancia de monitoreo** - Esta es la distancia debajo del ADP en la que se desea iniciar la recopilación de datos en lugar de dejar que se haga según la configuración predeterminada del instrumento. En esencia, esta opción permite programar el ADP para que inicie la recolección de datos o el muestreo por abajo de cierto punto. Esto se utiliza principalmente para aplicaciones en un barco navegable, donde la distancia de monitoreo puede ser configurada o seleccionada para evitar disturbios en el flujo provenientes de la estela de la embarcación.

### 6.6.3. Trayectoria y profundidad de referencia (3)

El menú de trayectoria y profundidad de referencia (Figura 54) muestra las opciones para la trayectoria de referencia, la profundidad de referencia, y el sistema de coordenadas. Use las flechas arriba / abajo para moverse entre los campos. Para cambiar una opción en un campo, usar las teclas izquierda / derecha. Cuando haya terminado, seleccione OK (en la parte inferior) para actualizar la configuración y volver al menú principal.

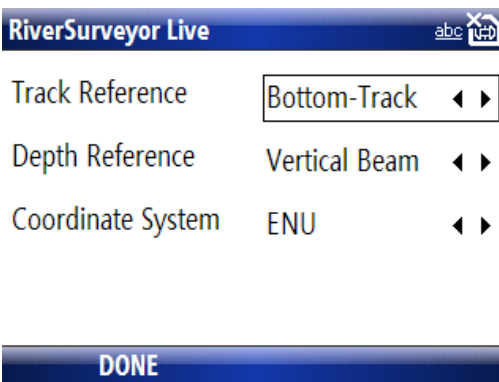


Figura 54. Menú de Trayectoria y Profundidad de referencia

**Trayectoria de referencia** - El ADP mide la velocidad del agua utilizando el principio de efecto Doppler, usando múltiples pulsos acústicos transmitidos y recibidos a lo largo de una columna de agua. Cuando el ADP está en movimiento, en realidad la velocidad del agua medida por el ADP es una combinación de la velocidad del barco y la velocidad del agua. Con el fin de determinar la velocidad del agua verdadera, la velocidad del barco debe ser conocida y luego

se debe restar de la medición de la velocidad real del agua. La aplicación para conocer el gasto del RiverSurveyor Live para dispositivos móviles cuando el barco está en movimiento usa tres métodos (referencias) para determinar la velocidad del barco.

**1. Velocidad de referencia de la trayectoria de fondo:** El ADP es capaz de determinar por sí mismo la velocidad del barco mediante una técnica llamada trayectoria de rastreo o de fondo. En este caso, la velocidad se calcula utilizando el efecto Doppler a partir de múltiples pulsos acústicos recibidos (transmitidos desde el ADP) que se han reflejado en el lecho del río. Si el lecho del río es estacionario (es decir, que la parte inferior, no está en movimiento), entonces la velocidad de desplazamiento Doppler estará compuesta solamente por la velocidad del barco, lo cual es aceptable para los cálculos del gasto. Si el lecho del río está en movimiento la velocidad de desplazamiento basada en el efecto Doppler consistirá en la velocidad del barco más la velocidad del lecho del río o canal para calcular las desviaciones o variaciones del gasto. En este caso, las siguientes dos referencias serían preferibles para determinar la velocidad del barco.

**2. Velocidad referenciada a GGA GPS:** GPVGA (GGA) se refiere al protocolo específico NMEA-

0183 para adquirir los datos de posición del GPS. En este caso, la secuencia o cadena GGA contiene información de la posición real (latitud y longitud) al igual que otros parámetros de calidad del GPS. La velocidad del barco se calcula midiendo la distancia entre dos posiciones sucesivas GGA dividida por el tiempo de travesía entre esas dos posiciones. Se necesitan correcciones diferenciales en los datos GGA para reducir la magnitud del error de posición asociado a cada medición. El RiverSurveyor utiliza dos tipos de correcciones diferenciales: diferencial menor a un metro y cinemática en tiempo real, (RTK).

**3. Velocidad referenciada a VTG GPS:** GPVTG (VTG) se refiere al protocolo específico NMEA-0183 para adquirir los datos de velocidad del GPS. En este caso, la secuencia VTG contiene la información real de la velocidad del barco al igual que otros parámetros del GPS. La velocidad del GPS se calcula basándose en el desplazamiento Doppler de las señales de satélites recibidas. Hay un menú desplegable para seleccionar la trayectoria de referencia adecuada. Todas las trayectorias de referencia estarán disponibles para analizar o calcular el gasto en el post-proceso. Hay cuatro opciones:

É *Trayectoria inferior o de fondo:* El ADP utiliza la trayectoria de fondo característica para medir la velocidad del barco en relación al fondo del río. La velocidad del barco se resta de la velocidad del agua para obtener el perfil del agua independientemente del movimiento del barco. Esta es la única trayectoria de referencia disponible para sistemas sin un GPS opcional.

É *GPVGA:* El ADP utiliza la secuencia GGA (de los datos del GPS) para medir la velocidad de un barco con base en la información de posición del GPS. Esto sólo está disponible para los sistemas configurados con la opción de GPS. Se recomienda que los datos o información de la secuencia GGA usen una corrección diferencial menor a un metro o la corrección RTK para hacer los cálculos del gasto. El método de mejor calidad y de mayor exactitud aplica los datos corregidos con RTK.

É *GPVTG:* El ADP utiliza la secuencia VTG (a partir de los datos GPS) para medir la velocidad de un bote o barco basándose en los datos/ información de velocidad del GPS. Este método requiere una revisión adicional de los parámetros de calidad de los datos para verificar la calidad de los datos.

É *Sistema:* El ADP referencia todas las velocidades solamente a sí mismo. Esto sólo debe usarse en aplicaciones especializadas por usuarios experimentados. No se recomienda para las

mediciones de gasto desde un barco en movimiento.

**Profundidad de referencia** - Se usa para escoger una profundidad de referencia predeterminada. Ambas opciones están disponibles para analizar o volver a calcular el gasto en la etapa de post- proceso. Existen dos opciones:

É *Haz vertical*: Es información/datos muy exactos de la eco-sonda utilizados para determinar la profundidad del agua.

É *Trayectoria de fondo*: Usa información/datos de cuatro haces angulados para determinar la profundidad de la columna de agua utilizando la profundidad promedio de cada haz.

**Sistema de Coordenadas** - En esta opción se puede preseleccionar el sistema de coordenado para ser usado en la medición. Hay tres opciones están disponibles para el análisis o para volver a calcular el gasto en el post-procesamiento de los datos:

É *ENU*: Este es el sistema tradicional de coordenadas Este, Norte y Superior.

É *Sistema*: Se utiliza el ADP como referencia. Se utiliza para pruebas internas solamente.

É *XYZ*: Se trata de un sistema coordenado tridimensional de posición relativa usada solamente en aplicaciones especiales por usuarios experimentados.

#### 6.6.4. Calibración de la brújula (4)

Es necesario calibrar la brújula antes de cada medición de gasto para compensar los campos magnéticos propios del lugar. Cuando se esté listo para llevar a cabo la calibración de la brújula, presione en **inicio (START)** Figura 55. Gire el ADP a través de dos círculos completos al mismo tiempo que varía la inclinación y el ángulo de rotación tanto como sea posible. Es importante calibrar la brújula montada en el barco o ensamblarla lo más cercano posible al sitio de medición. Asegúrese de retirar cualquier dispositivo móvil, PDA's u otros objetos de metal en el área antes de la calibración.

Figura 55. Menú de calibración de la brújula

Al finalizar el procedimiento de calibración de la brújula presione en la opción **Hecho (DONE)**, enseguida se mostrara la puntuación de la calibración como se muestra en la figura 56, lo cual se guardará en la memoria SD. En el ejemplo siguiente, la puntuación de calibración es M6.20Q7. El valor de M siempre debe ser inferior a 10 y el valor de Q siempre debe ser alto (en una escala del 1-10). Si el resultado es diferente a **Aprobado (PASS)**, el proceso debe ser repetido.

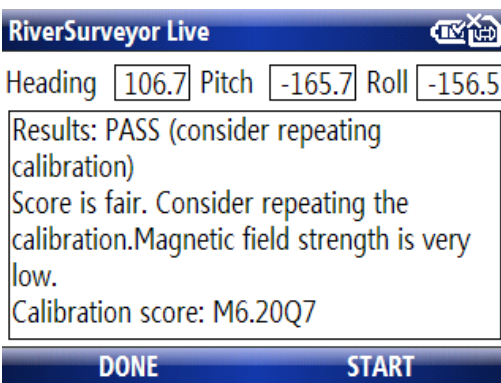


Figura 56. Puntuación de la calibración

En caso de que la memoria SD no esté instalada en el dispositivo móvil, éste mandará un aviso. La calibración se puede llevar a cabo pero no se guardará.

### 6.6.5. Descargar datos de la grabadora (5)

Este menú muestra el estado de la grabadora o memoria del ADP. El menú *Download Recorder* (descargar de la grabadora) como se muestra en la figura 66 muestra el espacio total de ésta, el espacio libre y la capacidad restante (como porcentaje), los nombres de los archivos grabados y sus tamaños. Los nombres de los archivos están conformados de acuerdo al siguiente formato: 4 dígitos del año, dos dígitos de: mes, día, hora, minuto y segundos (YYYYMMDDHHMMSS). Todos los archivos RiverSurveyor Live tienen una extensión .riv . Dentro de este menú, están disponibles varias opciones adicionales a través del menú de funciones, que son:

É **Descargar todos los archivos:** Descarga todos los archivos de datos en la tarjeta de almacenamiento SD en el dispositivo móvil (si no hay una tarjeta, se mostrará un error). Se crea una carpeta llamada Sontek Data en el dispositivo móvil. Los datos de la medición se guardan en una subcarpeta cuyo nombre se basa en la fecha y hora registradas

É **Descargar nuevos archivos:** Descarga todos los archivos que no están almacenados en la memoria SD.

É **Descargar archivos seleccionados:** Descarga archivos seleccionados individualmente a la memoria SD.

É **Formatear la grabadora:** Borra todos los archivos de la grabadora del sistema ADP.

La transferencia de archivos desde el dispositivo móvil a la PC es fácil: Sólo se inserta la memoria SD del dispositivo móvil en la PC, y se accede a los archivos como si fuera una unidad USB. Como alternativa, se puede conectar el dispositivo móvil a la computadora mediante un cable USB para transferir archivos usando el Explorador de Windows.

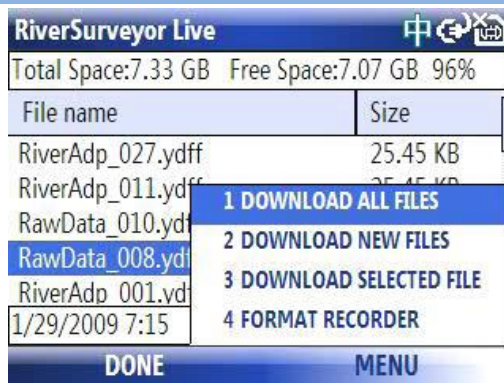


Figura 57. Menú Descargar de la memoria/grabadora

Asegúrese de que hay suficiente espacio en la memoria de la grabadora antes de hacer una medición de gasto. Se sugiere descargar todos los archivos y formatear la grabadora entre las mediciones de un lugar y otro. Se recomienda que al menos, todos los archivos se descarguen y se formatee la grabadora al final del día.

**Importante:** Para realizar cualquier procesamiento posterior de los datos registrados, el (los) archivo(s) deben ser descargados de la ADP y abiertos con el software Live RiverSurveyor for PC.

### 6.6.6. Resumen de medición (6)

El Resumen de medición muestra una lista actualizada de las mediciones de gasto que se realizaron, ordenadas por fecha / hora (Figura 58). El Resumen de las mediciones ayuda a evaluar los datos recogidos en campo. Usando el menú o bien el teclado se pueden abrir los archivos para tener diversas vistas de los datos de campos disponibles. Una marca verde (✓) al lado de un archivo indica que los datos de esa medición se utilizan para realizar las estadísticas mostradas en la parte inferior de la ventana. Una marca en rojo (X) indica que la medición se excluyó de las estadísticas. Se puede usar las teclas de flecha para desplazarse a través de las mediciones, y oprimir **ENTER** para seleccionar o anular la selección de las mediciones a usarse en las estadísticas.

The screenshot shows the 'RiverSurveyor Live' application window displaying a summary table of measurements. The table has columns: 'Start Date', 'Start Time', and 'Track'. The data rows are as follows:

	Start Date	Start Time	Track
✓ 1	9/03/2009	8:28:44	0.00
✗ 2	9/03/2009	8:29:02	0.00
✗ 3	9/03/2009	8:29:53	0.00
✓ 4	9/03/2009	8:30:17	0.00

Below the table, it shows the ID '20090309093208' and 'Total Duration=00:01:45'. At the bottom, it displays statistical values: 'Mean:0.00 StdDev:0.00 COV:0.000'. At the very bottom, there are buttons for 'DONE' and 'MENU'.

Figura 58. Resumen de las mediciones de gasto

Usando las teclas del menú, se pueden visualizar 12 campos de datos diferentes con 4 opciones de vistas diferentes. Se pueden pulsar alternadamente las teclas de número 1,2, 3 y 4 para cambiar las vistas de datos (figura 59).

	Start Date	Start Time	Track
❌ 1	9/03/2009	8:28:44	0.00
✅ 2	9/03/2009	8:29:02	0.00
✅ 3	9/03/2009	8:29:53	0.00
❌ 4	9/03/2009	8:30:17	0.00

200903090930  
Mean:0.00 Std

1 OPTION1 1 VIEW  
2 OPTION2 2 DELETEALL  
3 OPTION3 3 DONE  
4 OPTION4 MENU

DONE

Figura 59. Menú de opciones en el Resumen de la medición

**Nota Importante:** Si se apaga el dispositivo móvil se borrarán todos los registros del Resumen de medición en el dispositivo móvil. No obstante, el resumen completo de la medición de gasto se queda almacenado en la grabadora interna del sistema ADP, y se puede ver cuando los archivos de datos son descargados de la grabadora. También la opción **DELETE ALL** elimina todos los registros del resumen de la medición del dispositivo móvil.

### 6.6.7. Utilidades (7)

El Menú de utilidades (Figura 60) ofrece varias opciones que se explican a continuación. Se recomienda realizar una prueba del sistema (opción 3) antes de recopilar datos. Seleccione **Hecho (DONE)** para salir del menú Utilidades.

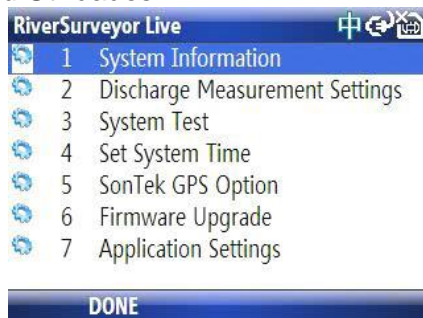


Figura 60. Menú Utilidades

**Información del sistema** (Figura 61): Muestra el tipo de sistema, número de serie y versión del firmware.

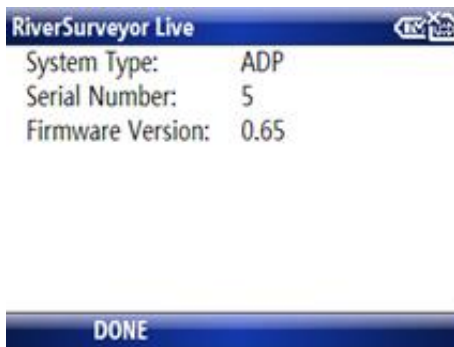


Figura 61. Utilidades - Sistema de Información

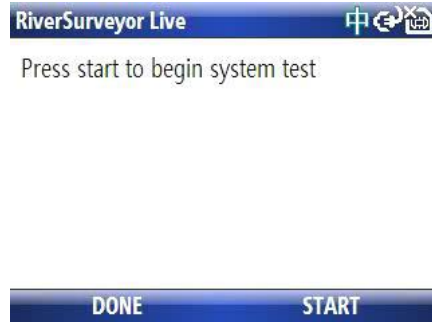


Figura 63. Utilidades - Sistema de Prueba

Hay cuatro posibles mensajes de error del sistema de prueba (a continuación), todos los cuales requieren que el usuario lleve a cabo una acción antes de realizar mediciones válidas de gasto.

- É Voltaje de la batería del sistema > 12 voltios
- É La Brújula del sistema no funciona
- É La tarjeta de memoria SD no funciona
- É El Sensor de temperatura no está funcionando

**Establecer la hora del sistema** (Figura 64): Se utiliza para establecer la hora del sistema a la hora del dispositivo móvil o para introducir la hora manualmente. Por lo general, es una configuración en la fase del pre-procesamiento que se puede usar como predeterminada para todas las mediciones. Utilice las flechas arriba / abajo para desplazarse entre los campos y las teclas numéricas para introducir datos. Seleccione **SET TIME** (configurar tiempo) para actualizar la hora del sistema y **Hecho (DONE)** para volver al menú Utilidades.

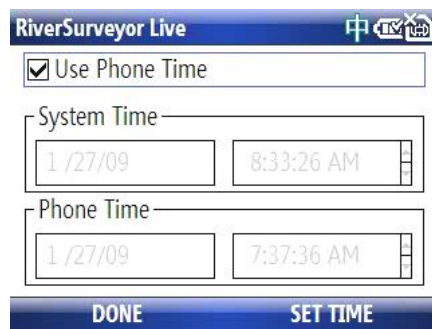


Figura 64. Utilidades - Configuración de tiempo del sistema

**Opción GPS Sontek:** Confirma la aplicación del GPS en curso y proporciona la opción de cambiar a otra aplicación (Figura 65). Para las aplicaciones RTK GPS, puede cambiar de GPS con calidad RTK a GPS con calidad diferencial y viceversa. Sin embargo, los sistemas con sólo cuenten con un GPS con calidad diferencial no pueden cambiar a un GPS con calidad RTK debido a las limitaciones del hardware. Ya que no tiene la capacidad de integrar una estación terrena GPS con corrección diferencial.

RiverSurveyor Live

GPS Application is RTK

DONE

Change to DIFF

Figura 65. Utilidades - Opción GPS Sontek

**Actualización del firmware** (Figura 66): Este menú permite actualizar el firmware del ADP mediante la selección de un archivo de firmware (\*. A79) almacenado en la tarjeta de memoria (SD) del teléfono o la memoria interna. Seleccione **actualización (UPGRADE)** y siga las instrucciones en la pantalla para instalar el nuevo firmware.

RiverSurveyor Live

Click upgrade and select the file to be loaded

DONE

UPGRADE

Figura 66. Utilidades - Actualización del firmware

La Figura 67 muestra la pantalla del buscador de archivos que muestra un menú para encontrar el archivo de actualización del firmware. Si un archivo no es seleccionado, aparecerá un mensaje de error. Se puede navegar con las teclas *arriba / abajo* y seleccione con la tecla **ENTER**. Hay opciones adicionales que están disponibles a través de la opción de **MENU**. Seleccione Abrir para cargar el archivo de firmware.

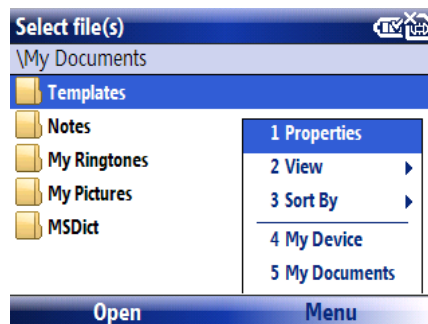


Figura 67. Utilidades - Pantalla del buscador de archivos para actualizar el firmware.

**Configuración de la aplicación:** Si se activa la casilla de verificación se conecta automáticamente al Bluetooth (Figura 68), esto permite que el software se conecte al primer sistema que detecte. Este menú también se utiliza para seleccionar el sistema de unidades a emplear: métrico o inglés. Normalmente, estas opciones se aplican como configuración predeterminada. Seleccione **DONE** (hecho) para actualizar la configuración y volver al menú Utilidades. La versión del software está indicada en la parte inferior derecha de la ventana.



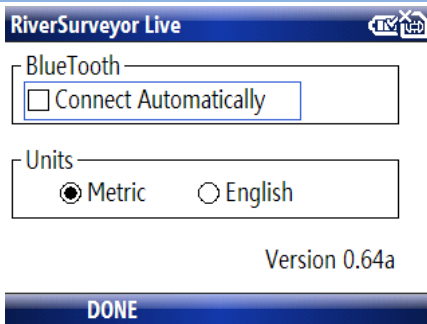


Figura 68. Utilidades - Configuración de la aplicación

## 6.7. Medición de gasto - recopilación de datos

A continuación se muestra un procedimiento detallado para llevar a cabo una medición de gasto. En general, el proceso consta de cinco pasos que incluyen lo siguiente:

1. Inicio de la medición
2. Margen inicial
3. Inicio del movimiento / Transecto
4. Margen final
5. Fin del transecto

Una vez que la medición se inicia, el software pedirá información a cada paso, lo que permite centrarse en la medición.

### 6.7.1. Inicio de la medición

Para iniciar la recolección de datos utilizando el método de **barco en movimiento**, seleccione **Inicio (START)** en la vista del menú principal (Figura 69). El sistema comienza a emitir un sonido pulsante mientras recopila información de los perfiles.

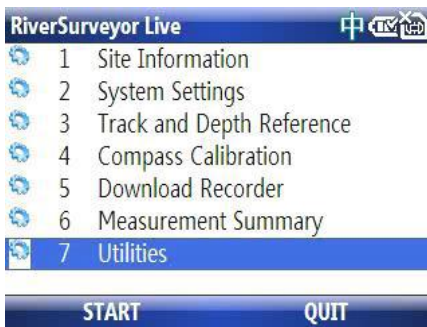


Figura 69. Menú Principal - Inicio de recopilación de datos

El Apéndice A contiene una descripción y una lista de iconos que se utilizan en la barra de estado del software. Los iconos están codificados por color - comúnmente se van recorriendo desde el color azul (que indica el estado óptimo) al rojo (que indica que no está funcionando). El Gris indica que la opción no está instalada.

### 6.7.2. Margen Inicial

Presionando la tecla de función correspondiente a **Margen inicial (START EDGE)** ver figura 70, el sistema pedirá que se introduzca la margen inicial (izquierdo o derecho), el método (margen con pendiente, margen vertical, u otro escogido por el usuario), y la distancia (es decir, la distancia desde la margen inicial) como aparece en la Figura 71. Después de introducir la información de la margen, seleccione **aceptar (OK)** para ver los muestreos de la margen inicial. Con el fin de recopilar información exacta y precisa, asegúrese de que el barco esté lo más

quieto posible.

RiverSurveyor Live			
Process	Moving Boat	Total Q (m3/s)	0.00
Step	Profiling	# Cells	8
Sample	8	Track (m)	0.00
Time	11:39:09	Depth (m)	3.00
Duration	0:00:08	Mean Vel	1.025
Voltage (V)	17.9	Boat Speed	0.000
<b>START EDGE</b>		<b>MENU</b>	

Figura 70. Recopilación de datos - Margen inicial

RiverSurveyor Live	
Start Edge	Left Bank
Method	Sloped Bank
Distance(m)	2.00
User Flow(cms)	0.00
The Left Bank is the bank on the left side of the stream when looking downstream.	
<b>OK</b>	

Figura 71. Recopilación de datos - Datos de la margen inicial

La figura 72 muestra la recopilación de datos del RiverSurveyor después de meter los datos de la margen inicial. Recopila al menos 10 perfiles/muestras. Seleccionar **START MOVING** para ir al siguiente paso. En este punto, es importante asegurarse de que el sistema está funcionando y recopilando muestras. También es importante confirmar que el estado de los iconos sean válidos (ver Apéndice A).

RiverSurveyor Live			
Process	Moving Boat	Total Q (m3/s)	0.00
Step	Start Edge (16)	# Cells	8
Sample	16	Track (m)	0.00
Time	11:39:37	Depth (m)	3.00
Duration	0:00:16	Mean Vel	1.025
Voltage (V)	17.9	Boat Speed	0.000
<b>START MOVING</b>		<b>MENU</b>	

Figura 72. Pantalla mostrando datos después de seleccionar margen inicial

### 6.7.3. Inicio del movimiento

Antes de mover el barco a través del transecto, presione **Iniciar Movimiento (START MOVING)**. Comience a mover el barco suave y lentamente a través del canal. La figura 73 muestra la pantalla correspondiente.

RiverSurveyor Live			
Process	Moving Boat	Total Q (m3/s)	0.00
Step	Start Edge (16)	# Cells	8
Sample	16	Track (m)	0.00
Time	11:39:37	Depth (m)	3.00
Duration	0:00:16	Mean Vel	1.025
Voltage (V)	17.9	Boat Speed	0.000

START MOVING MENU

Figura 73. Recopilación de datos - Inicio del movimiento

Esta ventana muestra los datos que están siendo recopilados a través del canal. Hay vistas de pantallas adicionales para visualizar los otros parámetros que se recolectan. Al presionar la tecla **Menú** se activa la visualización de datos que se desea ver. También se pueden utilizar las teclas numéricas 1, 2, 3 y 4 para cambiar las vistas, como se muestra en la Figura 74.

RiverSurveyor Live 20090309113923			
Boat/Water	1.3	Satellites	10
DMG (m)	65.04	GPS Quality	4
Temperature	23.9	D(BT)/D(GPS)	1.000
Heading (deg)			0.0
Pitch (deg)			0.0
Roll (deg)			0.9

1 Main VIEW  
2 Sensor+GPS ABORT  
3 Discharge DISCONNECT  
4 Settings MENU

END E MENU

Figura 74. Recopilación de datos - Vista de datos de la opción *Iniciar Movimiento*

### 6.7.4. Margen Final

Después de llegar a la orilla opuesta, seleccionar **END EDGE** (Figura 75). A continuación el sistema pedirá introducir el método a usar (Margen vertical, Margen con pendiente, u otro método seleccionado por el usuario) y distancia (es decir, la distancia del barco hasta el margen final) como se muestra en la figura 76. Si elige el método seleccionado por el usuario, utilice el campo *Flow User* para introducir un flujo estimado para esta área que inicia desde la margen final. Seleccione **aceptar (OK)** para ir al menú **END TRANSECT**. Se debe procurar que el barco permanezca quieto tanto como sea posible para recopilar los datos de la margen final con mayor calidad. Recopilar al menos 10 muestreos/perfiles antes de ir a la última etapa: Fin del transecto.

RiverSurveyor Live 20090309113923			
Process	Moving Boat	Total Q (m3/s)	8.88
Step	In Transect	# Cells	8
Sample	29	Track (m)	3.00
Time	11:39:50	Depth (m)	3.00
Duration	0:00:29	Mean Vel	0.773
Voltage (V)	17.9	Boat Speed	1.001
END EDGE		MENU	

Figura 75. Recopilación de datos - margen final

RiverSurveyor Live	
End Edge	Right Bank ◀ ▶
Method	Sloped Bank ◀ ▶
Distance(m)	<input type="text" value="2.00"/>
User Flow(cms)	<input type="text" value="0.00"/>
The Left Bank is the bank on the left side of the stream when looking downstream.	
OK	

Figura 76. Recopilación de datos - Datos del margen final

### 6.7.5. Fin del Transecto

La figura 77 muestra la pantalla **fin del transecto (END TRANSECT)**. Al presionar el botón **END TRANSECT** se completa la medición.

RiverSurveyor Live			
Boat/Water	0.0	Satellites	10
DMG (m)	121.08	GPS Quality	4
Temperature	23.9	D(BT)/D(GPS)	1.000
Heading (deg)	273.6	GC-BC	0.0
Pitch (deg)	0.1	GPS Age	1.00
Roll (deg)	0.1	HDOP	0.9
END TRANSECT		MENU	

Figura 77 Pantalla mostrando la opción fin de transecto.

Una vez finalizado el transecto, aparece una pantalla en donde se muestra el resumen de la medición. Se presentan los datos de cada transecto, así como los cálculos estadísticos. Las teclas de flecha permiten moverse celda por celda. Usando la opción *Seleccionar* en la columna izquierda, se incluyen o excluyen transectos, lo cual cambia las estadísticas. Esto permite descartar transectos no válidos, logrando así un cálculo aceptable del gasto en campo.

RiverSurveyor Live			
	Start Date	Start Time	Track
✓ 1	27/01/20...	9:18:03	0.00
✓ 2	27/01/20...	9:34:22	0.00
20090127082213 Total Duration=00:18:01			
Mean:0.00 StdDev:0.00 COV:0.000			
CONTINUE		MENU	

Figura 78. Pantalla del Resumen de la Medición de Gasto.

Seleccione **CONTINUE** para hacer otra medición, o bien la opción **MENU** y después **DONE** para ir al menú principal. En cualquier etapa del procedimiento mientras esté el barco en movimiento, al seleccionar **MENU** y después **ABORT** se cancela la medición y se regresa al menú principal. También en cualquier paso, se puede seleccionar **MENU** y luego **DISCONNECT** para desconectar el dispositivo móvil del sistema, pero el sistema permanece en funcionamiento. Se puede volver a conectar el ADP con el mismo dispositivo móvil u otro diferente o con una PC, y que el sistema continua recolectando datos sin perder alguna información. La figura 79 muestra las opciones **ABORT** y **DISCONNECT**.

RiverSurveyor Live 20090309113923			
Boat/Water	1.3	Satellites	10
DMG (m)	80.05	GPS Quality	4
Temperature	23.9	D(BT)/D(GPS)	1.000
Heading (deg)	273.6	G	1 VIEW 0.0
Pitch (deg)	0.1	G	2 ABORT 00
Roll (deg)	0.1	H	3 DISCONNECT 0.9
END EDGE		MENU	

Figura 79. Recopilación de datos - Opciones cancelar y desconectar

### 6.7.6. Recopilación de datos - Cambio entre un dispositivo móvil y una PC

El software RiverSurveyor Live permite cambiar entre dispositivos de medición (dispositivo móvil y PC), mientras que el sistema continua recopilando información. Los datos recogidos por el sistema RiverSurveyor se almacenan en el ADP, por lo que no existe riesgo de perder datos cuando se cambia de dispositivo. Más importante aún, los datos no se perderán si la comunicación con el ADP se interrumpe por cualquier motivo.

Para cambiar del dispositivo móvil a la PC, desconéctelo del sistema durante la recolección de datos. Esto se hace presionando botón **MENU** y después **DESCONECTAR** como se muestra en la Figura 88. Para continuar con la medición simplemente conecte el sistema con una PC o un dispositivo móvil.

### 6.7.7. Transferencia de datos desde el dispositivo móvil a la PC

Se pueden transferir los archivos de datos desde el dispositivo móvil a la PC simplemente conectando el primero a la PC mediante un cable USB. Antes se debe cerciorar que el software ActiveSync está instalado en la PC para que ambos puedan comunicarse. Una vez que el dispositivo móvil está encendido y conectado a la PC, ActiveSync lo reconocerá y lo mostrará como tal en el Explorador de Windows.

A continuación, se puede ir a la carpeta correspondiente que contiene los datos recopilados (estos archivos tienen una extensión \*.riv) y descargar (Guardar, Copiar y Pegar, o cortar y pegar) los archivos a la carpeta deseada en la PC. En esta misma carpeta se abrirán los archivos para visualizarlos, procesarlos y analizarlos posteriormente usando el software Live RiverSurveyor for PC. La figura 89 muestra la ventana del menú principal del software mencionado. En la sección titulada: archivos de datos (en rojo), estos pueden ser seleccionados manualmente, o pueden abrirse con enlaces directos a los archivos utilizados más recientemente.

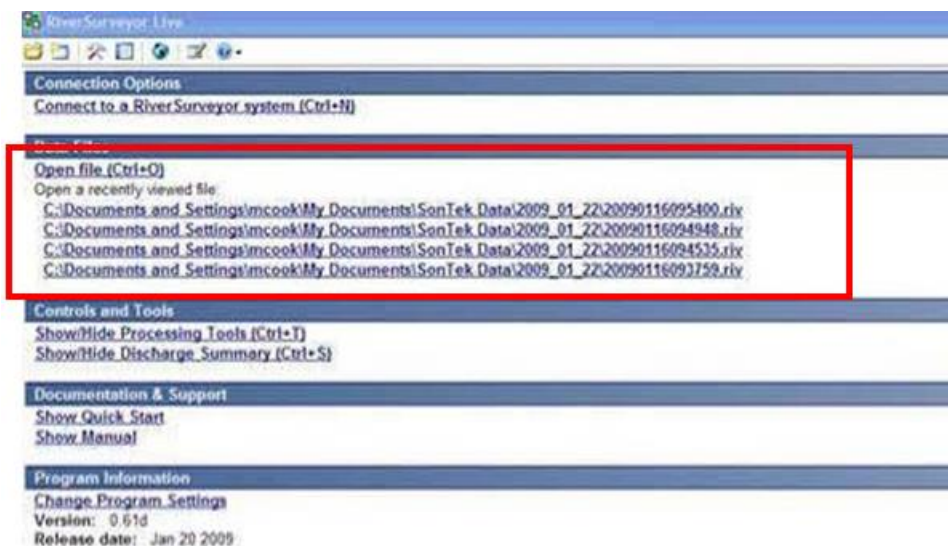


Figura 80. Menú Principal del RiverSurveyor Live para PC

## 7. Mantenimiento básico del RiverSurveyor

En condiciones normales, el PD requiere poco mantenimiento por lo que sólo deben seguirse algunos de los procedimientos de mantenimiento de rutina para garantizar el funcionamiento a largo plazo del sistema.

### 7.1 Limpieza de los sensores

Puede necesitarse la limpieza periódica de la superficie de los sensores para mantener un rendimiento óptimo cuando se utiliza en zonas de alta actividad biológica o de acumulación mineral. Para eliminar la acumulación de material sobre la cara del sensor, simplemente limpie con un cepillo duro (no metálico) o aplique agua y jabón y limpie con esponja. Los sensores se protegen a sí mismos con una resina epoxi dura y son muy duraderas.

Son normales los rayones o arañazos menores en la cara de los sensores en un período de tiempo determinado, esos no les harán daño o afectarán el rendimiento. Los impactos directos a la cara del sensor deben evitarse ya podría romperla y permitiría que haya humedad en la carcasa de la electrónica y causaría daños al sensor en sí.

### 7.2 Cables y conectores

A menudo los cables y conectores utilizados con el PDA son la parte más vulnerable del sistema. Todos los cables estándar SonTek usan una cubierta duradera de poliuretano que proporciona a largo plazo excelente resistencia al desgaste y a la abrasión. También se utilizan conectores flexibles sumergibles junto con conectores de metal de alta calidad para evitar errores de conexión. Sin embargo, cualquier cable o conector utilizado en campo es susceptible al daño, por lo que deben tomarse precauciones razonables. Inspeccione

regularmente los daños de todos los cables y los conectores del ADP y reemplace si es necesario.

Para facilitar las conexiones, aplique a los conectores una ligera capa de grasa de silicón. Sin embargo, asegúrese de que el silicón no contenga limpiadores o solventes que puedan dañar el parte de goma del conector. Inspeccione los pines de ambos conectores para asegurarse de que están libres de suciedad o exceso de grasa, lo que podría interferir con la conexión o haga difícil acoplar completamente los conectores.

### ***7.3 Junta del compartimento de la batería (O-ring).***

Asegúrese de que la junta (O-ring) en el compartimento de la batería del PCM está completamente limpia y libre de suciedad; que esté asentado correctamente, y que no esté torcido o roto. Es importante para la integridad del instrumento mantener un sellado hermético.

### ***7.4 Baterías***

Es importante utilizar sólo baterías completamente cargadas. No trate de modificar los paquetes baterías entregados con el equipo.

## Apéndice G. Software de medición estacionaria

### G-1. Resumen

El software SonTek *RiverSurveyor Stationary Live* utiliza un enfoque alternativo al método común del barco en movimiento para medir las corrientes de agua y el gasto. Ambos métodos utilizan un Perfilador Doppler Acústico (ADP) para medir las corrientes de agua. Sin embargo, cuando se utiliza el software *RiverSurveyor Stationary Live*, el perfilador doppler opera montado desde una posición fija, una lancha fondeada o plataforma (por ejemplo, en un barco hidrotabla o catamarán de SonTek).

Este procedimiento de medición es similar al utilizado para el equipo FlowTracker<sup>2</sup> de SonTek y está en conformidad a las técnicas de medición de área de velocidad referidas en los estándares ISO. Las mediciones se realizan desde posiciones estacionarias, por lo general a lo largo de una cuerda como guía, para obtener una representación más precisa del perfil de la velocidad media y, por tanto, para determinar el gasto.

La Medición estacionaria se puede utilizar en una amplia variedad de situaciones tales como:

- É Mediciones del gasto
- É Perfilamiento en tiempo real a través de transectos.
- É Mediciones bajo el hielo (disponible en entregas futuras)

### G-2. Requisitos del Sistema

El *RiverSurveyor Stationary Live* requiere de las siguientes especificaciones en una PC.

Windows Vista o Windows XP

Procesador de 1,6 GHz

1 GB de memoria RAM

Espacio en disco duro de 1 GB

Resolución de pantalla de 1024 x 768

### G-3. Instalación

Para instalar el software *RiverSurveyor Stationary Live* en su PC, inserte el CD de distribución en su unidad de CD-ROM. El programa debe iniciar automáticamente y mostrar el menú de instalación (Figura 81). Si no aparece el menú de instalación en pocos segundos, presione en los botones del equipo **Inicio|Ejecutar** y escriba `D:\install.exe`, donde `d:\` es la letra de la unidad de CD-ROM, utilice la correspondiente en su PC.



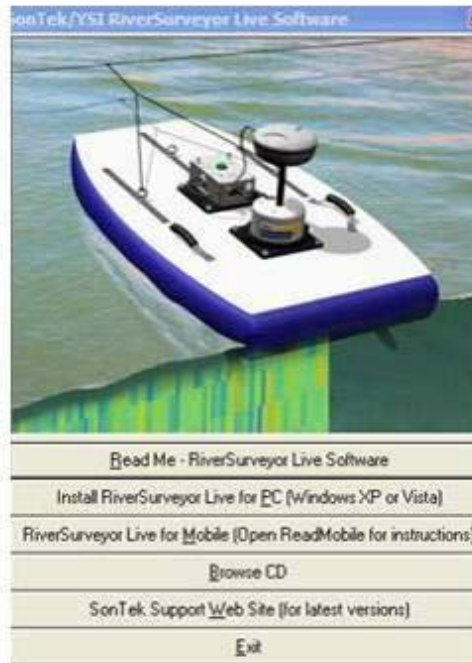


Figura 81. Menú de Instalación

Presione en la opción *instalar RiverSurveyor Stationary Live*. El Asistente de instalación (Figura 82) mostrará las instrucciones paso a paso para instalar el software.



Figura 82. Instalación en la computadora

Siga las instrucciones en pantalla para completar la instalación del software. Concluida la instalación el *RiverSurveyor Stationary Live* está listo para hacer una medición.

#### G-4. Ejecutando una medición

El propósito principal del sistema de medición estacionaria es medir el gasto total de una sección transversal de un río. Dado que las mediciones de velocidad se realizan desde una posición fija, el sistema no requiere de Bottom-tracking<sup>3</sup> o de un DGPS<sup>4</sup> como referencia para las mediciones de velocidad. Esto es ventajoso cuando una o ambas técnicas de referencia no son confiables debido a las condiciones del sitio.

Las mediciones estacionarias del gasto también proporcionan ventajas adicionales para usarse en la medición tales como:

- É Mediciones de caudales de alta precisión bajo el hielo
- É Mediciones del perfil de la velocidad en condiciones donde hay cambios temporales importantes en las condiciones del flujo (por ejemplo, ríos intermitentes, lechos móviles y canales con condiciones de lechos móviles). Esto también incluye áreas de gran turbulencia (tales como detrás de los pilotes de un puente) en donde las mediciones instantáneas o desde un barco tendrá imprecisiones significativas

#### G É 4.1 Procedimiento de medición de la Sección-Media

En el procedimiento para realizar una medición del gasto se atiende la metodología bien establecida y enunciada por la US Geological Survey (USGS<sup>5</sup>) para la Medición del Gasto mediante Molinetes Convencionales (normas ISO 768 (1997) y 9196 (1992)). Este método también se conoce como el Método de la Sección Media+para calcular el gasto y es el mismo método adoptado por el equipo FlowTracker de SonTek.

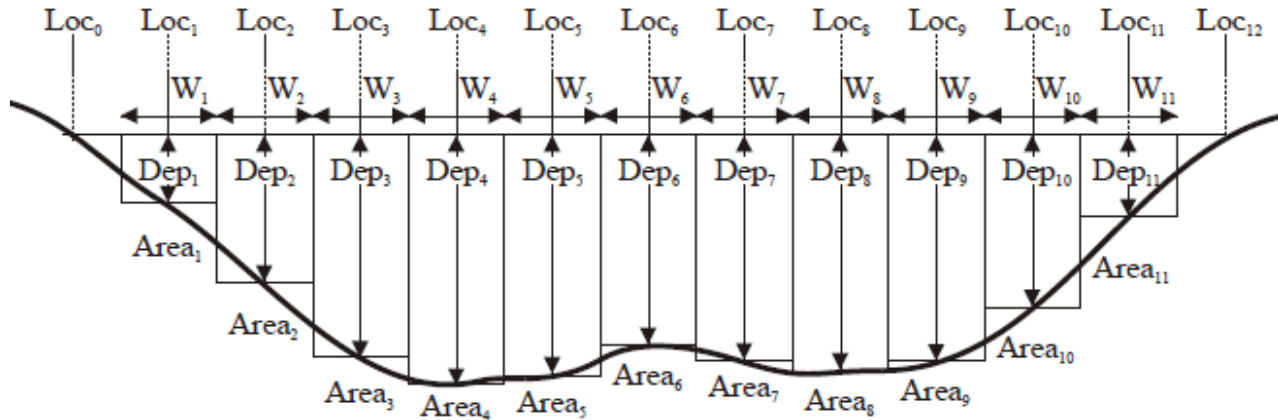
El método de la sección media consiste en hacer una serie de mediciones de velocidad y profundidad en varias ubicaciones específicas (también conocidas como estaciones, dovelas o verticales) a través de una sección transversal del río. En cada estación, se miden la profundidad y el perfil de velocidad media. La profundidad se calcula utilizando ya sea los 4 haces de velocidad, el haz vertical de baja frecuencia, o se mide manualmente (mediante una varilla u otro dispositivo) y este se ingresa en el software. El perfil de velocidad media de cada estación se calcula a partir de la información recopilada en todas las celdas válidas sobre el lecho del río. El ancho de una estación se determina como la suma de la mitad de la distancia a la estación anterior y la mitad de la distancia a la estación siguiente. Este método supone que el perfil de velocidad en cada estación representa la velocidad media del área de todo el rectángulo de la estación.

En cada estación se mide durante un tiempo considerable para evitar cualquier variación ambiental y temporal en las velocidades del agua. Por lo general dentro de la USGS, se recomienda que la duración de la medición en una estación sea de 40 segundos. Sin embargo, particularmente en aguas turbulentas, extremadamente bajas velocidades, o en áreas donde cambie rápidamente el nivel de agua, pueden requerir un período más largo. Esta recomendación del tiempo puede variar de un país a otro y aún a nivel de distintas organizaciones.

<sup>3</sup> Rastreo del Fondo

<sup>4</sup> Sistema de posicionamiento global

<sup>5</sup> Oficina de Exploración Geológica de los Estados Unidos



Ubicación de la Estación =  $Loc_i$   
 Profundidad del agua en la estación =  $Dep_i$   
 Ancho de la Estación =  $W_i = (Loc_{i+1} - Loc_i)/2 + Loc_i \cdot Loc_{i-1})/2$   
 Área de la estación =  $Area_i = W_i \cdot Dep_i$   
 Velocidad promedio de la estación =  $V_i$   
 Gasto de la Estación =  $Q_i = Area \cdot V_i$   
 Gasto Total =  $\text{Sum}(Q_i)$

Figura 83. Método Básico para la Medición del Gasto en un Río

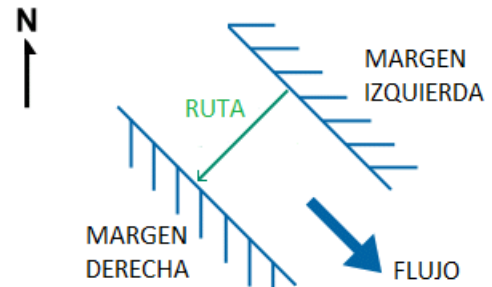
El procedimiento básico para hacer una medición del gasto mediante el sistema de medición estacionaria es el siguiente:

### 1. Configuración de la Ubicación

“ Se escoge la sección de medición según los criterios descritos en la Sección G-5 (ver más adelante).

“ Se cruza una cinta métrica a través del río. En un sitio ideal de medición, el flujo debe ser perpendicular a la cinta en todos los puntos no deben existir reflujos u obstrucciones.

“ El espacio entre las estaciones a lo largo de la ruta se elige de tal forma que se obtengan entre de 20 a 30 estaciones. Cada una de estas estaciones debe ser ubicada de tal forma que en ninguna estación que se suponga el flujo exceda al 10% del gasto total. Idealmente, ninguna estación debería tener más de un 5% del gasto total. Por lo general, esto significa que las estaciones no son equidistantes, e incluso son más estrechas en las zonas más profundas o donde es más alta la velocidad y más separadas en las zonas menos profundas o donde es más lenta la corriente.



Se mide el norte magnético (azimut) de la ruta o trayectoria. Esta es la orientación de la trayectoria en dirección a la margen derecha del río. Es importante establecer el azimut de la ruta porque permite al M9/S5 rotar libremente alrededor de la posición de muestreo y aun así medir la velocidad media correcta de la estación utilizando su brújula interna para conocer la dirección verdadera de la velocidad y, a continuación, calcular la velocidad normal a la trayectoria. En el ejemplo del esquema, la ruta está orientada hacia el suroeste ( $225^\circ$ ). El azimut debe medirse con la brújula interna del ADP (recomendado) o una brújula portátil.

## 2. Configurar el Software

- É Conectarse al ADP por medio del software.
- É Introduzca en el software la información del sistema y del sitio. Esta información incluye el nombre del sitio, número, ubicación, margen de inicio, datos de alturas de los dispositivos presentes, el azimut, el método de referencia de velocidad, método de referencia de profundidad, gasto ponderado y cualquier comentario adicional de las condiciones del tiempo o de la medición.

## 3. Efectuar la medición

- É El operador empieza en una de las márgenes (margen de inicio), grabando la ubicación de dicha orilla, la profundidad del agua y los datos de alturas de los dispositivos.
- É El operador entonces avanza a la primera estación e introduce la ubicación de la estación, profundidad del transductor y los datos de las alturas (no es obligatorio).
- É El M9/S5 se coloca con sus transductores sumergidos y el sistema tan vertical como sea posible. Idealmente el sistema se puede fijar sobre una plataforma, barco o una estructura de montaje.
- É Comienza la recopilación de datos y el M9/S5 mide las velocidades 3D reales y la profundidad del fondo a lo largo de la columna de agua.
- É Sólo se utiliza el componente de la velocidad del agua perpendicular a la línea del transecto (o al azimut) para asegurar los cálculos apropiados del gasto, independientemente de la dirección de flujo. Este componente normal de la velocidad se conoce como %Velocidad Normal+. También se mide y se graba la verdadera dirección del flujo o %Velocidad Verdadera+ y se mostrará en pantalla comparándola con la velocidad Normal.
- É Al final del tiempo promedio de la medición, se calcula el gasto mediante la fórmula que se muestra en la figura 83.
- É Repetir los pasos anteriores en cada estación a lo largo del transecto hasta la última estación, e inmediatamente después Pulsar el botón **End Section**.
- É Se registra la ubicación y la profundidad de la orilla final.

## 4. Post medición

- É Se evalúa y registra la calidad de la medición.
- É El gasto total (la suma de los gastos de todas las estaciones), el área total y la velocidad media se muestran en las gráficas de los parámetros de todo el transecto.
- É Después de eso se puede generar un informe del proceso de medición.
  - El informe incluye la incertidumbre estimada del cálculo final del gasto; el cálculo de incertidumbre se describe en la sección G-8.1.

### G-5. Seleccionando una Ubicación de Medición

Al seleccionar la ubicación de la sección transversal de medición es importante considerar lo siguiente:

- É Seleccionar un área de flujo relativamente constante y uniforme. Intente evitar zonas con zonas de flujo muerto o con fuerte turbulencia. Tenga en cuenta que la medición puede hacerse en estas áreas sin embargo puede tomar más tiempo establecer un perfil medio (por ejemplo, que necesite aumentar el intervalo promedio).
- É Los cambios en la profundidad de la selección transversal deben ser graduales (no bruscos).
- É El flujo a lo largo de las orillas debe ser bajo o cercano a cero.

### G-6. M9/S5 Soporte y orientación del Instrumento

Montaje: El soporte al cual se ajustará el M9/S5 debe cumplir los siguientes criterios tan estrictamente como sea posible:

- É Rígido y nivelado cuando el transductor esté en el agua, para minimizar la vibración.
- É En algunas aplicaciones es ventajoso que el montaje sea fácil de quitar cuando el barco se mueve de una estación a la siguiente.
- É Tal y como pasa con una medición hecha desde un bote en movimiento; en pequeñas y medianas embarcaciones (10' . 25') - el soporte se puede extender mas allá de la proa del barco; en barcos más grandes, es preferible montar el ADP en ya sea el puerto de estribor o cerca de la mitad del barco.
- É La profundidad del transductor debe ser ajustable.
- É Construidos de materiales no ferrosos (idealmente aluminio).
- É Asegúrese de que el M9/S5 esté al menos a unos pocos metros de distancia del motor o de cualquier otro objeto ferro magnético para garantizar el buen funcionamiento de la brújula (si se utiliza en la orientación ENU<sup>6</sup>).
- É Que el barco ó hidrotabla mantenga tanto como sea posible una posición constante y estable orientada con la margen del río. Nota: Es preferible utilizar la velocidad de referencia del *Bottom-tracking* si es que existe un movimiento significativo del barco ó hidrotabla durante la recolección de datos.

Recuerde que la profundidad del transductor debe ser tan superficial como sea posible, pero los transductores deben estar completamente sumergidos en todo momento durante la recopilación de datos. La clave para una recopilación aceptable de datos en una medición estacionaria es que los transductores permanezcan en una posición que sea relativamente constante en referencia a la margen.

Orientación del instrumento: Esto es importante cuando se estan haciendo mediciones con el uso de la orientación **XYZ** (es decir, similar a la referencia del FlowTracker) y/o cuando se utiliza la brújula interna (ENU) para determinar el azimut de la ruta. En el primer caso, la velocidad **x** que mide el sistema se utiliza para calcular el gasto de esa estación particular. Esto requerirá que los sistemas de eje-**x** estén apuntando hacia aguas abajo, como se muestra en la Figura 84 a continuación. Con ENU (East North Up Sistema de navegación por coordenadas),

esta orientación, el conector ubicado en la carcasa del M9/S5 apuntará directamente hacia aguas abajo. Además, no debe permitirse que el M9/S5 gire durante la recopilación de datos (similar al uso de un FlowTracker).

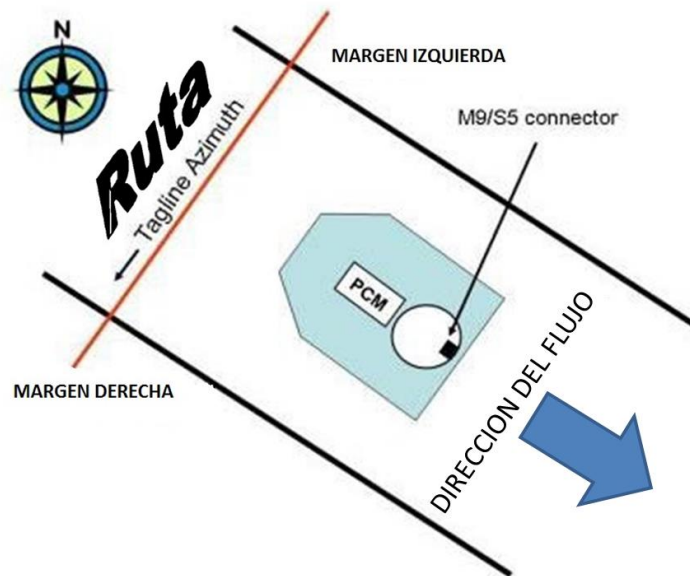


Figura 84. Orientación del Instrumento

En la mayoría de los casos, es preferible usar la orientación ENU durante la recopilación de datos. La razón principal es que cuando se utiliza la orientación ENU, el sistema siempre mide la velocidad real y la velocidad normal independientemente del ángulo de la ruta o trayectoria guía. Esta característica es útil en muchas condiciones del río o canal especialmente al usar el sistema desde un bote pequeño con una cuerda. En este caso, el barco puede rotar libremente sobre la corriente a medida que avanza sobre la sección transversal y mediante el uso de la brújula interna calculará con precisión la velocidad real y la velocidad normal. Debe utilizarse el mismo sistema de orientación que se muestra en la figura anterior al medir el azimut de la ruta o guía utilizando la brújula interna del M9/S5. Este procedimiento (obtención del azimut de la ruta o guía) se describe en la Sección G-7.4.

## G-7. Operación del Software

### G-7.1 Conectándose al Sistema

Asegúrese de que todos los otros programas que tienen acceso a los puertos seriales se cierren antes de iniciar el software.



Figura 110. Menú Principal

Inicie el software oprimiendo el botón **Inicio** y, a continuación, **Programas | Software de SonTek | Stationary-Measurement**. Se mostrará la pantalla de inicio como se muestra arriba en la **Figura 110**.

Conéctese al sistema oprimiendo **Connect to RiverSurveyor System (Ctrl-N)**.

Esto hará que se muestre el cuadro de diálogo **Select Port**. Seleccione el puerto serial a que está conectado el sistema y presione el botón **Connect** u oprima la tecla **Enter**. Nota: Si se está comunicando mediante una conexión Parani BlueTooth marque la casilla situada en la esquina inferior izquierda como se muestra en la figura 85.

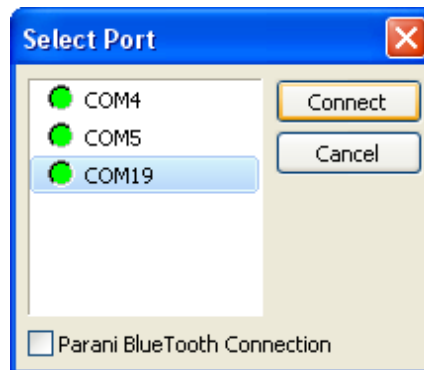


Figura 85. Puerto de Comunicaciones

Una vez establecida la comunicación con el sistema, se mostrará la pantalla de la Página de Inicio (figura 86).

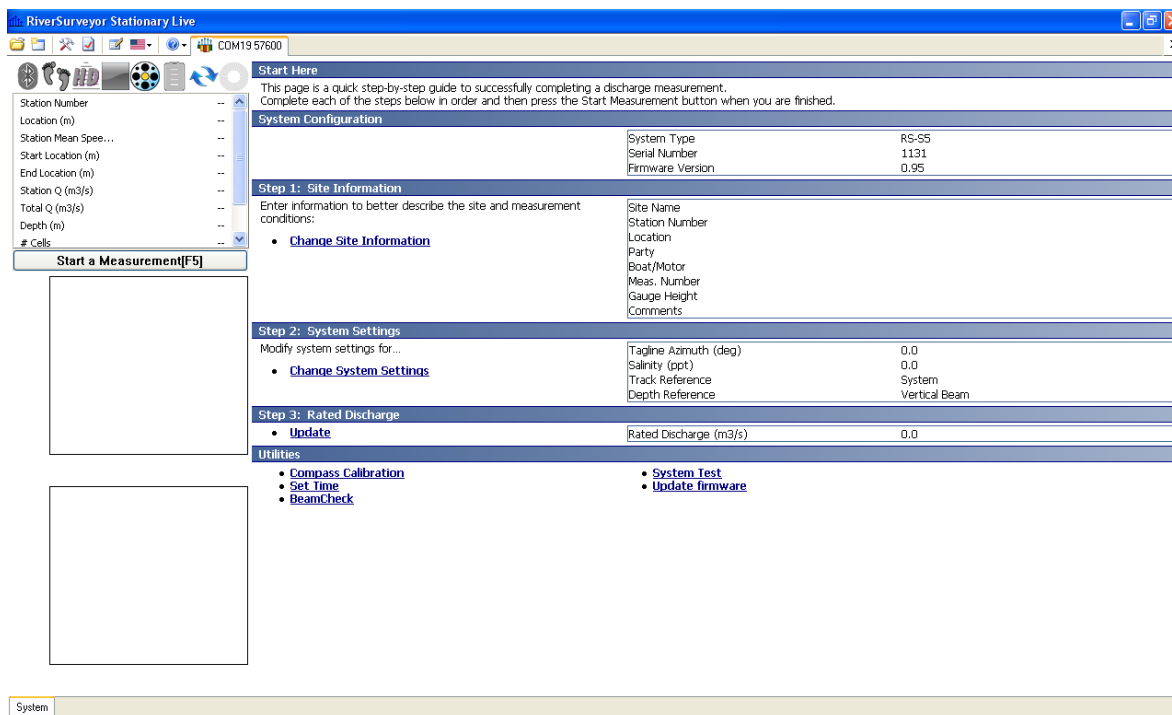


Figura 86. Página de Inicio

Esta pantalla se utiliza para introducir la información del sitio, la configuración del sistema, el gasto ponderado (para calcular el porcentaje medido en cada estación) y para realizar funciones de utilidad. Una vez que se ha ingresado esta información, se puede presionar el botón **Start a Measurement (F5)** para comenzar su medición.

### G-7.2 Configuración del Sistema

La configuración del sistema muestra el tipo de sistema (M9 o S5), el número de serie y la versión de firmware con propósitos de referencia. No se requiere introducir alguna información adicional en esta sección.

### G-7.3 Paso 1: Información del sitio

El cuadro de diálogo Información del Sitio cubre información relacionada con el sitio, incluyendo el nombre y el personal que participa en la medición.

Se recomienda que se rellenen todos los campos de esta página antes de iniciar la medición. Estos datos se mostrarán en el Informe de Medición del Gasto, y mejorarán tanto el mantenimiento de registros como los procesos de revisión de datos.

Se mostrará el cuadro de diálogo Información de Sitio (Figura 87). Presione la tecla **Tab** para desplazarse por cada uno de los parámetros mostrados.



Figura 87. Información del Sitio

#### G-7.4 Paso 2: Configuraciones del Sistema

Presione **System Settings** para ingresar el azimut de la ruta o guía, salinidad, referencia del recorrido y referencia de la profundidad. Esto hará que se muestre el cuadro de diálogo System Settings (figura 88). Al igual que el cuadro de diálogo Información del Sitio, presione la tecla **Tab** para desplazarse por cada uno de los parámetros mostrados.

Figura 88. Parámetros del Sistema

Azimut de la ruta o transecto: Es importante establecer el azimut de la ruta o guía cuando se usa la orientación ENU. El azimut de la ruta o guía (**Figura 89**) es el cabeceo (dirección) en grados de norte magnético de la ruta con respecto a la orilla derecha. La velocidad normal se utiliza para calcular el gasto en cada estación. La ilustración siguiente muestra la orientación correcta del M9/S5 (el conector debe apuntar siempre hacia aguas abajo), el azimut de la ruta relativo al norte magnético y la orilla derecha y la dirección del flujo aguas abajo.

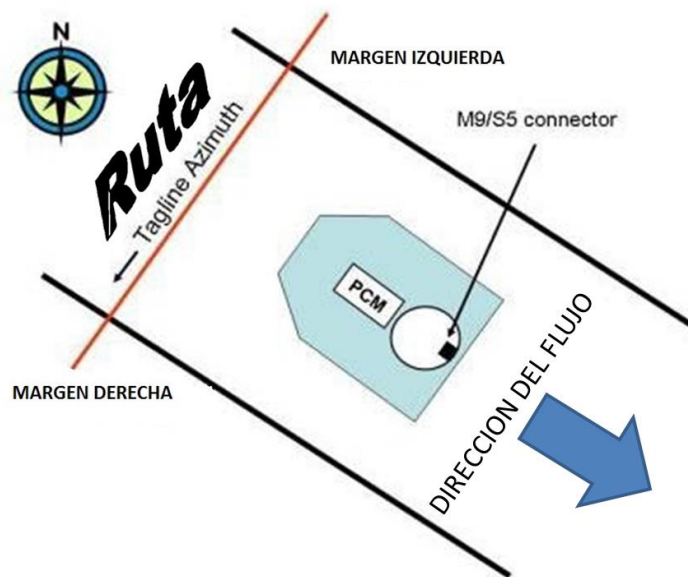


Figura 89. Azimut de la ruta o guía (Tagline Azimuth)

Si previamente se ha determinado el azimut de la ruta para este sitio, entonces, simplemente introduzca ese valor y pase a la pestaña siguiente. Si no conoce el azimut puede utilizar brújula interna del sistema para determinarlo presionando **Get Tagline Azimuth** que mostrará el cuadro de diálogo Obtener el Azimut de la Ruta, que se muestra en la **Figura 90**.

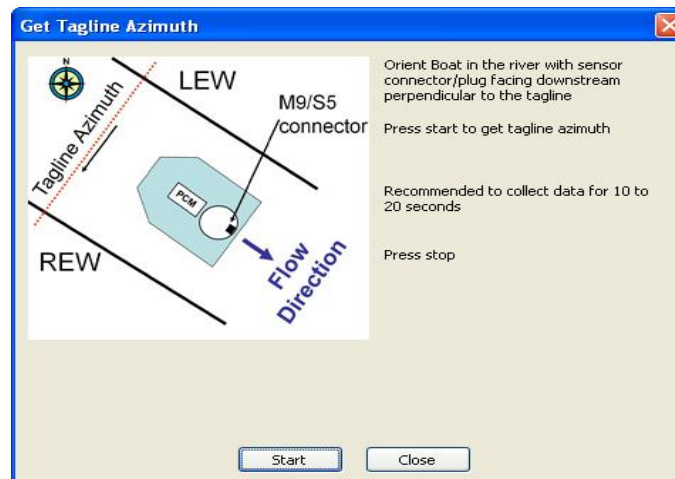


Figura 90. Obtener Azimut de la Ruta o Guía

Siga el sencillo procedimiento que se indica en el cuadro de diálogo *Obtener Azimut de la Ruta* de la manera siguiente:

1. Alinear el conector de comunicaciones y de corriente eléctrica del M9/S5 para que apunte directamente hacia aguas abajo. Si se está usando el instrumento desde una plataforma flotante (es decir, barco, catamarán, hidrotaba, etc.), entonces simplemente ponga la plataforma en el agua y permita que se alinee por sí mismo con la corriente. Esto es mejor

hacerlo en un lugar cercano al centro de río, en una sección en que la corriente fluya directamente aguas abajo.

- Una vez que el M9/S5 ha sido correctamente alineado con el río y está relativamente estable, oprima **Start** para recopilar los datos. Durante este tiempo la brújula mostrará el cabeceo del instrumento a intervalos de 1 segundo, también mostrará el cabeceo promedio del instrumento, el cálculo del azimut de la ruta y el número de muestras (en segundos) como se presenta en la Figura 91. Después de 20-30 segundos de recopilación de datos, pulse **Stop** y cierre el cuadro de diálogo. El campo del azimut de la ruta, en el cuadro de diálogo de configuración del sistema, se actualizará automáticamente con el azimut de la ruta que se obtuvo mediante *Get Tagline Azimuth*.

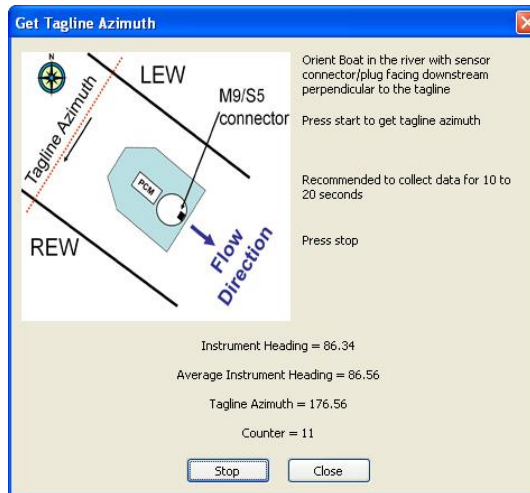


Figura 91. Obtener el Azimut de la Ruta

Salinidad: Introduzca la salinidad del agua (Agua fresca = 0 Agua marina = 34.5 ppm).

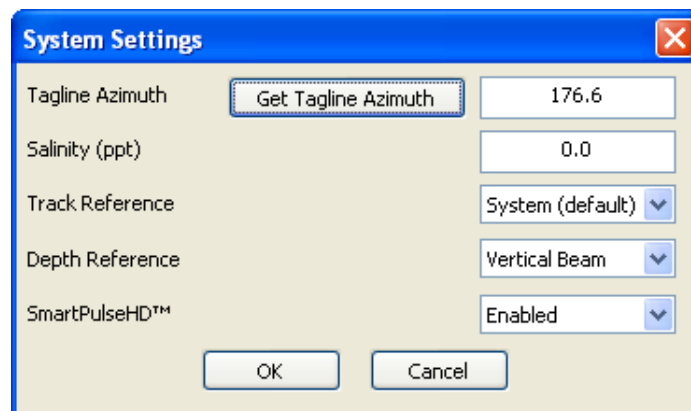


Figura 92. Salinidad

Referencia de la trayectoria: Escoja **System** (valor predeterminado) o Trayectoria de fondo como trayectoria de referencia.

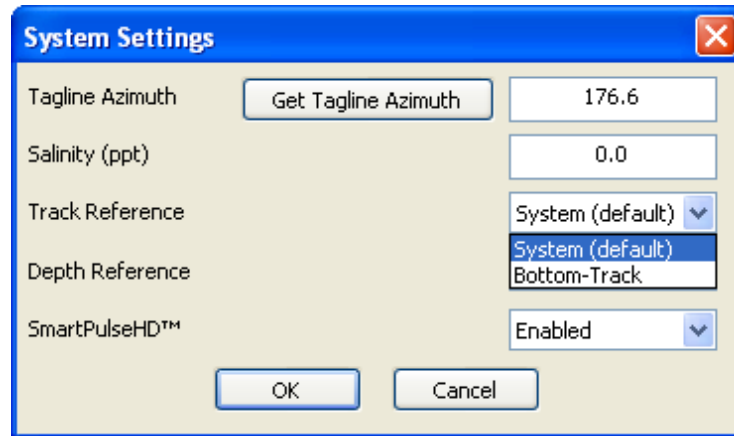


Figura 93. Trayectoria de referencia

En la mayoría de los casos, dado que el M9/S5 permanece fijo durante una medición, es preferible usar *System track* como referencia. Es aceptable escoger *Bottom-track* como trayectoria de referencia para calcular el gasto; sin embargo, comúnmente se usa como una verificación contra la referencia estacionaria en el post procesamiento para los propósitos de garantía de la calidad. Ambos sistemas de referencia de datos, *System* y *Bottom-Track*, se graban y se pueden cambiar en el post procesamiento si se desea.

Referencia de Profundidad: Escoja **Vertical Beam** o **Bottom-Track** como referencia para obtener la profundidad.

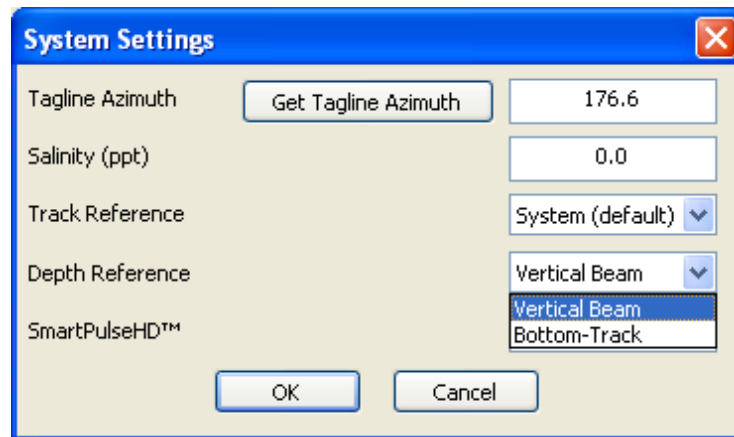


Figura 94. Referencia de la Profundidad

El M9/S5 mide la profundidad mediante un haz vertical en el centro y también mediante un promedio de la profundidad de sus 4 haces. En la mayoría de los casos, será mejor usar el haz vertical para que proporcione una lectura de la profundidad directamente abajo del instrumento. Si la medición de la profundidad mediante el haz vertical no es posible, entonces el M9/S5 automáticamente usará la profundidad de los 4 haces *Bottom-Track*.

Una vez que el azimut, la salinidad, la trayectoria de referencia y de la profundidad se han fijado oprima **OK** para continuar.

### G-7.5 Paso 3: Valor del Gasto

El valor del gasto se utiliza para calcular el porcentaje del gasto medido en cada estación. Para introducir el gasto presione el botón **update** (*actualizar*) y escriba el valor correcto.

El porcentaje de gasto medido se utiliza como un parámetro de la calidad de los datos para ayudar a determinar la anchura correcta de una sección.

### G-7.6 Utilidades

La sección **Utilidades** (*utilities*) incluye enlaces a la **Calibración de la Brújula** (*compass calibration*), **Configuración de la Hora** (*set time*), **verificación del Haz** (*Checking beam*), **Prueba del Sistema** (*system test*) y **Actualización del Firmware** (*Firmware update*). Consulte la sección 6.9 del manual para ver una descripción completa de cada uno.

### G-7.7 Recopilación de datos

Para comenzar la recopilación de datos, pulse el botón **Start a Measurement** (*F5*) ubicado en la parte superior izquierda de la pantalla.

Se abrirá el cuadro de diálogo **Start Edge** (*Margen Inicial*) como se muestra en la figura 95.

Parameter	Value
Start Edge	EW(left bank)
Location (m)	0.00
User Input Water Depth (m)	0.00
Transducer Depth (m)	0.000
Screening Distance (m)	0.00
Coordinate System	ENU
Averaging Time	40
Velocity Correction Factor	1.00
Gauge Height (m)	0.000
Auxillary Gauge Height (m)	0.000
GH Observation Time	11:50:15 AM
Water Surface Type	Open Water
Ice Thickness (m)	0.00
Water Surface To Bottom Of Ice (m)	0.00
Water Surface To Bottom Of Slush Ice (m)	0.00
Island Edge	<input type="checkbox"/>

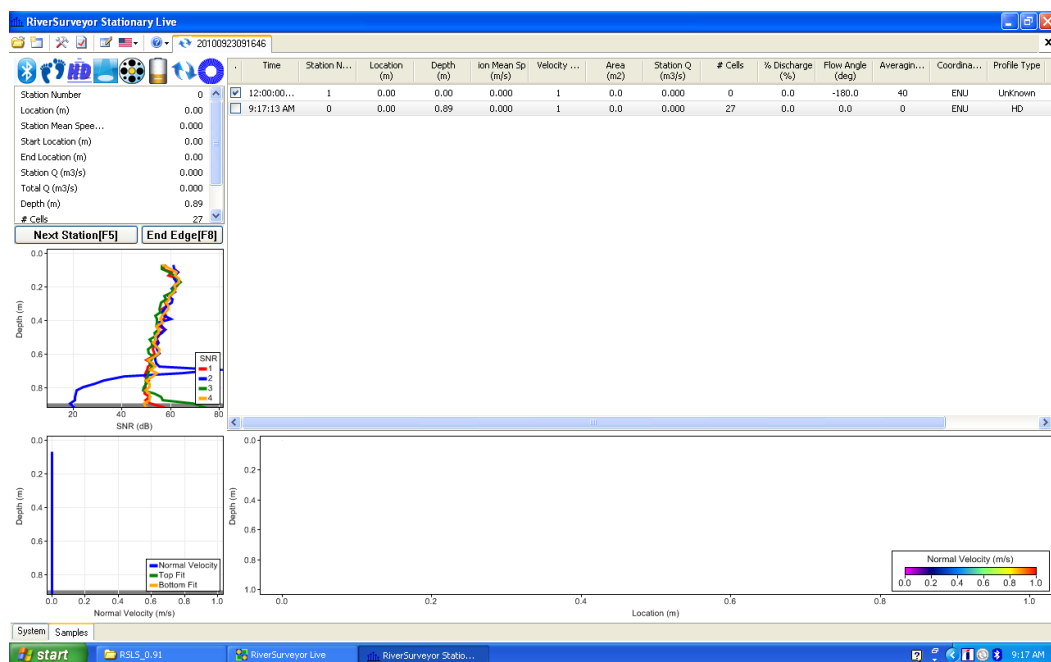
Figura 95 Margen Inicial

Oprima el botón **Cancel** para regresar a la página de configuración del sistema y revisar los parámetros actuales y de recopilación de datos del sistema.

El cuadro de *Margen inicial* (Estación 1) mostrará varios parámetros, pero sólo los campos relevantes se habilitarán en este paso. Introduzca la orilla de inicio correcta (izquierda o

derecha), la posición inicial (orilla del flujo sobre la margen medida a partir de la ruta o guía), la profundidad del agua en la posición de inicio (es común que se utilice el 0 para una margen/orilla con pendiente), factor de corrección de la velocidad (es común usar 1 para la mayoría de las ubicaciones de inicio y final), los datos de altura y datos auxiliares de la altura de los dispositivos (es decir, nivel del agua) si este es conocido y el tiempo de observación de lectura de datos de altura.

Una vez que se actualizan los campos, presione el botón **OK (Enter)** y mueva el instrumento hasta la primera posición de medición (Estación 2). Automáticamente se abrirá el cuadro de diálogo de la estación. El instrumento también comenzará a emitir un tintineo a medida que muestre el perfil de SNR (Nivel de Señal a Ruido) para cada haz y el número de celdas válidas para la medición (como se muestra en la **figura 96**). Esta información se proporciona para ayudarle a realizar una mejor determinación de la primera posición de medición. Además, una vez finalizada la medición el sistema sigue **tintineando** y continúa mostrando estos datos en tanto se mueve a la siguiente posición de medición. Normalmente, se recomienda que se tenga un mínimo de 2 celdas válidas y que la gráfica del perfil de SNR muestre que los haces están midiendo profundidades similares y no se tengan obstrucciones bajo la superficie del agua.



**Figura 96. Despliegue de la muestra cruda**

Una vez que el M9/S5 está en posición, introduzca toda la información pertinente en el campo apropiado. En el extremo derecho de la caja diálogo de la estación está la representación gráfica de la columna vertical de agua en la Estación. Esta visualización gráfica es conocida como la **Ventana de la Estación** y es visible en todas las estaciones.

La siguiente es una breve descripción de cada campo en el cuadro de diálogo de la estación:

**Ubicación (Location):** Es la distancia medida desde la orilla de inicio utilizando la guía.

**Profundidad proporcionada por el Usuario (User Depth):** Sólo se necesita si la medición de la profundidad del M9/S5 no está disponible.

**Profundidad del Transductor (Transducer Depth):** Es la profundidad del instrumento bajo de

la superficie del agua.

**Distancia de blanqueo (Screening Distance):** Son las celdas de velocidad cercanas a la superficie del agua que pueden estar contaminadas debido a la interferencia del casco en el caso de barcos grandes.

**Sistema de coordenadas (Coordinate System):** ENU o XYZ. ENU permite las mediciones de la brújula y las referencias al norte magnético. XYZ deshabilita las mediciones de la brújula y las referencias del eje interno del sistema. Si se requiere, la referencia de coordenadas puede cambiarse de una estación a otra.

**Tiempo de promediado (Averaging Time):** El tiempo en que los datos se recopilarán y promediarán en cada estación. En general, los promedios de tiempo mayores tienden a representar mejor el gasto promedio verdadero. Por ejemplo, la USGS recomienda un mínimo de 40 segundos.

**Factor de corrección de velocidad (Velocity Correction Factor):** 0 - 1. El Valor de 1 es el más común. Consulte las directrices de sus organismos oficiales para la reducción de este factor.

**Altura (Gauge Height):** El nivel del agua observado a partir de un dato conocido en la ubicación de medición. No se requiere para la recopilación de datos.

**Dato Auxiliar de Altura (Auxiliary Gauge Height):** Segunda referencia de medición del nivel del agua a partir de datos de referencia similares. No se requiere para la recopilación de datos.

**Tipo de superficie de agua (Water Surface Type):** Aguas abiertas, cubierta de hielo o cubierta de hielo a medio derretir. Aguas abiertas es la única opción disponible de esta versión.

**Margen del Islote (Island Edge):** Seleccione esta opción para insertar una islote<sup>7</sup> en la sección de medición.

Pulse el botón **Measure** para iniciar la recopilación de datos, **Cancel** para volver y revisar la información de la estación de medición, o **End Edge** para introducir la información de la ubicación de la orilla final. Si presiona **Cancel** para volver atrás, debe pulsar **Next Station (F5)** en la esquina superior izquierda de la ventana para proceder con la medición.

<sup>7</sup> También se puede usar para insertar una obstrucción como un montículo o una columna en la trayectoria del equipo.

**Station** ✖

Location (m)	<input type="text" value="2"/>	
User Input Water Depth (m)	<input type="text" value="0.00"/>	
Transducer Depth (m)	<input type="text" value="0.05"/>	
Screening Distance (m)	<input type="text" value="0.00"/>	
Coordinate System	ENUJ <span style="font-size: small;">▼</span>	
Averaging Time	<input type="text" value="40"/>	
Velocity Correction Factor	<input type="text" value="1.00"/>	
Gauge Height (m)	<input type="text" value="0.000"/>	
Auxillary Gauge Height (m)	<input type="text" value="0.000"/>	
GH Observation Time	11:51:27 AM <span style="font-size: small;">▲▼</span>	
Water Surface Type	Open Water <span style="font-size: small;">▼</span>	
Ice Thickness (m)	<input type="text" value="0.00"/>	
Water Surface To Bottom Of Ice (m)	<input type="text" value="0.00"/>	
Water Surface To Bottom Of Slush Ice (m)	<input type="text" value="0.00"/>	

Island Edge

Figura 97. Cuadro de Dialogo de la Estación

Una vez completada la medición de la estación, el cuadro de diálogo **Resultados de la Medición+** (que se muestra en la figura 98) mostrará automáticamente un resumen de la medición. Revise esta información, y a continuación, oprima **Accept** para avanzar a la siguiente estación o **Repeat** para medir de nuevo la misma estación.

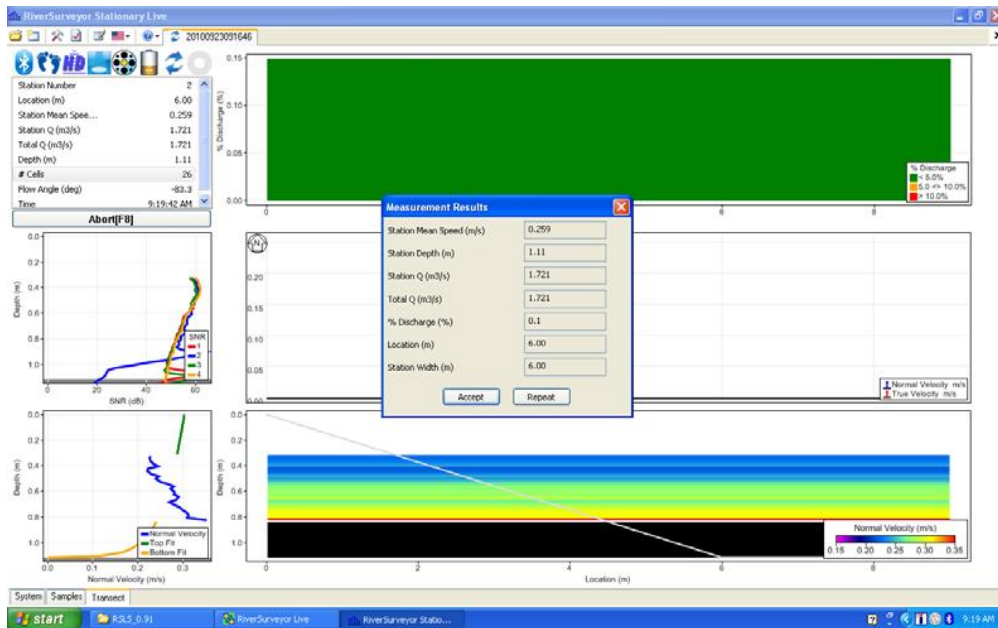


Figura 124. Resultados de la Medición



Repita este proceso para todo el trayecto. Cuando haya finalizado la recopilación de datos de la última estación, pulse **End Edge** para indicar la ubicación de la orilla final. Oprima **OK** para poner fin a la medición. Una vez que ha finalizado la medición no podrá insertar ninguna estación adicional. Si desea continuar la recopilación de datos, presione **Cancel** y oprima **Next Station (F5)**.

Una vez que todas las Estaciones y el margen final se han introducido, oprima el botón **End Transect** para completar la medición. Enseguida se genera el informe de resumen del gasto y se muestra automáticamente.

### **Recopilación de Datos de la Estación**

Una vez que se ha presionado el botón **Measure**, el sistema arranca y comienza a perfilar. Los datos de la estación se muestran a intervalos de 1 segundo y se ven de forma similar a los de la pantalla siguiente.

El diseño de pantalla es similar al software usado para *barco en movimiento*. Los íconos en la parte superior izquierda de la pantalla indican el funcionamiento y el rendimiento del sistema segundo a segundo. Una tabla de resumen se encuentra por abajo de los íconos para proporcionar un resumen de la información en tiempo real en la estación actual. Las dos graficas del perfil en la parte inferior izquierda muestran el SNR (relación señal ruido promedio) y la velocidad normal (promediada).

La gráfica superior de series de tiempo muestra información para el aseguramiento de la calidad, la gráfica de en medio muestra la velocidad normal y verdadera de cada estación y el gráfico inferior muestra el contorno de la velocidad normal. Si es necesario se puede cambiar la gráfico del contorno de velocidad para mostrar otras variables.

Después que se recoge el primer perfil, los gráficos y resultados tabulares de la medición se presentan y se actualizarán a medida que se recopilen datos adicionales.

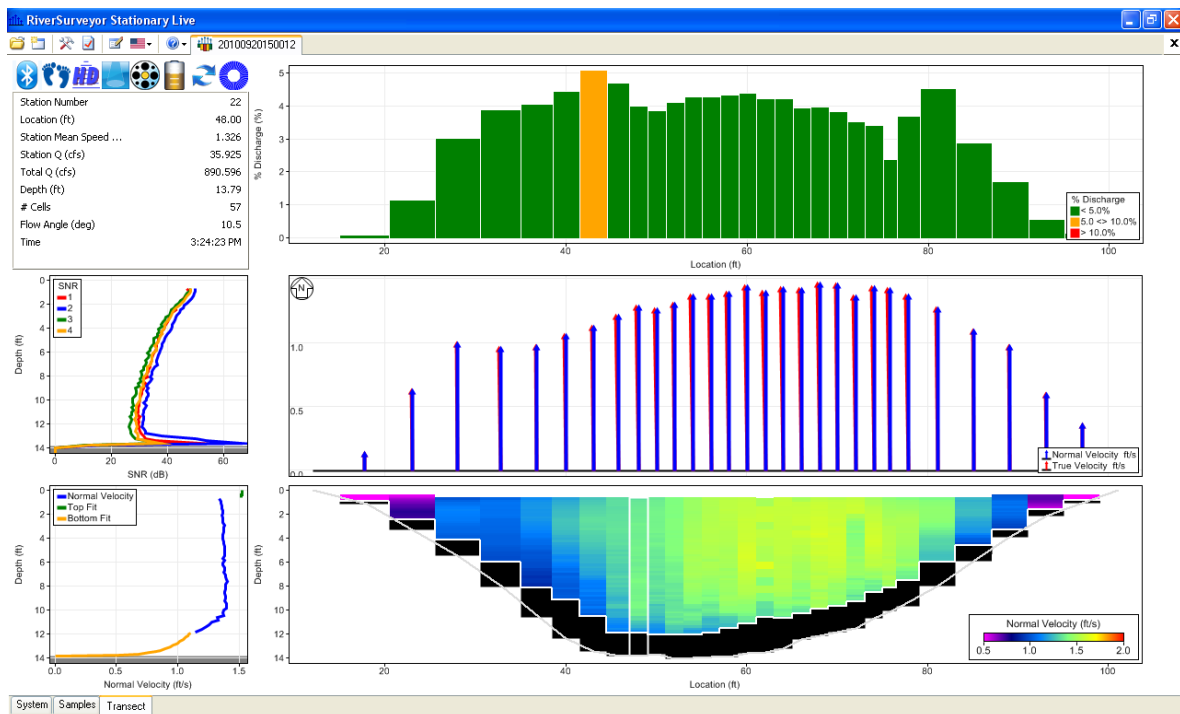


Figura 99. Pantalla de Recopilación de Datos

### **Insertar una estación** (Inserting a Station)

El operador puede insertar una estación en cualquier momento durante la medición. En el cuadro de diálogo de la estación, el operador introducirá la ubicación de la estación que se va a insertarse luego presione **Measure**. La estación insertada se ordena y será incluida en el cálculo del gasto total.

A fin de evitar la pérdida de datos durante una medición ocasionada por la pérdida de energía eléctrica, por las comunicaciones, o por alguna cuestión del equipo de cómputo, el archivo de datos almacenado en el equipo puede reabrirse para completar la medición.

### **Margen del Islote** (Island Edges)

Si un río se divide en múltiples canales, cualquier islote (s) interna debe justificarse en el cálculo del gasto. Las estaciones en cada islote interno son tratadas como si fuesen márgenes de río.

El operador puede presionar en la casilla **Island Edge** ubicada en la parte inferior de la ventana de diálogo de la estación. El encabezado de la ventana cambiara de **Station** a **Island Start Edge** como se muestra en la **figura 100**. Introduzca la ubicación, profundidad y otra información donde corresponda. Presione **OK (Enter)** y automáticamente el software le preguntará al operador la información del **Margen Final del Islote** antes de continuar con la siguiente estación de medición.

Parameter	Value
Location (m)	4.00
User Input Water Depth (m)	0.00
Transducer Depth (m)	0.050
Screening Distance (m)	0.00
Coordinate System	ENU
Averaging Time	5
Velocity Correction Factor	1.00
Gauge Height (m)	0.000
Auxillary Gauge Height (m)	0.000
GH Observation Time	11:53:08 AM
Water Surface Type	Open Water
Ice Thickness (m)	0.00
Water Surface To Bottom Of Ice (m)	0.00
Water Surface To Bottom Of Slush Ice (m)	0.00
Island Edge	<input checked="" type="checkbox"/>

The diagram on the right shows a sonar transducer at the top, emitting a conical beam of light into a body of water labeled 'Water'. The beam reaches a dark grey area at the bottom labeled 'Bottom'.

Figura 100. Margen del Islote

---

## G-8. Informe de Medición del Gasto

El *Informe de Medición del Gasto* es un resumen de la medición actual. Presione el botón **Report** en la barra de herramientas para mostrar el informe.

El resumen está diseñado para ser informativo, fácil de usar y extraer los datos exactamente en el mismo formato en que se introdujeron.

Si el informe es demasiado grande para el monitor del equipo utilice la barra de desplazamiento vertical a la derecha para mover el informe arriba y abajo.

**Discharge Measurement Summary Report** Print

**Discharge Measurement Summary** Date Measured: Thursday, January 20, 2011

*Recorded file is located under My Documents\SonTek Data\YYYY\_MM\_DD\StationaryDataFiles*

Site Information		Measurement Information	
Site Name	401 cmm 815	Party	TT
Station Number	11186000	Boat/Motor	riverboard
Location	cable	Meas. Number	815

System Information		System Setup		Units	
System Type	RS-M9	Tagline Azimuth (deg)	272.9	Distance	m
Serial Number	221	Salinity (ppt)	0.0	Velocity	m/s
Firmware Version	1.00	Rated Discharge (m3/s)	19.0	Area	m2
Software Version	0.91	Discharge Method	Mid-Section	Discharge	m3/s
		Measurement Quality	--	Temperature	degC

Discharge Calculation Settings				Discharge Uncertainty		
Track Reference	System (default)	Top Fit Type	Power Fit	Category	ISO	Stats
Depth Reference	Vertical Beam	Bottom Fit Type	Power Fit	Depth	0.11%	2.12%

Discharge Results			
Total Area		32.30	
Mean Velocity		0.59	
Total Width		18.90	
Total Q		19.13	
Rated Discharge		19.00	
% difference Q		0.70	

Measurement Results										
#	Time	Location	Temperature	Depth	Flow Angle	Mean Velocity	Area	Station Q	% Measured	
1	1:54:48 PM	0.61	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.0
2	1:54:48 PM	1.83	5.2	2.34	-5.3	0.290	2.5	0.724	3.8	
3	1:56:07 PM	2.74	5.2	2.65	-1.1	0.277	2.4	0.669	3.5	
4	1:57:13 PM	3.66	5.1	2.83	5.5	0.274	2.2	0.591	3.1	
5	1:58:20 PM	4.27	5.1	2.42	9.5	0.541	1.5	0.798	4.2	
6	1:59:22 PM	4.88	5.0	2.31	1.8	0.627	1.4	0.884	4.6	
7	2:00:21 PM	5.49	5.1	2.23	6.4	0.738	1.4	1.003	5.2	
8	2:01:17 PM	6.10	5.0	2.12	4.8	0.820	1.3	1.062	5.6	
9	2:02:15 PM	6.71	5.0	2.00	3.1	0.928	1.1	0.990	5.2	
10	2:03:18 PM	7.16	5.0	1.94	0.5	0.900	1.0	0.931	4.9	
11	2:04:22 PM	7.77	5.0	1.91	0.3	0.989	1.0	1.007	5.3	
12	2:05:25 PM	8.23	5.0	1.88	1.3	1.002	0.9	0.862	4.5	
13	2:06:25 PM	8.69	5.0	1.86	-0.2	1.009	0.8	0.856	4.5	
14	2:07:20 PM	9.14	5.0	1.84	-0.9	1.004	1.0	0.987	5.2	
15	2:08:20 PM	9.75	5.0	1.81	0.2	0.893	1.1	0.987	5.2	
16	2:09:16 PM	10.36	5.0	1.79	-2.2	0.847	1.1	0.923	4.8	
17	2:10:11 PM	10.97	4.9	1.79	-3.6	0.771	1.2	0.944	4.9	
18	2:11:19 PM	11.73	4.9	1.78	-3.4	0.772	1.4	1.044	5.5	
19	2:12:16 PM	12.50	4.9	1.79	-4.2	0.695	1.5	1.041	5.4	
20	2:13:23 PM	13.41	5.0	1.76	-1.1	0.606	1.6	0.976	5.1	
21	2:14:25 PM	14.33	4.9	1.61	-4.3	0.440	1.5	0.649	3.4	
22	2:15:24 PM	15.24	4.9	1.47	-6.9	0.340	1.3	0.458	2.4	
23	2:16:24 PM	16.15	4.9	1.30	-3.7	0.268	1.0	0.265	1.4	
24	2:17:28 PM	16.76	4.9	1.21	-4.8	0.221	0.9	0.203	1.1	
25	2:18:33 PM	17.68	4.9	0.92	-3.1	0.223	1.3	0.280	1.5	
26	2:18:33 PM	19.51	0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	

Locked

**Comments**  
Good

**Compass Calibration**  
File Name:- CompassCal20110208092615.txt  
Results: PASS  
Score is excellent. Magnetic interference is very low.  
Calibration score: M7.00Q9

**System Test**  
File Name:- SystemTest20110210124014\_Pass.txt  
System Tes: PASS

Parameters and settings, marked with a \* are not constant for all files. Report generated using SonTek RiverSurveyor Stationary Live v1.10

Figura 101. Informe del Resumen de la Medición del Gasto

### G-8.1 Cálculo de Incertidumbre del Gasto

El *Informe de Medición del Gasto* incluye la incertidumbre estimada de cada medición del gasto. Este cálculo se realiza de dos maneras diferentes: Estadística o aplicando algún estándar de la ISO.

É El cálculo de incertidumbre Estadístico (**Stats**) utiliza un método desarrollado por investigadores de la USGS. En general, este cálculo proporciona el indicador más confiable de la calidad de la medición.

É El método de la **ISO** se basa en el estándar internacional y presenta los resultados de una técnica estándar. En algunos casos puede no ser un indicador confiable de la calidad de los datos, dado que usa limitadamente los datos del sitio.

Los cálculos de incertidumbre se basan en diversos y diferentes parámetros. Además de la incertidumbre total, los cálculos analizan la contribución de cada parámetro.

É Precisión: la precisión de la velocidad del RiverSurveyor.

É Profundidad

- En el cálculo **Estadístico**, este término incluye tanto incertidumbre en la medición de la profundidad como el efecto de los cambios de profundidad entre las estaciones.
- En el cálculo de la ISO, este término incluye sólo la incertidumbre en la medición de la profundidad.

É Velocidad

- En el cálculo **Estadístico**, este término incluye tanto incertidumbre en la medición de la velocidad y el efecto de los cambios de velocidad entre las estaciones.
- En el cálculo de la ISO, este término incluye sólo la incertidumbre en las mediciones de velocidad.

É Ancho: incertidumbre estimada en las mediciones del ancho del canal o cuerpo de agua.

É Método: incertidumbre estimada de no medir la velocidad a lo largo de toda la columna de agua  
(debe estimarse la velocidad cercana a la superficie y al fondo).

- Utilizada sólo en el cálculo ISO

É Número de estaciones: incertidumbre estimada de la medición de la velocidad y de la profundidad en un número limitado de estaciones a través del río.

- Utilizado sólo para el cálculo ISO

El **Informe de Medición** muestra ambos cálculos de la incertidumbre y la contribución de cada parámetro a la incertidumbre total.

## Apéndice H. Método de Doble Recorrido (*Loop Method*)

### Introducción:

El Método de Doble Recorrido se utiliza para corregir las variaciones en el gasto debidas al movimiento del fondo. El software *RiverSurveyor Live* para barcos en movimiento utiliza cálculos y procedimientos documentados en el Informe de Investigaciones Científicas de la USGS<sup>8</sup> 2006-5079 por David S. Mueller y Chad R. Wagner<sup>9</sup>, preparado con la cooperación de la oficina del Medio Ambiente de Canadá (<http://pubs.usgs.gov/sir/2006/5079/>). Este informe de la USGS describe en detalle los procedimientos y técnicas para recoger información de campo con el método de doble recorrido y los cálculos apropiados usados para corregir la variación en el gasto debido al movimiento del fondo. El informe también aborda las causas y la magnitud de la incertidumbre de la medición al realizar este tipo de cálculo. Basado en mediciones de campo de 13 localizaciones el informe concluye que, cuando se aplica correctamente el Método de doble recorrido éste, representa una alternativa válida al uso de DGPS<sup>10</sup> cuando se mide el gasto en una corriente con condiciones de fondo móvil. SonTek recomienda que se revise este documento antes de aplicar el Método de doble recorrido a un conjunto de datos.

**Cabe señalar:** Todo el código de computadora y el análisis de salida utilizado para el cálculo mediante el Método de doble recorrido fueron entregados a SonTek/YSI, Inc. por la Oficina de Aguas Superficiales (OSW)<sup>11</sup> de la USGS. Por lo tanto, los resultados para la medición con fondo móvil utilizando el programa de MATLAB (v3.30 o posterior) desarrollado por David S. Mueller en conjunto con la OSW USGS producirá resultados idénticos cuando se haga el cálculo utilizando el software *RiverSurveyor Live*. El cálculo de la velocidad real del fondo móvil se basa en el método de corrección distribuida<sup>12</sup> que se describe en detalle en el informe mencionado.

### Contexto

Para las mediciones del gasto hechas desde un barco en movimiento, el *RiverSurveyor M9/S5* mide la velocidad del barco, ya sea usando bottom-tracking<sup>13</sup> o un sistema integrado DGPS. El bottom-tracking requiere que el lecho permanezca fijo a fin de calcular correctamente la velocidad del barco. En determinadas condiciones de flujo, los sedimentos se moverán a lo largo del lecho (es decir, un fondo móvil) y producirán un sesgo en los resultados del bottom-tracking que en última instancia tendrá como resultado una variación en la medición del gasto. El uso de DGPS es una buena alternativa al bottom-tracking porque no se ve afectado por el movimiento del fondo. En algunos casos un DGPS no estará en posibilidad de funcionar o no será confiable desde el sitio en que se está midiendo. Como alternativa y cuando se efectúa correctamente, el método de doble recorrido puede utilizarse para corregir la variación del *bottom-tracking* producido por el movimiento del fondo.

El método de doble recorrido se utiliza para corregir los gastos que tienen una variación debido al transporte de sedimentos cuando se utiliza Bottom-tracking como referencia para medir la velocidad del barco. La premisa básica se basa en un error de cerradura cruzada hacia atrás y hacia adelante<sup>14</sup> donde el movimiento aparente hacia aguas arriba en la trayectoria del barco se utiliza junto con el tiempo de medición para determinar la velocidad media del movimiento del fondo. En este caso, el gasto tendrá una variación baja<sup>15</sup> por un cierto porcentaje basado en la magnitud de la velocidad del movimiento del fondo.

<sup>8</sup> United States Geological Survey (Estudios Geológicos de los Estados Unidos)

<sup>9</sup> USGS Scientific Investigations Report 2006-5079 by David S. Mueller and Chad R. Wagner

<sup>10</sup> Differential Global Positioning System (Sistema Diferencial de Posicionamiento Global)

<sup>11</sup> Office Surface Water (*Oficina de Exploración del Agua*)

<sup>12</sup> Distributed correction method (*Método de corrección distribuida*)

<sup>13</sup> Rastreo del Fondo

<sup>14</sup> back and forth crossing closure error+

### Procedimiento del Método de doble recorrido

El procedimiento del Método de doble recorrido descrito sigue explícitamente el procedimiento paso a paso en la sección del apéndice del Informe 2006-5079 de Investigaciones Científicas de la USGS por Mueller y Wagner. SonTek/YSI recomienda que se revise este procedimiento paso a paso antes de intentar una medición con el método de doble recorrido usando el software RiverSurveyor Live.

El método de doble recorrido puede realizarse usando una PC o el software para dispositivos móviles *Riversurveyor Live*. El procedimiento es muy parecido. La única diferencia son las pantallas gráficas que se disponen usando el software en la PC. Además, el seguimiento de los resultados de medición de doble recorrido sólo estará disponible usando el software *Riversurveyor Live* para PC.

Aunque estén disponibles los resultados para un fondo móvil antes de que se efectúen las mediciones de gasto, la corrección de doble recorrido sólo se podrá hacer (si es necesario) a dichas mediciones en un *post proceso*. Además, si se determina que el movimiento del fondo es insignificante, no será posible aplicar la corrección a los datos procesados, esto conforme a los procedimientos de la USGS.

#### **Procedimiento paso a paso:**

1. Inicie el software RiverSurveyor Live en su PC o en su dispositivo *móvil* y conéctese al M9/S5.
2. En el menú de inicio, ingrese normalmente todos los parámetros necesarios para medir el gasto.
3. Calibre la brújula (menú de utilidades). Es necesaria una calibración adecuada de la brújula para producir resultados confiables cuando se utiliza la corrección del método de doble recorrido dado que la brújula se utiliza para determinar el azimut de la línea guía<sup>16</sup>.
4. Establecer un punto de partida en el río. Será útil seleccionar esta ubicación de tal forma que el barco pueda controlarse fácilmente cuando se inicie y termine una medición. Tenga en cuenta que tendrá que volver a esta misma ubicación para calcular correctamente la velocidad del movimiento del lecho, será mayor la incertidumbre en los resultados del método de doble recorrido cuanto mayor sea la diferencia entre la posición inicial y final. Por otro lado, el punto no tiene que estar ubicado tan cerca de la orilla como lo estaría en una medición regular del gasto.
5. Presione *Método de doble recorrido (Loop Method)* ubicado en el menú de *Utilidades del Software para PC* como se muestra en la *Figura 128*. Cuando se utiliza el software para dispositivo móvil éste se ubica en el *Menú Principal (Main Menu)*. El instrumento comenzará a perfilar.

<sup>15</sup> LOW

<sup>16</sup> La ruta que sigue el barco

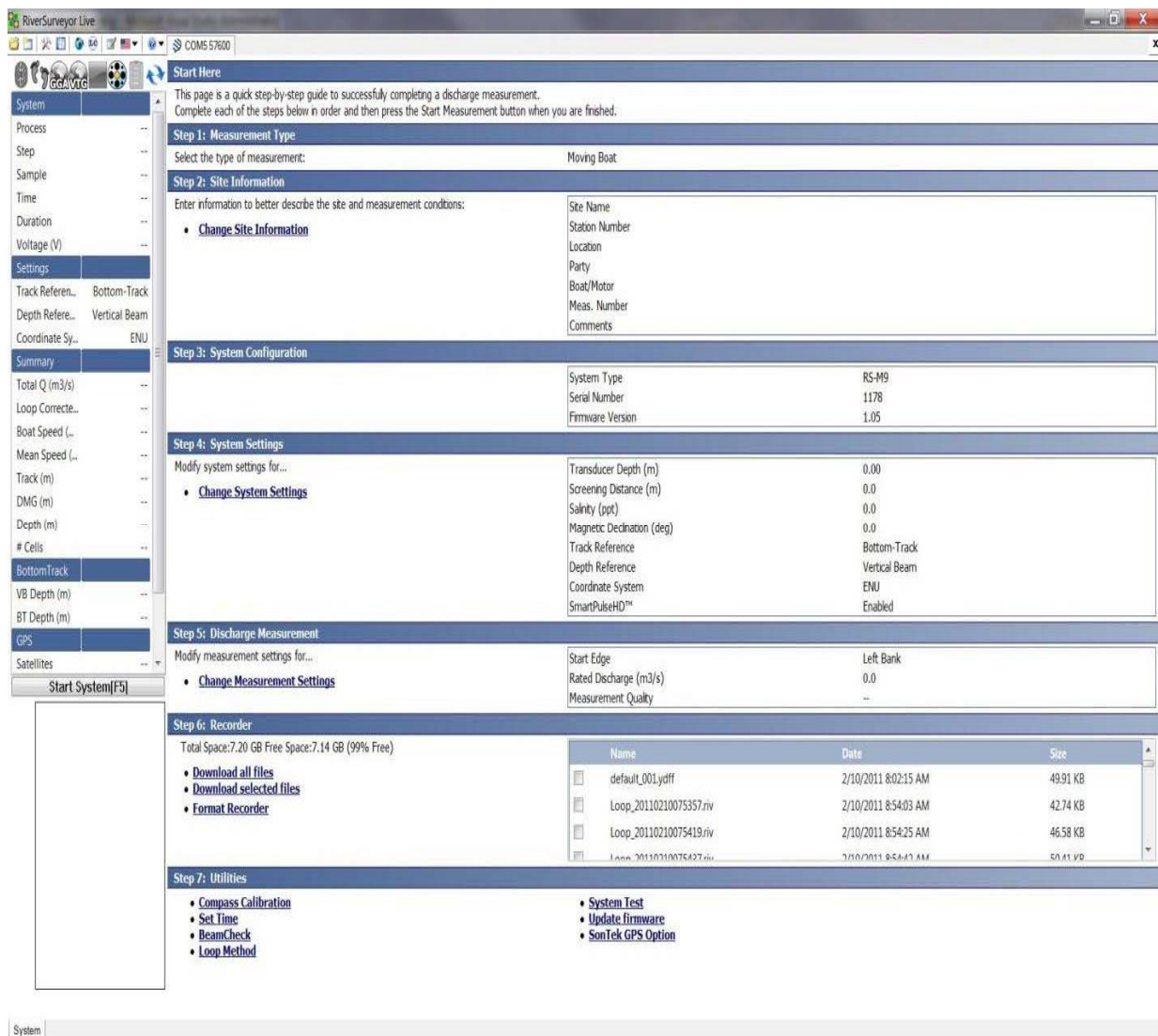


Figura 102. Menú *Utilities*- Método de doble recorrido (*Loop Method*)

- En el software para PC, aparecerá la ventana correspondiente al método de doble recorrido frente a la página del transecto como se muestra en la *figura 103*. Asegúrese de que el barco permanezca inmóvil y situado en la posición inicial. Pulse el botón **Start** y proceda a realizar un recorrido a velocidad constante de ida y vuelta a través de la corriente. En pantalla se muestra el recorrido del barco y una gráfica del contorno.

Para una medición de calidad es esencial mantener una velocidad constante y uniforme del barco durante toda la medición. También es importante no detenerse, no quedarse algún tiempo extra a lo largo de dicha margen. Al acercarse a la margen final de la corriente, gire suavemente el barco y regrese a la margen de inicio. Por recomendación de la USGS, la velocidad del barco debe ser la menor de: a.) aquella velocidad del barco necesaria para que en no menos de 3 minutos se complete una vuelta o b.) la velocidad del barco que sea inferior a 1.5 veces la velocidad media del agua.



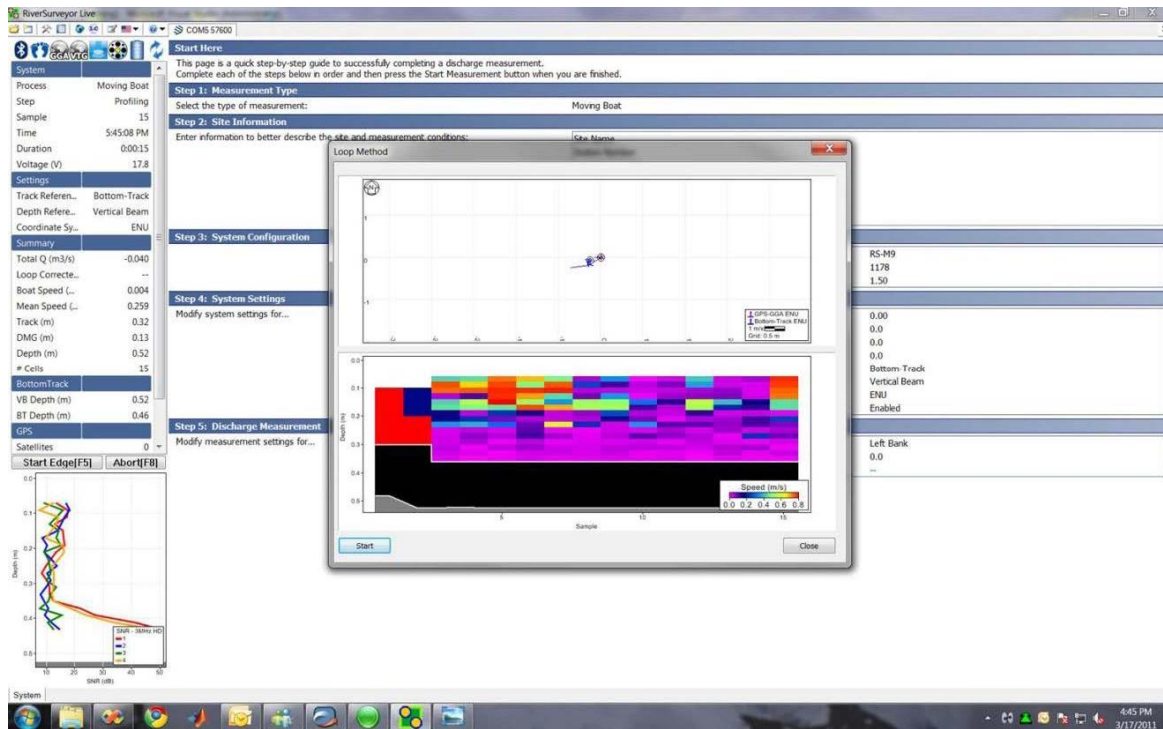


Figura 103. Inicio del Método de doble recorrido

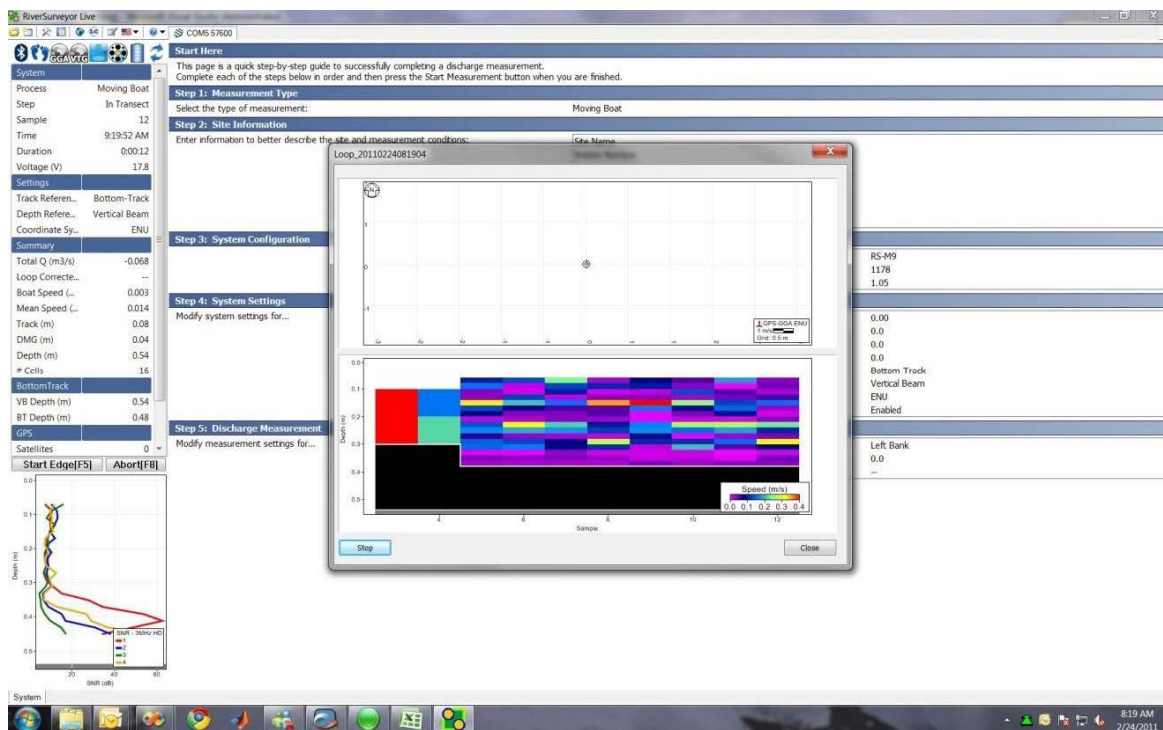


Figura 104. Finalización del Método de doble recorrido

7. Después de regresar a la posición inicial y que el barco esté detenido, pulse el botón **Stop** (*Figura 130*). Habrá una ligera pausa en tanto se realiza el cálculo del doble recorrido. Los resultados serán mostrados por el software para PC como se muestra en la *Figura 105*:

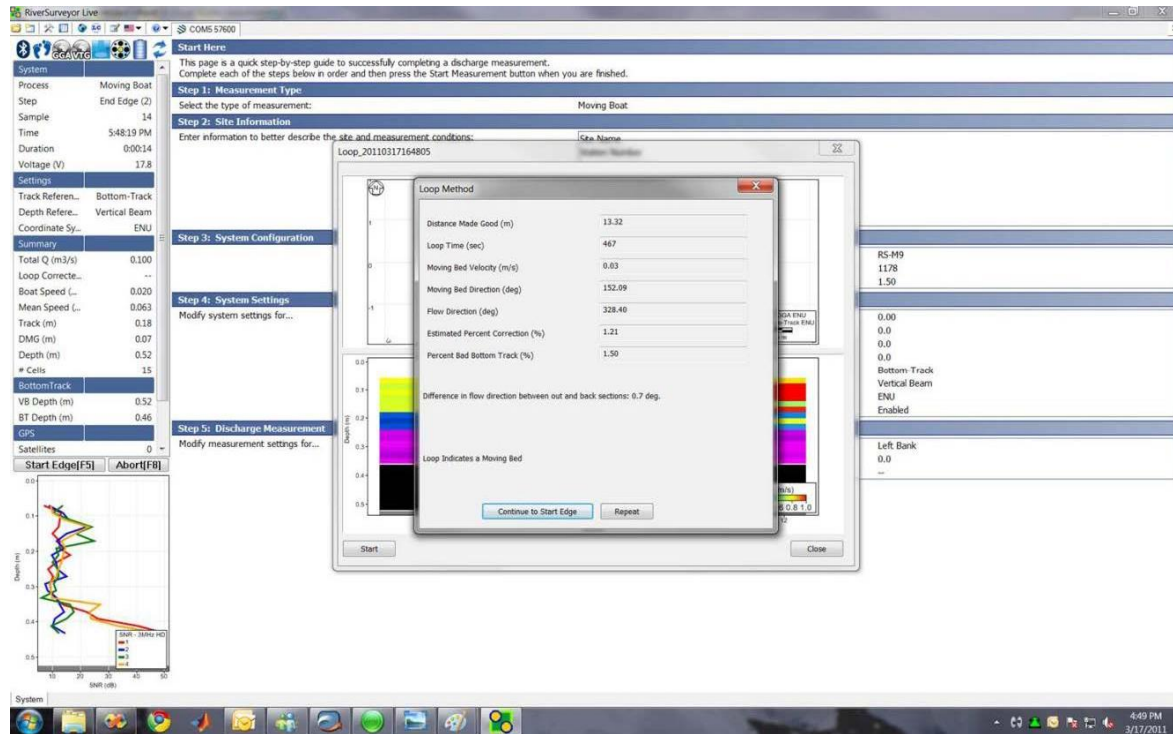


Figura 105. Resultados del Método de doble recorrido

8. Oprima **Continue to Start Edge** para comenzar las mediciones de gasto regular o **Repeat** para llevar a cabo el método. El archivo del Método de doble recorrido se almacenará en la memoria interna del M9/S5 y en la PC o dispositivo móvil que contendrá todos los datos recogidos durante la medición con dicho método, también se almacenarán los resultados correspondientes al fondo móvil. El nombre del archivo iniciará con **%loop\_+** para distinguirlo de una medición simple de gasto.

### Post - Procesamiento de las mediciones llevadas a cabo con el método de doble recorrido

1. Inicie el software *RiverSurveyor Live* para PC
2. Abra normalmente los archivos de la medición regular.
3. Abra el archivo asociado del método de doble recorrido presionando el icono de **LC** situado en la barra de herramientas superior. Seleccione el archivo apropiado asociado con las mediciones de gasto regular a procesar. Para los datos recopilados usando el *firmware v1.50* o más reciente, el nombre del archivo del método de doble recorrido comenzará con la palabra **%loop\_+** como se muestra en la *figura 106*. En las mediciones hechas con este método, pero en versiones del firmware anteriores, el nombre de archivo comenzará con el mismo formato que las mediciones simples. Debe señalarse, que ésta es la única manera en que se puede cargar un archivo con este método.

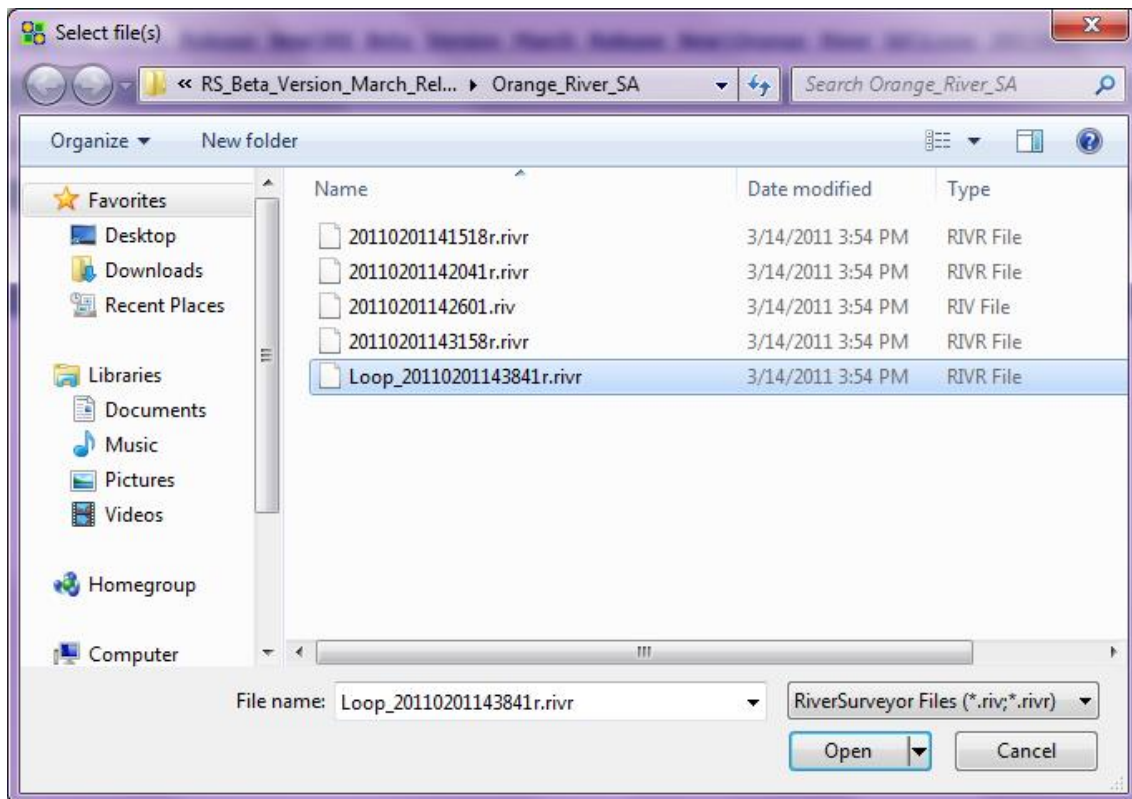


Figura 106. Archivo de Corrección del Método de doble recorrido

4. Los resultados de Método de doble recorrido serán procesados y se mostrarán como se ve en la **Figura 133**. Presione el botón **Close** después de revisar los resultados.

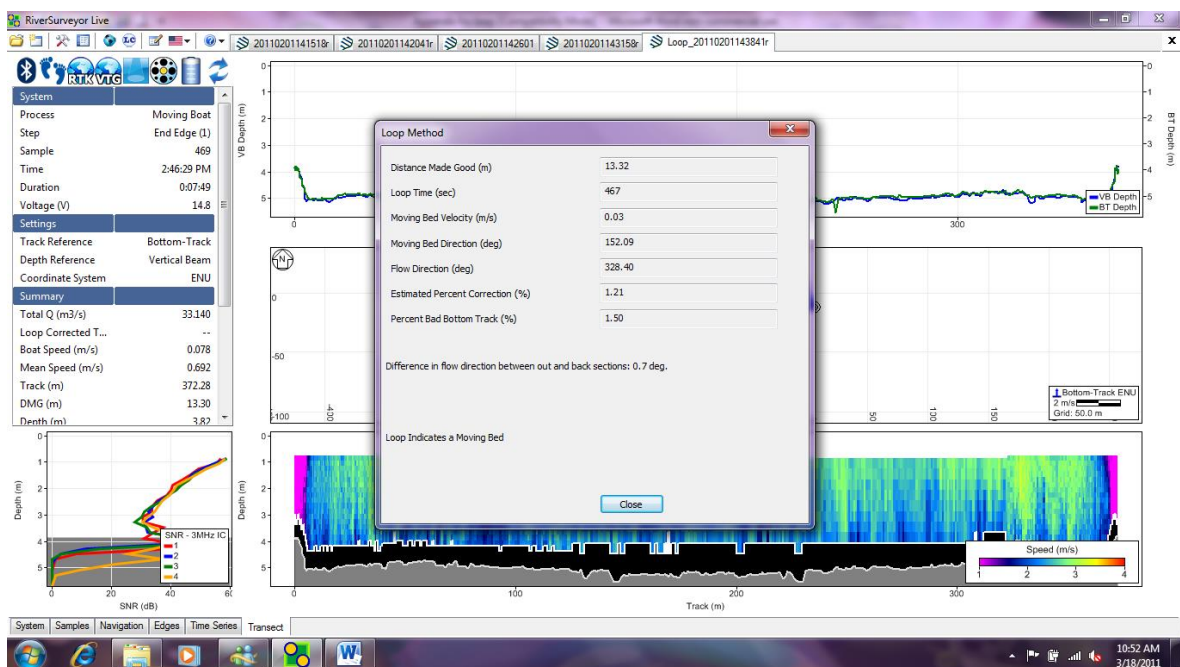


Figura 107. Resultados del Método de Doble Recorrido

- Después se calcula la velocidad del lecho móvil. Antes de efectuar la corrección, primero debe abrirse el cuadro de Herramientas de Procesamiento presionando el icono de Herramientas (**Ctrl + T**<sup>17</sup>) en la barra de herramientas situada en la parte superior de la pantalla. También es útil abrir el Resumen del Gasto (**Ctrl + S**) presionando el icono **resumen** situado en la barra de herramientas. Aparecerá la pantalla como se muestra en la figura 108.

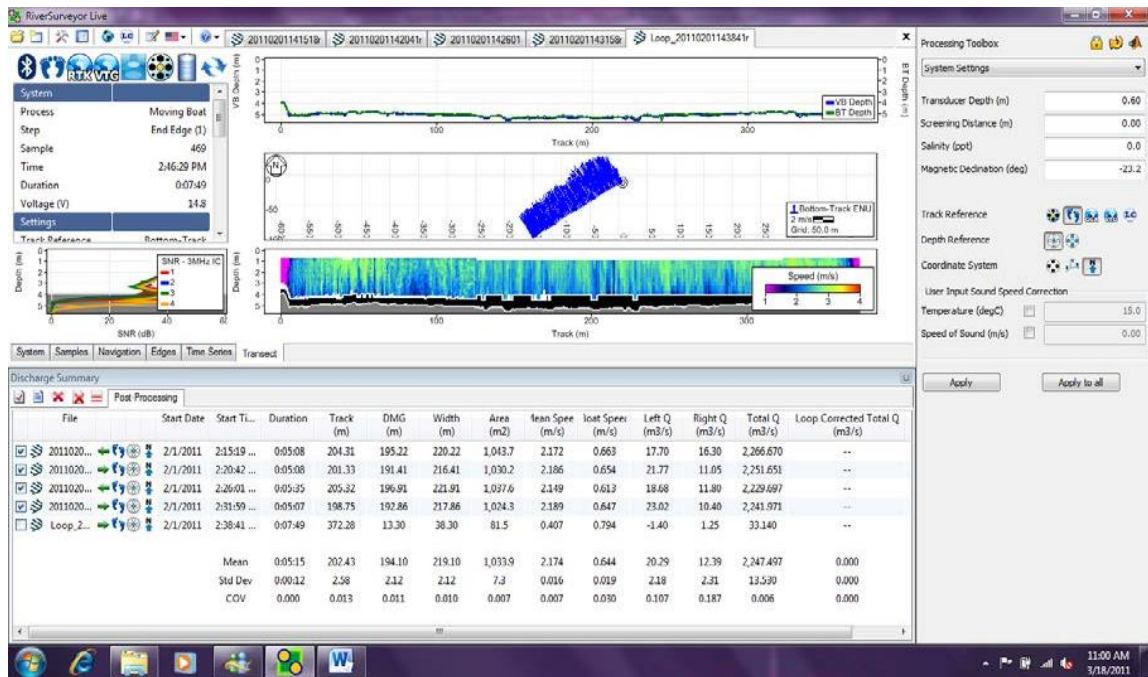


Figura 108. Procesamiento del Método de Bucle

- Presione el icono **LC** al final de las opciones de **Trayectoria de referencia** (**Track Reference**) en la Caja de Herramientas de Procesamiento en el lado derecho de la pantalla. Presione **Aplicar a todo** (**Apply to all**) para efectuar la corrección del doble recorrido a las mediciones abiertas. Tan pronto como se efectúe (si es válida) la corrección, el **Resumen del Gasto** y la barra de resumen lateral se actualizarán para mostrar el **Q Total Corregido por el Método de doble recorrido** como se muestra en la figura 109:

<sup>17</sup> En el teclado de la computadora Oprima la tecla Control y sin soltarla oprima también la tecla T

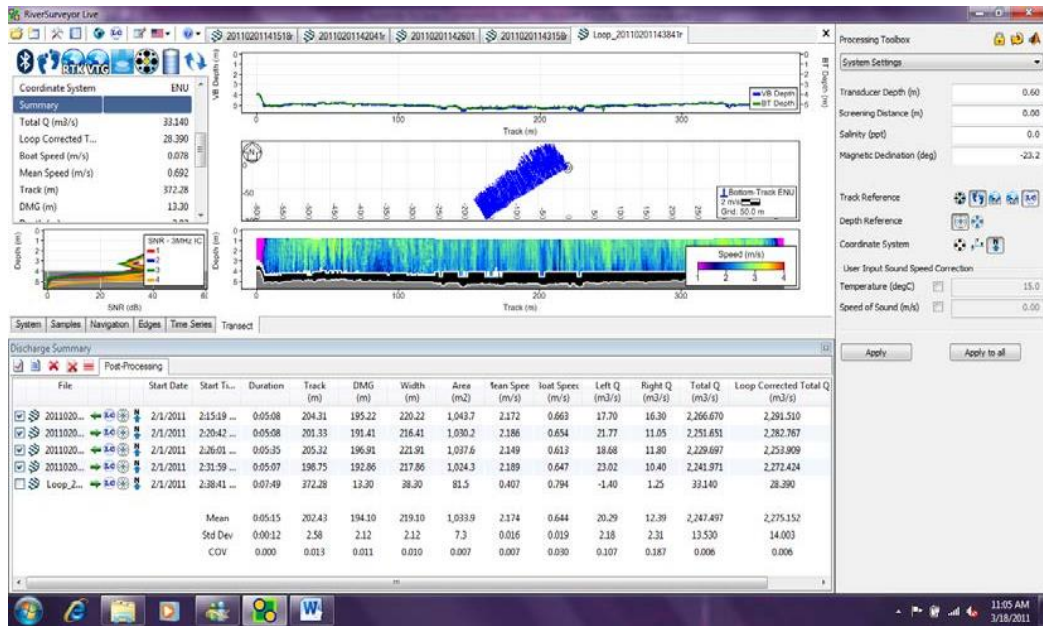


Figura 109. Corrección con el Método de doble recorrido

7. Presione en el icono **Reporte de Resumen de Gasto+(Discharge Summary Report)** debajo de la barra **Resumen de Gasto+(Discharge Summary)** para generar el reporte final. El informe final muestra un análisis completo del Método de doble recorrido junto con los valores del gasto medidos y corregidos mediante dicho método como lo muestra la *figura 110*:

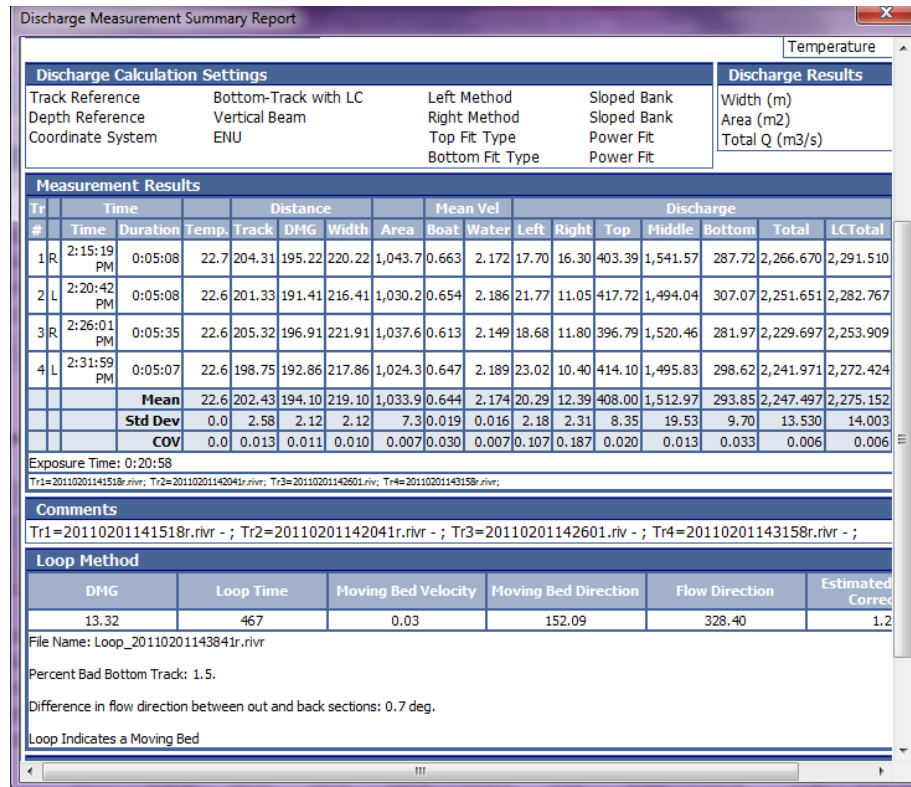


Figura 110. Reporte de Resumen del Gasto

Aforador de tiempo de travesía

Coordinación de Hidráulica

Subcoordinación de Hidráulica Ambiental

## INDICE

AFORADOR DE TIEMPO DE TRAVESÍA ATT; PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.....	1
1 Antecedentes.....	2
1.1 Principio de funcionamiento.....	2
1.2 Configuraciones de aplicación.....	4
1.3 Recomendaciones de ubicación del equipo.....	5
1.4 Normas de referencia.....	5
2 Componentes del sistema del aforador ATT.....	6
3 Mantenimientos.....	7
3.1 Tuberías.....	7
3.2 Canales.....	7
4 Verificación del caudal con un aforador ATT.....	8
5 Operación del sistema.....	8
6 Registro de variables geométricas en campo.....	9
Anexo A. Determinación de la velocidad axial de equipo tiempo de travesía.....	10
SISTEMA AUTOMATICO PARA MEDIR GASTO Y NIVEL DE AGUA EN INSTALACIONES DE MEDIDORES DE TIEMPO DE TRANSITO (ATT) EN CANALES.....	13
1 Descripción general del sistema.....	14
1.1 Componentes del sistema.....	15
2 Funcionamiento.....	15
2.1 Operación.....	15
2.1.1 La Pantalla Principal (MAIN).....	16
2.1.2 La Pantalla SECCION (SECTION).....	17
2.1.3 La Pantalla ENTRADA/SALIDA (IN + OUT).....	17
2.1.3 El menú EXPLORAR (SCAN).....	18
2.1.4 El Menú TRAYECTORIAS (PATHS).....	18
2.1.4.1 Utilidad del análisis de una Trayectoria (Path).....	22
2.1.5 El Menú PARAMETROS (PARAMS).....	22
2.2 Personalización de los menús.....	23
2.3 Uso de la interfaz USB.....	23
2.3.1 Trabajo con los archivos extraídos.....	24
2.3.2 Conversión del Archivo Crudo a Excel.....	25
3 Verificación de la correcta operación del sistema.....	28
ANEXO A: ESPECIFICACIONES.....	30

---

SISTEMAS DE MEDICION DE FLUJO A SEPERFICIE LIBRE; MANUAL DE USUARIO RITTMAYER.	33
Medición de Flujo en Canales	34
Introducción	34
Sección 1: Visión General	34
Componentes:	34
Sección 2: Operación de componentes	36
Definición:	36
Sección 3: Fallas y Mantenimiento	38
MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASICO:	38
Fallas	38
DESCARGA DE DATOS DEL EQUIPO SCADAPACK.	41
DESCARGA DE INFORMACION:	42



# AFORADOR DE TIEMPO DE TRAVESÍA ATT; PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.

# 1 Antecedentes

## 1.1 Principio de funcionamiento

La medición del caudal con el método acústico de tiempo de travesía se basa en el efecto de la suma vectorial, de la velocidad de propagación de una onda acústica (generalmente ultrasónica) y la velocidad del agua. Esto se logra por el envío de un pulso acústico que viaja hacia aguas arriba (sensor inferior 1, figura 1) y un pulso hacia aguas abajo (sensor superior 2, misma figura) y mediante la medición de los tiempos de traslado de los pulsos en ambas dos direcciones, se obtiene el promedio de la velocidad axial del flujo en la trayectoria donde fueron emitidos los pulsos. En forma práctica, para determinar la velocidad axial media se recomienda aumentar el número de muestras para minimizar el *error aleatorio* o mejor conocido como *precisión*. La teoría para el cálculo de la velocidad se puede ver en el **anexo A**.

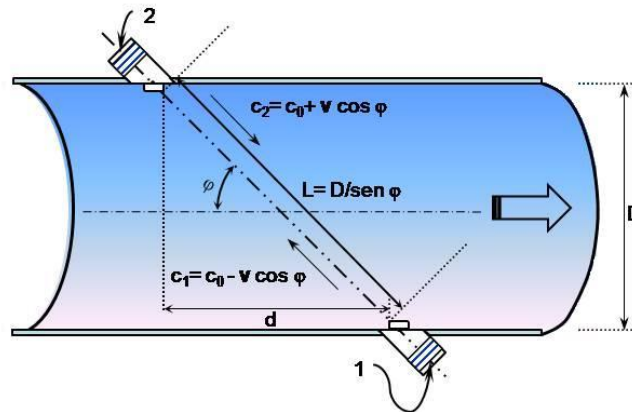


Figura 1 Esquema de un medidor de tiempo de travesía

### ATT para canales

La configuración de un sistema ATT (Aforador de velocidad basado en el Tiempo de Travesía con sensor de Nivel) cuenta por lo menos con cuatro pares de sensores ultrasónicos de tiempo de travesía y un sensor de nivel (figura 2 y foto 1).

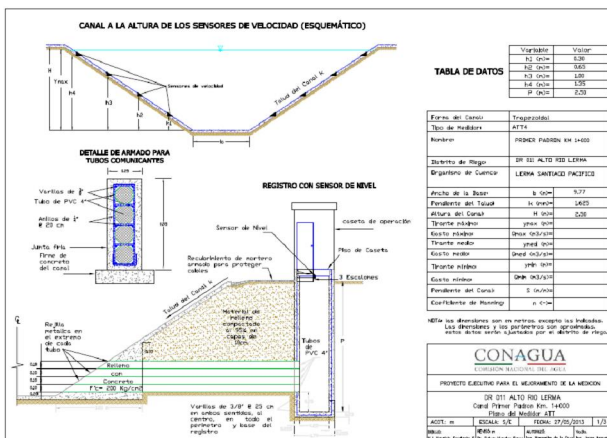


Figura 2 Configuración de una instalación de ATT4 en un canal

Foto 1 Instalación de un ATT4 en un canal de riego

Para la determinación del caudal el ATT utiliza el método denominado "área - velocidad", en donde, se dovela la sección transversal considerando áreas de promediado de la velocidad para cada trayectoria del pulso ultrasónico. La suma de todas las áreas de promediado multiplicada por la velocidad media de cada par de sensores, arroja el caudal total en la sección en un intervalo de muestreo.

Debido a que los canales de riego pueden operar a diferentes niveles de la superficie libre del agua, los ATT tienen incorporado un medidor de nivel que evalúa cuantas secciones de dovelado transversal considerar en la suma, así como el área media transversal se tiene en esa sección.

Para hacer el cálculo del caudal los ATT cuentan con un procesador numérico para determinar la velocidad media en cada par de sensores de tiempo de travesía, el nivel del canal y elaborar los cálculos para determinar el caudal. Para un tiempo de muestreo definido por el usuario el equipo ATT proporciona el tirante, caudal y volumen acumulado.

### ATT para tuberías

Para el caso de tuberías a presión el equipo ATT tiene el mismo principio de funcionamiento que para canales, la única diferencia es que no cuenta con medidor de nivel de la superficie libre del agua, esto es, que la sección transversal es siempre la misma (foto 2 y 3).



**Foto 2 Instalación ATT4 en la CH de Chicoasén (CFE/IMTA, 2006)**



**Foto 3 Instalación de ATT de un par interno en la presa Ignacio Allende (CONAGUA/IMTA, 2005)**



**Foto 4 ATT de un par externo Presa Francisco I. Madero (CONAGUA, 2003)**



**Foto 5 ATT de un par externo Presa Las Lajas (CONAGUA, 2003)**

## 1.2 Configuraciones de aplicación

### Canales en trayectorias múltiples

Los aforadores tipo ATT (Aforador con de sensores de velocidad de tiempo de travesía y uno de nivel), para medir el gasto en puntos de control de la red de distribución. En este documento, se consideran cuatro tipos de ATTN:

- “ ATT2: sistema ATT con 2 pares de sensores de velocidad
- “ ATT3: sistema ATT con 3 pares de sensores de velocidad
- “ ATT4: sistema ATT con 4 pares de sensores de velocidad (foto 2)
- “ ATT4x2: sistema ATT con 4 pares cruzados de sensores de velocidad

Un sistema ATT de cuatro o más trayectorias se considera de tipo *primario*<sup>1</sup> (similar al sistema AGL), entonces para su uso si se siguen los procedimientos de instalación, no es necesario implementar una campaña de aforos para calibrarlo.

Cada sistema de medición es capaz de medir en forma automática y sin interrupción la fecha y la hora, la velocidad del agua entre cada par de sensor ultrasónico de tiempo de travesía y el tirante; y luego calcular la velocidad media, el gasto y el volumen de agua acumulado. La configuración del ATT permite mostrar los datos medidos o calculados en una pantalla, resguardar una parte de los datos en una memoria no volátil ubicada en el sitio, y permitir recuperar la información en el sitio por medio de un interrogador portátil.

Los resultados de verificación de los ATT, elaborado por un instalador acreditado, permiten estimar el gasto real circulante con la siguiente tolerancia (siempre y cuando la velocidad del agua es mayor a 0.05 m/s):

- “ Sistema ATT2: tolerancia de  $\pm 9\%$  [ $p = 0.95$ ]
- “ Sistema ATT3: tolerancia de  $\pm 8\%$  [ $p = 0.95$ ]
- “ Sistema ATT4: tolerancia de  $\pm 6\%$  [ $p = 0.95$ ]
- “ Sistema ATT4x2: tolerancia de  $\pm 5\%$  [ $p = 0.95$ ]

### Tuberías

Las configuraciones tipo de los equipos ATT para tuberías se pueden clasificar por la forma de instalación de los sensores y el número de trayectorias, entonces existen medidores por fuera de la tubería  $\%lamp on+$  y por dentro de la tubería  $\%lamp in+$

La configuración de ATT de una trayectoria  $\%lamp on+$  en una tubería es la condición de instalación de equipos más común y se puede aplicar para diámetros desde 20mm a 4000mm, este sistema es capaz de medir el gasto circulante, para velocidades desde  $\pm 0.10$  m/s a  $\pm 12$  m/s, con una tolerancia de  $\pm 2\%$  [ $p = 0.95$ ] (foto 4 y 5). La condición de instalación  $\%lamp in+$  tiene las mismas características para determinar el gasto circulante en una tubería, pero debido a que se tienen que fijar por dentro de la tubería, entonces el diámetro de instalación de estos equipos es en conductos de 1500 mm a 8000 mm (foto 3), existe una variante para la instalación de los sensores y esta es sensores  $\%lamp in-$  pero instalados haciendo una perforación en la pared de la tubería, pero términos prácticos tienen la misma precisión y versatilidad que los sensores instalados internamente.

<sup>1</sup> En términos de la Norma IEC-60041 los métodos de aforo *primario* o *absolutos* son: método área-velocidad con molinetes (ISO-748); método de transitorio de presión (Gibson); método de trazadores; medidores de tiempo de travesía; aforadores estandarizados (Parshall, garganta larga; venturi, cresta delgada o gruesa, etc).

Siguiendo el principio de dovelar la sección transversal del canal se puede instalar un equipo ATT de 4 y 4x2 trayectorias en una tubería (foto 2), la calidad de la medición de estos equipos es:

- " Sistema ATT: tolerancia de  $\pm 2\%$  [ $p = 0.95$ ]
- " Sistema ATT4: tolerancia de  $\pm 1\%$  [ $p = 0.95$ ]
- " Sistema ATT4x2: tolerancia de  $\pm 0.5\%$  [ $p = 0.95$ ]

### 1.3 Recomendaciones de ubicación del equipo

Canales:

Los requerimientos mínimos del sitio de instalación de un ATT en un canal son:

- " El tramo donde se instalará el sistema debe ser de sección regular y con flujo uniformizado;
- " Para condiciones de alta velocidad del flujo se debe evitar las zonas en donde se tengan mezclas de aire-agua;
- " La presencia de altas concentraciones de sedimentos puede producir deficiencias en la medición de la velocidad del agua con los sensores de tiempo de travesía, y
- " La calidad de la medición de la velocidad está en función directa del procedimiento de instalación de los sensores de tiempo de travesía, así como la estimación de la curva áreas elevaciones.

Tuberías:

Los requerimientos mínimos del sitio de instalación de un ATT en una tubería son:

- El equipo debe estar instalado en un tramo recto de al menos diez veces el diámetro, no debe haber en este tramo válvulas, mamparas o bridas;
- Se debe verificar la posibilidad de no tener flujo secundario (acción muy difícil de evaluar con una simple inspección);
- El sitio recomendable de instalación es seis veces el diámetro hacia aguas abajo y cuatro hacia aguas arriba, y
- La sección transversal de la tubería no debe variar en 0.1% del diámetro medio en un tramo comprendido entre la sección de instalación del equipo y un diámetro hacia arriba y abajo.

Nota: La calidad de la medición de un equipo puede ser afectada por un alto contenido de sedimentos (canales y tuberías), deterioro de la tubería (presencia de óxido) y recubrimientos internos y externos instalados con un mal control de calidad.

### 1.4 Normas de referencia

ISO 6416: 2004 (E) - Hydrometry . Measurement of discharge by the ultrasonic (acoustic) method.

IEC 60041: 1991- Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps-turbines.

## 2 Componentes del sistema del aforador ATT

Los componentes del sistema de medición ATT para tuberías y canales se pueden ver en la tabla siguiente:

Componente		Función	Elementos asignados al componente
1	Medidor	<input type="checkbox"/> Obtener la información para poder estimar el gasto	Sensores con sus sujetadores
2	Cableado	<input type="checkbox"/> Conducir la señal de los sensores a la unidad electrónica <input type="checkbox"/> Conducir la señal de la unidad electrónica a la pantalla y a la memoria no volátil	Cables con sus conectores y conductos de protección
3	Unidad electrónica	<input type="checkbox"/> Recibir los datos enviados por el medidor, <input type="checkbox"/> Procesar los datos <input type="checkbox"/> Permitir la configuración del sistema por medio de un interrogador portátil <input type="checkbox"/> Transferir datos a la pantalla <input type="checkbox"/> Transferir datos a la memoria no volátil <input type="checkbox"/> Contar con un puerto de salida para telemetría	Tarjeta(s) de electrónica con su caja, conectores y salidas de comunicación necesarias.
4	Pantalla	<input type="checkbox"/> Desplegar los datos enviados por la unidad electrónica.	Pantalla con su caja.
5	Memoria no volátil	<input type="checkbox"/> Almacenar los datos enviados por la unidad electrónica <input type="checkbox"/> Permitir la transferencia de los datos almacenados a un interrogador portátil	Tarjeta(s) de electrónica con su caja, conectores y salidas de comunicación necesarias.
6	Unidad de telemetría	<input type="checkbox"/> Recibir los datos enviados por la unidad electrónica y enviarlos a una página <i>Web</i> .	Véase <b>Anexo [X]</b>
7	Alimentación eléctrica	<input type="checkbox"/> Suministrar la energía necesaria para el funcionamiento adecuado de todos los componentes eléctricos y electrónicos del sistema.	Baterías, control de carga de las baterías, celda(s) solar(es), cables eléctricos, supresor de picos, fusibles con sus clemas, caja para alojar a las baterías, según sea el caso.
8	Gabinete	<input type="checkbox"/> Alojar a todos los componentes del sistema de medición que no pueden quedar expuestos a la intemperie. <input type="checkbox"/> Alojar las baterías de la alimentación eléctrica (*)	Caja(s) y rieles
9	Interrogador portátil	<input type="checkbox"/> Configurar la unidad electrónica <input type="checkbox"/> Recuperar los datos de la memoria no volátil	Véase <b>Anexo [L1]</b>

### 3 Mantenimientos

Los equipos de ATT para canales y tuberías tienen la característica que una vez ubicados y alineados los sensores, estos no requieran un mantenimiento intensivo.

#### 3.1 Tuberías

En tuberías con instalación ATT externo (clamp on) la recomendación de mantenimiento de los sensores es sustituir el gel que se ubica entre ellos y la tubería, acción que debe realizarse un periodo de al menos un año



**Figura 6 Base sujeción con un sensor (en color rojo)**

La configuración del equipo está definida por personal calificado, por lo tanto, no es recomendable hacer cambios durante la operación del equipo.

#### 3.2 Canales

En el caso de canales los ATT necesitan que el canal mantenga una limpieza adecuada, con lo cual se debe eliminar la maleza en el sitio de instalación y además verificar con cierta frecuencia que no se tenga una acumulación de maleza y/o sedimento en el fondo. Cuando se tenga una acumulación de sedimento mayor a 5 cm se debe proceder a su eliminación, porque esto introduce un error sistemático en la determinación del caudal.

En el caso de los sensores, estos se deben limpiar al menos de la superficie de emisión de señal, la frecuencia debe hacerse por lo menos una vez al año (ver foto 5)



**Foto 6 Sensor de tiempo de travesía**



**Foto 7 Sensor de tiempo de travesía**

## 4 Verificación del caudal con un aforador ATT

El equipo ATT de cuatro pares en adelante, una vez instalado y verificado su funcionamiento, este se constituye como un equipo de medición absoluta o primaria, entonces, para mantener esta característica en la calidad de la medición, es suficiente con sólo hacer los mantenimientos de limpieza del canal y transductores.

La modificación en la programación del equipo ATT, por personal no acreditado para tal uso, puede provocar que se tengan errores graves en la medición del caudal. No obstante lo anterior, si existiera una duda en el caudal circulante se puede realizar una prueba de verificación. Esta prueba, debe ser con un procedimiento que sea acorde con la precisión y exactitud del equipo ATT4. Esto implica que una prueba de aforo clásico (un solo punto a 0.6 del tirante y menos de 20 dovelas en la sección) puede tener discrepancias en la verificación del caudal, por que se puede utilizar la prueba de tres puntos en la vertical (0.2, 0.6 y 0.8 el tirante) y 20 dovelas mínimo de aforo y por supuesto que el molinete tenga la curva de calibración vigente.

## 5 Operación del sistema

Los equipos ATT están configurados para trabajar en forma continua y desplegar los datos con un promedio de al menos cinco minutos, en este intervalo se actualizaran en la pantalla de datos la velocidad en cada sensor, el nivel del agua, el gasto y el volumen acumulado.

Dependiendo del nivel de operación es común que la medición de velocidad en los transectos deje de operar, esto es normal ya que los sensores se encuentran fuera del agua. Una vez que aumente el nivel de operación, el equipo ATT está programado para reinicializar la medición del par transductores que se encuentren por abajo del agua.

Si por alguna circunstancia un par de sensores deja de medir y estos se encuentran sumergidos con un nivel de agua mayor a 0.30m, entonces se tiene que verificar lo siguiente:

- Verificar que no existan obstáculos o maleza que impida la comunicación entre los sensores,
- Verificar que los cables de comunicación de la unidad electrónica y los sensores no tengan un daño físico.
- Verificar que los sensores no hayan sido golpeados y se encuentren con daño físico permanente.

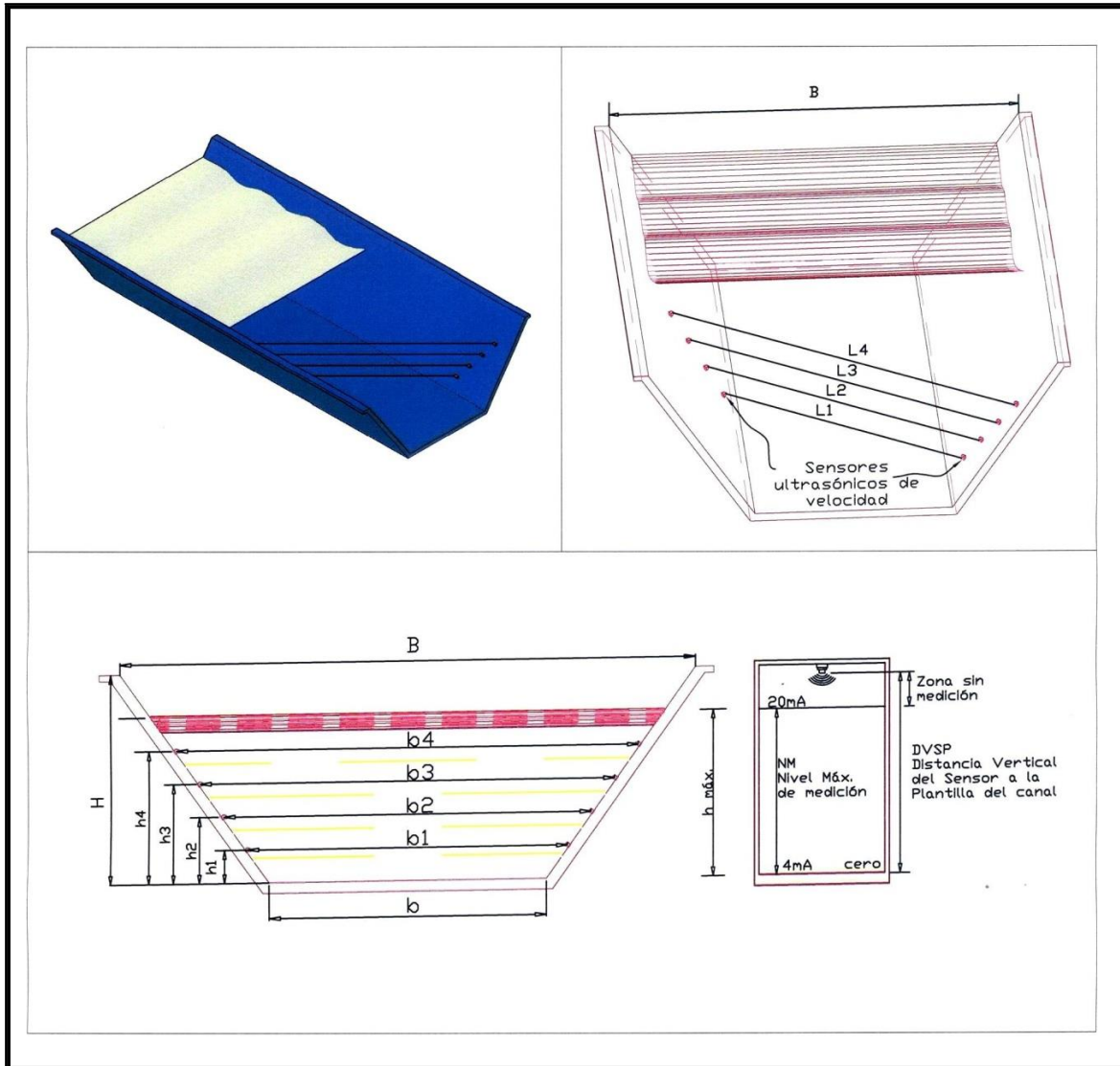
En caso de que se tenga un daño físico al cableado o sensores favor de reportar la falla al IMTA, para definir la magnitud del daño y proceder a las acciones pertinentes para su restablecimiento.

En el caso de que el equipo deje de funcionar en su totalidad, se debe utilizar las recomendaciones en el anexo definido de verificación de voltaje y suministro de energía.



## 6 Registro de variables geométricas en campo

Es conveniente tener un registro de las variables geométricas del sistema instalado, ya que serán de utilidad cuando se requiera hacer un mantenimiento mayor. Deberá anotar y conservar los valores de las variables geométricas; la siguiente ilustración muestra a detalle cada una de ellas.



## Anexo A. Determinación de la velocidad axial de equipo tiempo de travesía

La velocidad del pulso de aguas arriba del sensor inferior al superior (figura 1) se evalúa como:

$$t_1 = \frac{L}{c_o - \bar{v} \cos(\theta)} \quad (1)$$

$$t_2 = \frac{L}{c_o + \bar{v} \cos(\theta)} \quad (2)$$

donde  $t_1$  es el tiempo que tarda el pulso sónico en viajar del sensor 1 a 2;  $L$ , es la distancia entre el sensor 1 y 2 (también conocida como distancia de interrogación);  $c_o$ , es la velocidad con viaja el sonido en el agua (los valores se pueden ver en la tabla A.1);  $\bar{v}$ , es la velocidad media axial del agua en sitio de medición, y  $\theta$ , es el ángulo entre el plano de sensor y la normal al tubería.

Despejando de la ecuación 1 y 2 la celeridad de onda

$$c_o = \frac{L}{t_1} + \bar{v} \cos(\theta) \quad (3)$$

$$c_o = \frac{L}{t_2} - \bar{v} \cos(\theta) \quad (4)$$

Igualando las ecuaciones 3 y 4,

$$\frac{L}{t_1} + \bar{v} \cos(\theta) = \frac{L}{t_2} - \bar{v} \cos(\theta) \quad (5)$$

Despejando de la ecuación 5 la velocidad axial media

$$\bar{v} = \frac{L}{2 \cos(\theta)} \left( \frac{1}{t_2} - \frac{1}{t_1} \right) = \frac{L}{2 \cos(\theta)} \frac{t_1 - t_2}{t_1 t_2} \quad (6)$$

En la expresión anterior el término  $t_1 - t_2$  es la diferencia de los tiempos de viaje entre las dos ondas o también conocido como diferencial de tiempo de travesía.

Para estimar el gasto o caudal en una sección transversal de un canal, se aplica el principio de continuidad y su expresión más general se puede estimar con la siguiente ecuación (7), que no es más que multiplicar el área de la sección transversal del canal por la velocidad media, entonces:

$$Q = \int_A \bar{v} ds \quad (7)$$

Debido a la complejidad de medición que se tendría que instrumentar para resolver el gasto con la ecuación (7), se ha propuesto un método aproximado para resolverlo. Este es conocido como área-velocidad, que es de amplia aplicación para determinar el caudal con molinetes, entonces se propone:

$$Q = \sum_{i=1}^n \bar{v}_i a_i = \sum_{i=1}^n \bar{v}_i \int_{-b_i}^{b_i} dy \quad (8)$$

En la ecuación (8)  $\bar{v}_i$  es la velocidad media de la dovela  $i$ ,  $a_i$  es la sub-área o dovela (el tipo de seccionamiento para molinetes se puede ver la figura A.1 y para el caso de medidores de tiempo de tránsito en la figura A.2).

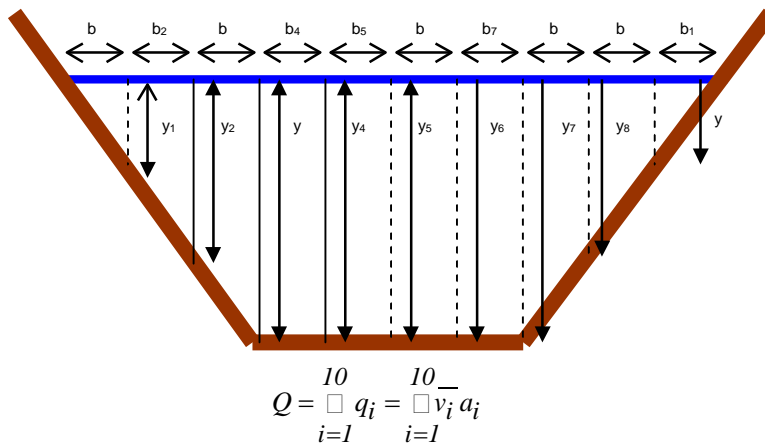


Figura A.1 Dovelas para la medición por el método de área velocidad con molinetes

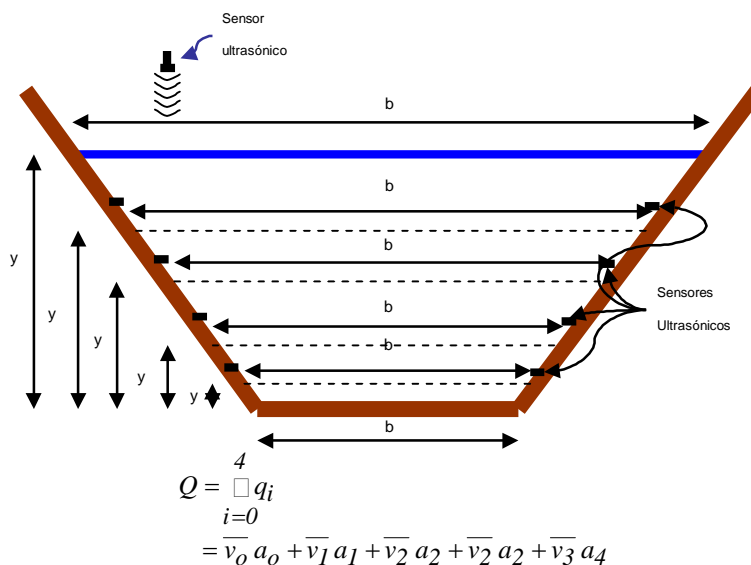


Figura A.2 Dovelas para medición por el método de área-velocidad utilizando sensores de tiempo de travesía

Temperatura del agua °C	Velocidad del sonido en el agua (m/s)
0	1402
10	1447
20	1482
30	1509
40	1529

**Tabla A.1 Valores de la velocidad del sonido en el agua a diferentes temperaturas.**

**SISTEMA AUTOMATICO PARA MEDIR  
GASTO Y NIVEL DE AGUA EN  
INSTALACIONES DE MEDIDORES DE  
TIEMPO DE TRANSITO (ATT) EN CANALES.**

## 1 Descripción general del sistema

La unidad *Deltawave* recibe los datos de los sensores de tiempo de tránsito y del sensor del nivel, calcula el flujo y totaliza el gasto, despliega los datos en tiempo real y almacena los datos registrados

Por medio de su pantalla de toque se puede acceder a diferentes menús para obtener mayor información tanto de los sensores como de la programación y valores.

En esta unidad se conectan los sensores de tiempo de tránsito y el medidor de nivel de agua y al mismo tiempo recibe información de ellos, su concepto de multitarjeta ofrece alta confiabilidad por el uso de tarjetas independientes, fácil de usar, disponibilidad de salidas y entradas analógicas y digitales, pantalla de toque, capacidad de almacenamiento

La unidad *Deltawave* cuenta con 4 módulos de tarjeta A, B, C y D, además de otros puertos así como el interruptor de energía

- Módulo A: Es donde se conectan los sensores de tiempo de tránsito, hasta 4 pares.
- Módulo B y C: Opcional para conectar 4 pares adicionales cada uno.
- Módulo D: Es donde se conecta el medidor de nivel ultrasónico ( se conectan aquí sensores adicionales con salida 4-20 mA).
- Puerto RS232: Para conectar la unidad a una computadora.
- Puerto LAN: Permite la integración con el Internet o la intranet. Puede consultar y descargar los archivos almacenados y también los parámetros de configuración <http://192.168.1.99>. Puede ingresar por medio de un protocolo <ftp://192.168.1.99>. Asimismo la unidad tiene integrado un servidor http con información variada. También puede conectarse desde una computadora mediante un cable de red ethernet *cruzado* (Una configuración de cable de red que permite conectar dos equipos entre si.)
- Puerto USB: Para conectar una memoria USB para descargar los datos registrados o programar el equipo.
- Interruptor de energía: Es donde se conecta la fuente de energía a la unidad y desde donde se enciende el equipo.

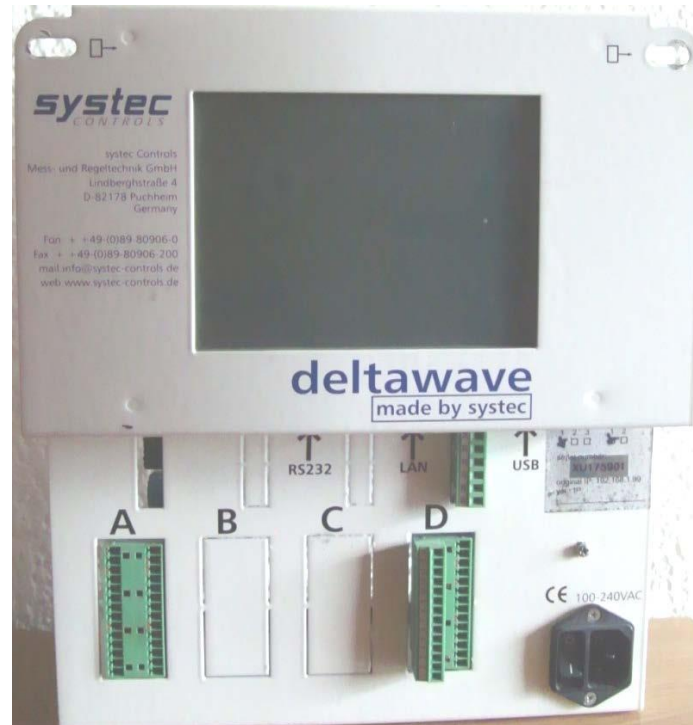


Figura 1 Vista Frontal del equipo Deltawave

## 1.1 Componentes del sistema

**Sensor de nivel ultrasónico:** Mide el nivel de agua por medio de ultrasónico, esta diseñado para operar en depósitos abiertos o cerrados, alberga en su interior el transductor ultrasónico y el sensor de temperatura. Cada pulso es reflejado como un eco y percibido por el transductor.

El eco es procesado por el sensor de nivel ultrasónico.

**Sensores de tiempo de tránsito:** Miden la velocidad del agua a una frecuencia de 500 kHz y cuentan con un rango de hasta 50 metros. Son libres de mantenimiento y envía la señal de medición a la unidad *Deltawave*

## 2 Funcionamiento

Este capítulo trata de la puesta en marcha y el funcionamiento de la unidad de control *Deltawave*

### 2.1 Operación

Normalmente el *Deltawave* se opera por medio de su pantalla táctil. Después de encenderlo (aprox. 15 segundos), el *Deltawave* automáticamente entra en modo de medición y muestra la pantalla SECCION (SECTION), Fig. 2.

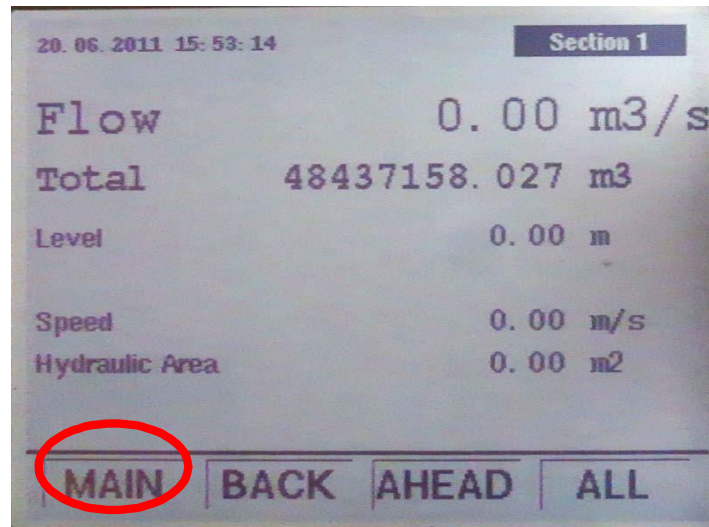


Figura 2 Pantalla SECCIÓN (SECTION)

### 2.1.1 La Pantalla Principal (MAIN)

Se llega a la pantalla PRINCIPAL (MAIN) Fig. 3 una y otra vez desde las diversas pantallas presionando el botón MAIN. Desde esta pantalla PRINCIPAL se llega a todos los submenús de que se disponen bajo la operación normal del equipo.

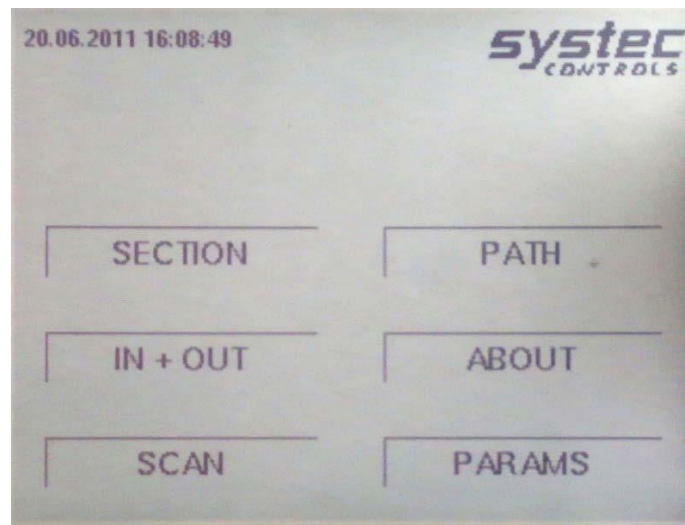


Figura 3 Pantalla PRINCIPAL (MAIN)

Generalmente todos los menús (o pantallas) se pueden adaptar a las necesidades del usuario, especialmente en lo que se refiere a las magnitudes y las unidades en que aparecen los valores. Los menús predefinidos de fábrica muestran sin embargo las magnitudes importantes, las unidades predefinidas son de tipo del Sistema Internacional.



### 2.1.1.1 Acerca de las secciones de la pantalla Principal

En las secciones del menú se pueden revisar las distintas variables del punto de medición. Cuando se utiliza un solo equipo para operar varias secciones de medición y se oprime el botón ALL, aparecen múltiples botones de sección, cada botón corresponde a una sección. Si existen varias secciones y se esta consultando la información de una de ellas, la información de las otras secciones se muestra oprimiendo los botones AHEAD y BACK. En particular se miden las variables de: gasto, gasto total (sumatoria), nivel y gasto medio.

### 2.1.2 La Pantalla SECCION (SECTION)

En la *Figura 2* podemos ver la pantalla correspondiente al Menú Section (también es la pantalla predeterminada al prender el equipo).

En la esquina superior derecha se nos indica mediante un texto sombreado el número de sección de la cual estamos viendo la información. En este caso es Section 1.

En la pantalla del Menú Section podemos ver la información de:

- **Flujo (Flow)** . Es la cantidad de agua que cruza el medio en un periodo de tiempo. En este caso vemos que esta indicada en metros cúbicos por segundo
- **Total** . Es la sumatoria del flujo desde que el equipo comenzó a operar
- **Nivel (Level)** . Es el nivel o tirante del agua. En este caso se indica en metros.
- **Velocidad (Speed)** . Es la velocidad del agua. En este caso se indica en m/s
- **Área Hidráulica (Hydraulic Area)** . Es el área de la sección a través de la cual fluye el agua. Es importante conocer este dato dado que el equipo calcula el gasto por medio del método Área-Velocidad como ya antes se había explicado

### 2.1.3 La Pantalla ENTRADA/SALIDA (IN + OUT)

Aquí puede verse un resumen de todas las entradas y salidas de datos disponibles *Ver Fig 4*. Los valores actuales de las entradas y salidas activas aparecen en la columna **Value**.

	Value	Val	Err
IN 1	-24.8%	0	16
IN 2	-24.8%	0	16
IN 3	-24.8%	0	16
IN 4	-24.8%	0	16
IN 5	-24.8%	0	16
IN 6	-24.8%	0	16
IN 7	-24.8%	0	16
IN 8	-24.9%	0	16

	Value	now	Totalizer
OUT 1	+0.0%	IMP 1	0
OUT 2	+0.0%	IMP 2	0
OUT 3	+0.0%	IMP 3	0
OUT 4	+0.0%	IMP 4	0

At the bottom of the screen, there are two buttons: **MAIN** and **I/O 2**.

Figura 4 Pantalla ENTRADA/SALIDA (IN + OUT)

<b>Value</b>	<b>Val</b>	<b>Err</b>
Es el % que le corresponde con respecto del valor final de la sumatoria total de los transectos de la medición	Las entradas activas tienen el estado 1	En caso de un mal funcionamiento o que existan entradas/salidas no activadas, el valor de la columna <b>Err</b> se establece en <b>16</b> (sólo para las entradas)

Además también puede ver el estado de las salidas de impulso (digital). Si las salidas digitales se configuran como salidas de alarma se verá **alm** en la pantalla de la salida correspondiente.<sup>3</sup>

### 2.1.3 El menú EXPLORAR (SCAN)

Aquí tiene la oportunidad de ver la calidad de las señales (de salida y de retorno) de cada trayectoria individual (SCAN 1 se refiere a la Trayectoria 1 o *Path 1*, etc.). Para hacer la exploración presione el botón de lectura **READ**. Espere varios segundos, y entonces, oprima el botón **SHOW**. La gráfica superior muestra la señal del disparo (de sonido ultrasónico) que sale, la gráfica debajo muestra la señal de retorno de ese disparo. Debe verse una clara señal a la mitad de las graficas. Ver Fig. 5.

Los valores de la columna PARAMS significan

- STAT.- Es el Estatus (*Consulte la Tabla 1*)
- T1.- Es el tiempo en que se ejecutó el primer disparo ultrasónico.
- dT.- Es la diferencia en tiempo entre ambos disparos.
- T.- Es la temperatura media.

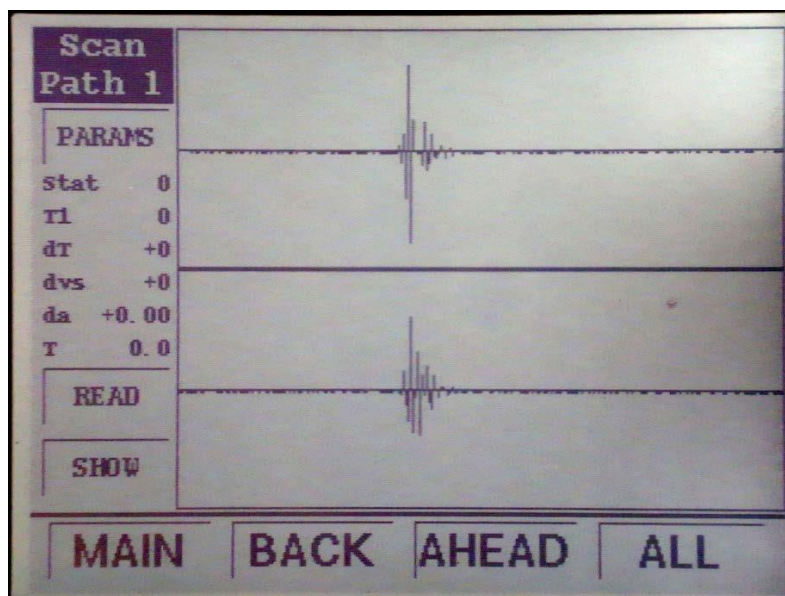
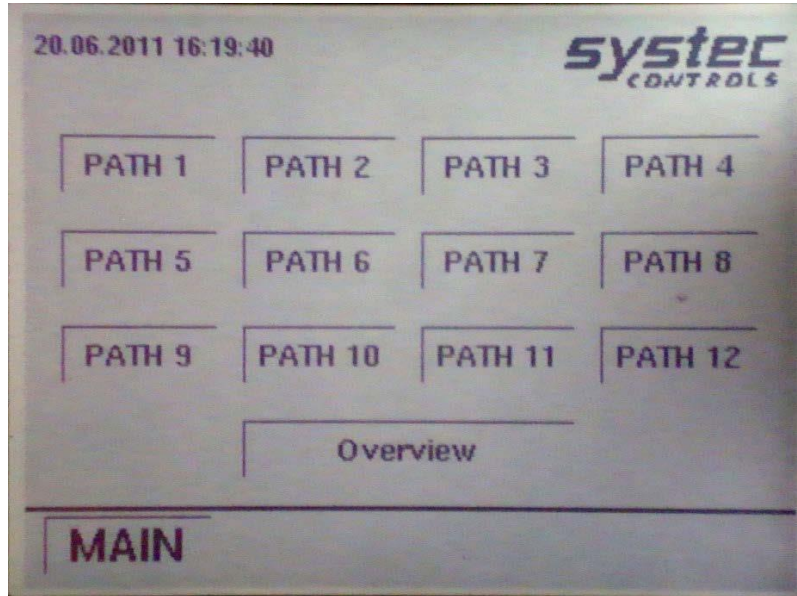


Figura 5 Pantalla de EXPLORAR (SCAN) de la Trayectoria 1 (Path 1)

### 2.1.4 El Menú TRAYECTORIAS (PATHS)

El menú TRAYECTORIAS sirve para comprobar la calidad de lo que se mide mediante el ultrasonido. En el menú TRAYECTORIAS tiene la posibilidad de comprobar la condición y la calidad de lo que esta midiendo cada trayectoria individual.

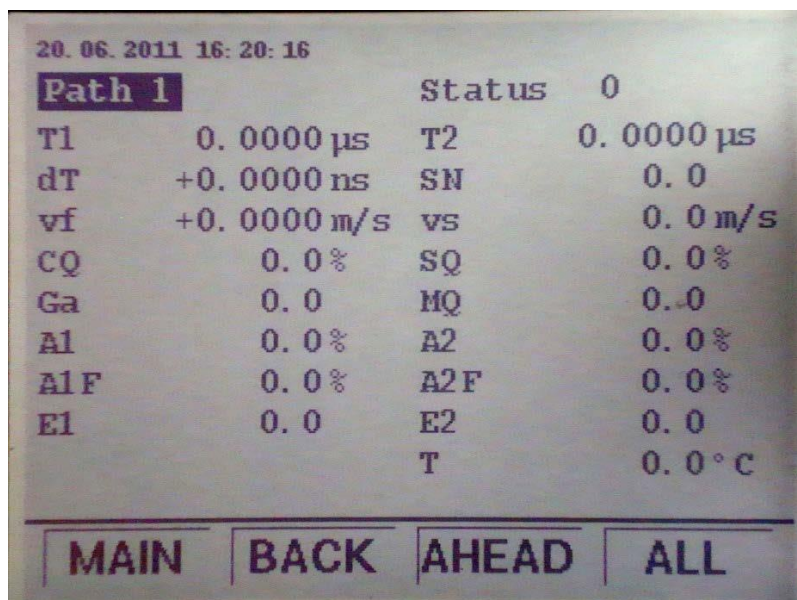
Para llegar a este menú debe oprimir el botón *PATHS* del menú PRINCIPAL (*MAIN*). En la Fig. 6 puede ver la primera pantalla de este menú.



**Figura 6. Pantalla TRAYECTORIAS (PATHS)**

Puede ver un botón por cada una de las trayectorias. Si queremos consultar los datos de una de ellas debemos tocar el botón que le corresponde.

**Nota:** Es posible que no todas las trayectorias estén activas, depende de la configuración.



**Figura 7. Pantalla de la TRAYECTORIA (PATH) 1**

Las siguientes variables de cada una de las trayectorias se muestran en la pantalla (*Figura 7*):

- Estado (*Status*); El Estado indica el funcionamiento de la trayectoria. Estos son los estados posibles:

1	La trayectoria esta funcionando normalmente.
0	La trayectoria se desactivo por el bajo nivel del agua.
-1	La trayectoria funciona pero no obtiene señales que sirvan (error)
-3	No es posible medir (por ejemplo porque los parámetros introducidos son falsos)
-10	No se esta cumpliendo con el parámetro configurado para la calidad de la señal.
-20	No se esta cumpliendo con el parámetro configurado para la velocidad del flujo.
-21	Se esta excediendo al parámetro configurado para la velocidad del flujo.
-22	No se esta cumpliendo con el parámetro configurado para la velocidad del sonido.
-23	Se esta excediendo al parámetro configurado para la velocidad del sonido.

**Tabla 1 Descripción de los valores de Estado (Status) para una Trayectoria o Path.**

T1 / T2		Son los tiempos de ejecución de las señales de ultrasonido con o en contra de la dirección del flujo.	
dT	Es la diferencia de tiempo de ejecución entre ambas señales. Esta diferencia proviene del gasto del líquido.	S/N	La relación señal/ruido es la relación entre las amplitudes del ruido y las de la señal. Un S/N de 20 significa que las amplitudes de la señal son 20 veces superiores a las del ruido. Un S/N de 0.33 significa que el ruido tiene una amplitud tres veces mayor que la señal. Un bajo S/N puede tener dos causas: 1. la amplitud de la señal es baja, por ejemplo, debido al ajuste del sensor o a una mala conducción del sonido o incapacidad del medio (burbujas de gas, alto contenido de material sólido). 2. La interferencia es muy alta, por ejemplo, debido a fuentes de alta interferencia electromagnética (la potencia del equipo electrónico, motores) o debido a una insuficiente protección (cables defectuosos, insuficiente protección del contacto del cable con la tierra del gabinete).
vf	es el gasto promedio de la trayectoria media	vs	es la velocidad del sonido en el medio, calculado a partir de T1 y la longitud de la trayectoria.
CQ	CorrQ informa sobre la calidad de la correlación. Los valores > 0.9 son buenos, valores < 0.7 son desfavorables e indican la interrupción de la señal. Valores fuertemente fluctuantes indican una <i>aplicación problemática</i> ; valores constantemente bajos indican, por ejemplo, mala transmisión de la señal. Esto por ejemplo puede ser causado por cables que son demasiado largos o a un mal ajuste del sensor.	SQ	Consiste en la relación entre señal / ruido (SN) y los valores de amplitud y de energía de la señal. Los valores entre 30 y 100 indican una buena transmisión de la señal. Los valores menores de 10 indican condiciones difíciles de medición o interrupciones temporales. Se recomienda que haya un valor entre 25 y 70.
Ga	Significa ganancia e indica la amplificación necesaria de las señales (que normalmente se regula automáticamente). El valor de la ganancia depende del tipo de transductores y de la longitud de la trayectoria. Los valores superiores a 210 podrían indicar un error en la señal (desalineación de los transductores, ecos, una alta minoración debido a una burbuja de gas, ..)	MQ	es el número de mediciones / s. analizables. Esta cifra depende del número de trayectorias activas, la longitud de la trayectoria y la calidad de las señales. Si este valor fluctúa fuertemente indica condiciones difíciles de medición. MQ = 0 significa que no fue encontrada una señal analizable en el actual ciclo de actualización. Si es constante que MQ = 0 debe revisar el cable (rotura del cable / cortocircuito / malas terminales) o comprobar la correcta parametrización (¿esta sumergida la trayectoria?, o ¿no lo esta y sigue activada?, por ejemplo, debido a una trayectoria errónea o una mala parametrización del nivel de medición).
A1 / A2	Es la amplitud de la señal de los disparos de ida y de retorno. Idealmente ambas amplitudes tienen valores similares en el rango de 40 - 90%. Las diferencias significativas de amplitudes indican fuerte interferencia de la señal (burbujas de gas) o transductores defectuosos de ultrasonido.		
A1F / A2F	Es la Amplitud de ida y vuelta de los disparos (de ultrasonido) después del filtrado de la entrada <sup>4</sup> . Idealmente ambas amplitudes también tienen valores similares en el rango de 40 - 90%. Las diferencias significativas de amplitudes indican fuerte interferencia de la señal (burbujas de gas) o convertidores de ultrasonido defectuosos.		
E1 / E2	Energía de la señal de ida y vuelta del disparo ultrasónico.		
T	Indica la temperatura del medio. No se mide directamente sino que se calcula a partir de la velocidad del sonido en el medio que a su vez se calcula de los tiempos de ejecución de la señal. La velocidad del sonido también depende por ejemplo de la salinidad la cual no mide el <i>deltawave</i> . Por lo tanto en el cálculo de la temperatura puede tenerse una variación en caso de que haya una salinidad alta lo que puede compensarse mediante la parametrización.		

**Tabla 2 Descripción de los datos medidos por cada Trayectoria o Path.**

#### **2.1.4.1 Utilidad del análisis de una Trayectoria (Path)**

Debido a su sofisticado análisis, el *Deltawave* también puede evaluar una débil o fuerte interferencia de los valores de medición. Los distintos parámetros de diagnóstico son especialmente significativos si se comparan entre si varias trayectorias. Si es bueno el diagnóstico de la mayoría de las trayectorias y sólo una trayectoria se sale de la normalidad se puede suponer que esa trayectoria esta menos bien alineada y hay un error de parametrización o un problema de hardware. En este caso, revise el cableado, la alineación y la correcta conexión de ambos convertidores de ultrasonido de esa trayectoria.

Si los valores de medición de todas las trayectorias son malos y fluctúan demasiado es posible que o bien su sistema no sea muy adecuado o que, por ejemplo, haya un problema de capacidad electromagnética<sup>5</sup> debido a fuerte interferencia electromagnética. En este caso revise que su sistema no este muy sobrecargado de material sólido o gas. Tal vez se pueda seleccionar una ubicación para medir en la que el medio tenga más tiempo para liberar los gases. Para garantizar la alta resistencia a la capacidad electromagnética de la medición, el cable debe estar en contacto con el gabinete. Esto es fácil de resolver mediante los tornillos para los conectores suministrados con el cable. La protección del cable debe hacer contacto firme con las patas de contacto del tornillo conector del ENC. Los cables del convertidor de ultrasonido deben mantenerse lo más cortos posible y sólo podrán reducirse en pares de la misma longitud. Para extenderlos deben utilizarse los cables RG 108 a/u y el apantallamiento debe extenderse limpiamente sobre la ubicación de extensión. Los cables deben asentarse por separado de los cables de corriente (motores), preferentemente dentro de sus propias canalizaciones.

Si no es posible ninguna medición con cualquiera de las trayectorias y no es plausible que todos los valores de diagnóstico de trayectoria sean por un error parametrización, la causa probable es un defecto de hardware o de cableado.

#### **2.1.5 El Menú PARAMETROS (PARAMS)**

En esta pantalla es donde podemos realizar la carga de nuevos parámetros de configuración.

No se recomienda que cambie la configuración establecida, dado que los equipos han sido configurados por personal capacitado si se necesita hacer un cambio repórtelo al superior responsable.

En la *Fig. 8* podemos ver como se ve la pantalla de este menú

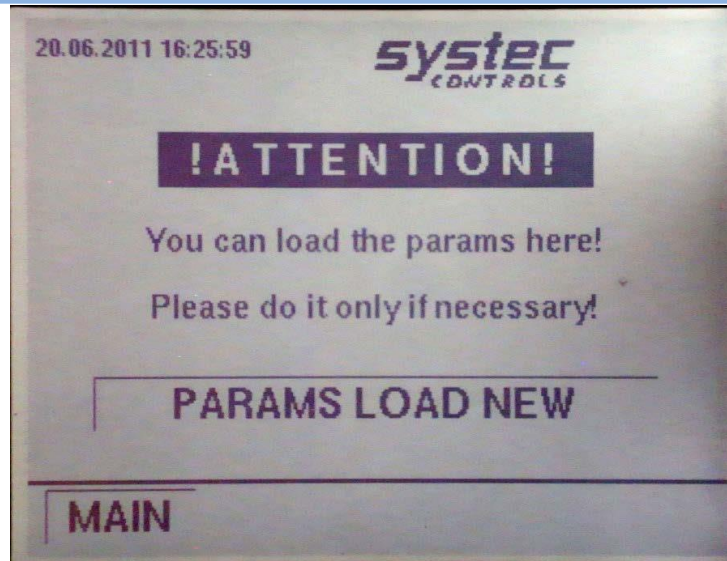


Figura 8 Pantalla del menú PARAMETROS (PARAMS)

El texto de la Figura 8 nos está advirtiendo que aquí es donde podemos cargar los parámetros de configuración del equipo pero que sólo lo hagamos si es necesario. Debajo de esta advertencia vemos un texto que dice PARAMS LOAD NEW (Cargar nuevos parámetros) este texto también es un botón, si lo oprimimos el equipo buscará el archivo nuevo de configuración en la memoria USB conectada al puerto.

## 2.2 Personalización de los menús

Los menús individuales pueden ser libre y completamente personalizados. Se pueden seleccionar las variables que se mostrarán así como la fuente, su tamaño, el número de decimales, unidad, idioma, etc. es posible enlazar o quitar líneas, gráficos de los botones, etc. Los diseños de página se almacenan en el *Deltawave* como archivos ASCII en el directorio `/mnt/flash1/layout`.

Los diseños de presentación de datos sólo deben modificarse por personal capacitado o su distribuidor de *Deltawave*. Un diseño de presentación de datos defectuoso puede poner en peligro la estabilidad del sistema.

## 2.3 Uso de la interfaz USB

La interfaz USB sirve para configurar y recuperar los datos del acumulador de datos (datalogger) mediante una memoria USB. Las actualizaciones sólo pueden efectuarse con memorias suministradas por Systec. No todas las memorias USB son compatibles con *Deltawave*.

### **AVISO No utilizar memorias más grandes de 4 GB.**

El procedimiento para la descarga de datos usando el puerto USB es como sigue:

- 1) Los archivos de parametrización (programación del *Deltawave*) y los datos almacenados (download) se almacenarán en la ruta `parameter` y a su vez en el subdirectorio correspondiente para ello es necesario crear un directorio y subdirectorios en la memoria usb como se muestra aquí:



Una vez creados el directorio y subdirectorios en la memoria USB acudir al sitio donde se encuentra el equipo e insertar la memoria en el puerto USB de la unidad *Deltawave*, inmediatamente aparecen las instrucciones en la pantalla con las opciones *Trend to memory stick* y *param to memory stick* para bajar los datos seleccionar la opción *Trend to memory Stick* y esperar a que los datos se carguen en la memoria, terminado esto el archivo descargado estará contenido en el subdirectorio *download* y los datos del archivo pueden visualizarse en una computadora. Se debe contar en la laptop o PC con el software Win-Zip, Winrar (o alguno otro) que sirven para descomprimir los archivos, de preferencia Winrar

**AVISO: No quitar la memoria USB o interrumpir el suministro de energía antes de que las tareas de lectura y escritura se hayan completado.**

Nota: La opción *param to memory stick* es para cargar una nueva programación de parámetros a la unidad *Deltawave*, se recomienda no SELECCIONAR esta opción ya que la unidad *Deltawave* ya está PROGRAMADA, solo en caso necesario en el que se requiera cargar una nueva configuración deberá seleccionarse no sin antes llevar a cabo la programación adecuada por medio del software *DeltawaveParam*

### **2.3.1 Trabajo con los archivos extraídos.**

Una vez descargado el archivo en la memoria USB abrir la carpeta *download* ahí se encuentra una carpeta llamada *trendatten* y dentro de ella una subcarpeta *dtren* abrir esa carpeta y deberán aparecer los siguientes varios archivos con la extensión *.gz*:

2) Copie (Es mejor copiarlos y conservarlos hasta aseguramos que se han guardado debidamente en nuestra computadora), los archivos con extensión *.gz* a alguna ubicación en su computadora

3) Estos archivos con extensión *.gz* están comprimidos por lo tanto utilice el programa que prefiera para descomprimirlos, Winrar, Winzip, 7zip, etc.

Al archivo tal y como esta cuando se descomprime se le llama archivo crudo Ver Fig. 9.



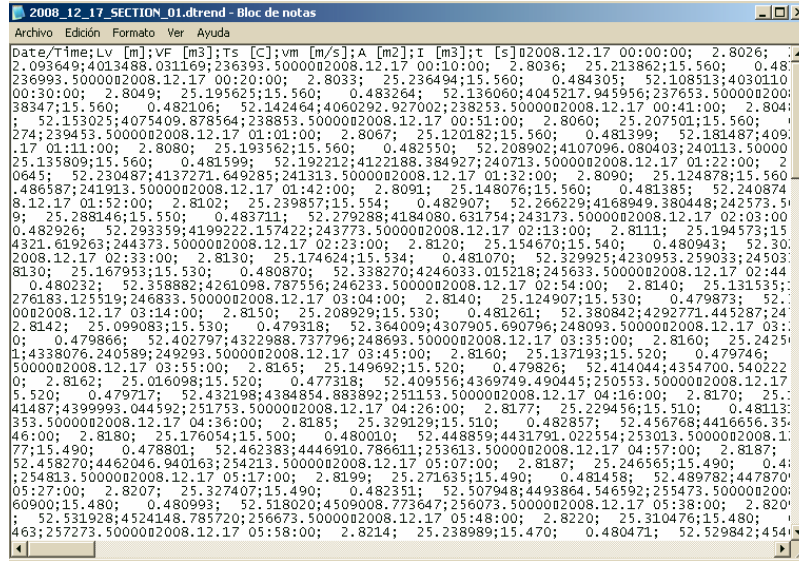
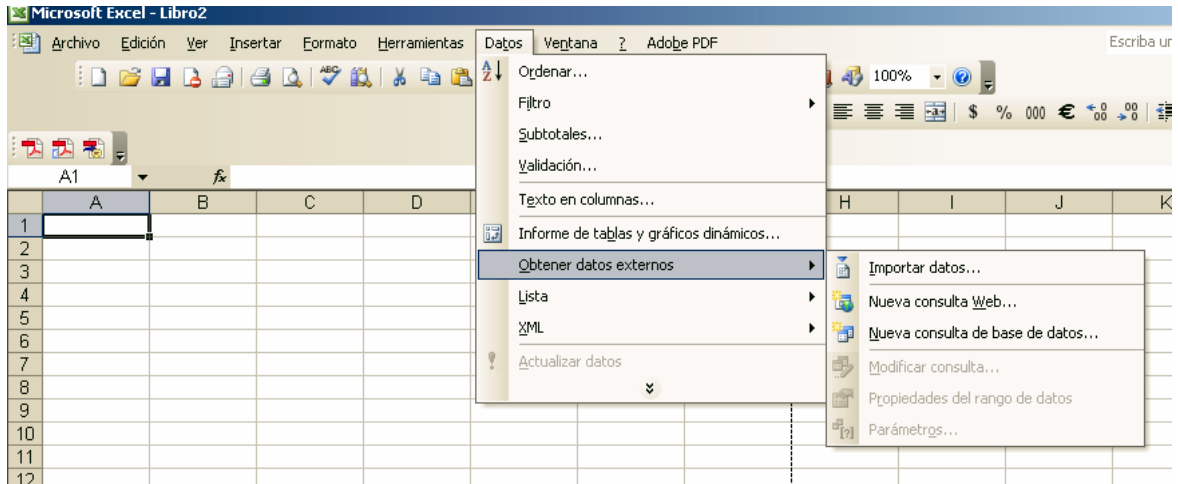


Figura 9. Archivo de Datos crudos abierto con el programa bloc de notas

### 2.3.2 Conversión del Archivo Crudo a Excel

Para poder visualizar los datos de una manera más adecuada, abra el programa Excel (Dependiendo de la versión puede variar el procedimiento, aunque el funcionamiento sea el mismo). Busque la forma de importar datos externos, en la Fig. 10 se ve una pantalla de Microsoft Excel 2003



1) Elija el archivo previamente descomprimido Fig. 11.

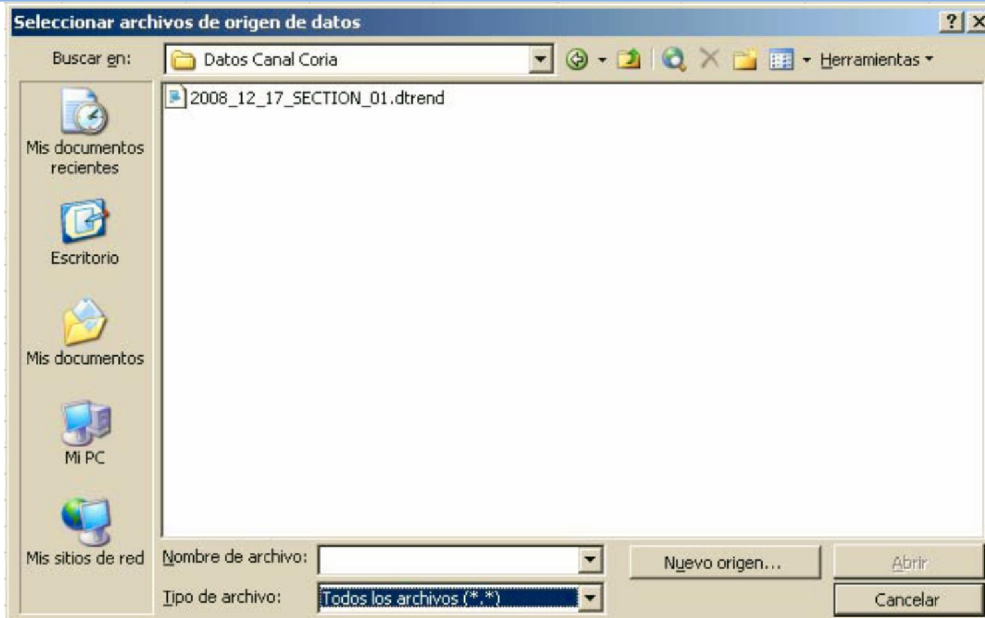


Figura 11 Elección del Archivo con Microsoft Excel 2003

Al elegir y abrir el archivo aparece el asistente de importación de texto Fig. 12

NOTA: Este es el mismo asistente que aparece en Microsoft Excel 2007 cuando se elige Abrir (y se escoge el archivo previamente extraído del Deltawave y descomprimido)

2) Seleccione la opción **Delimitados+**(Fig. 12) y haga clic en siguiente:

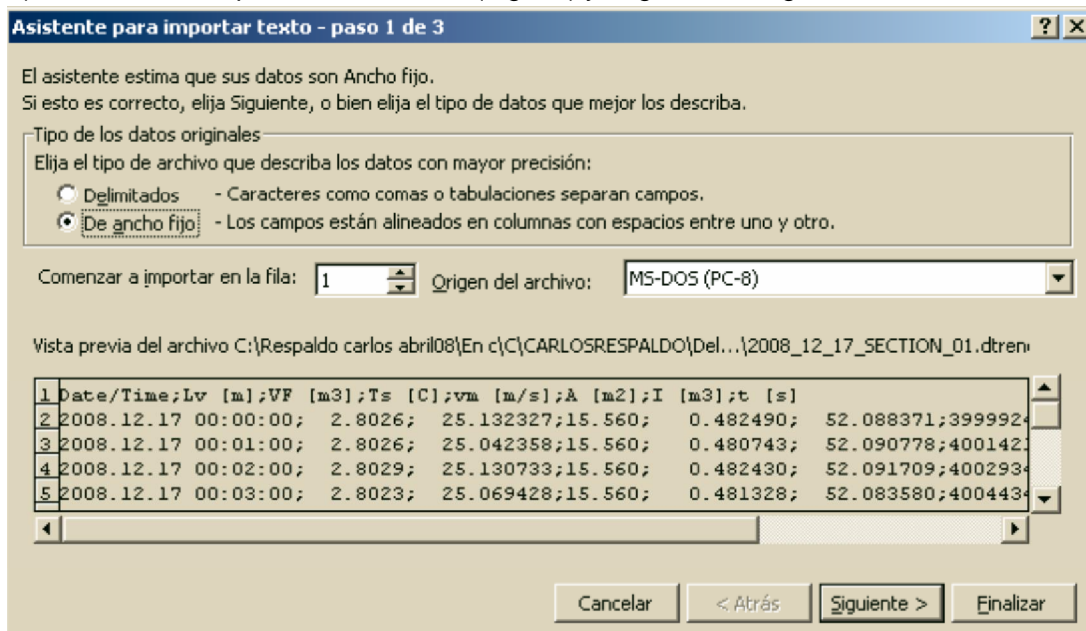


Figura 12. Asistente de importación de Excel

3) Seleccionar la opción tabulación, punto y coma, y haga clic en siguiente Ver Fig. 13.

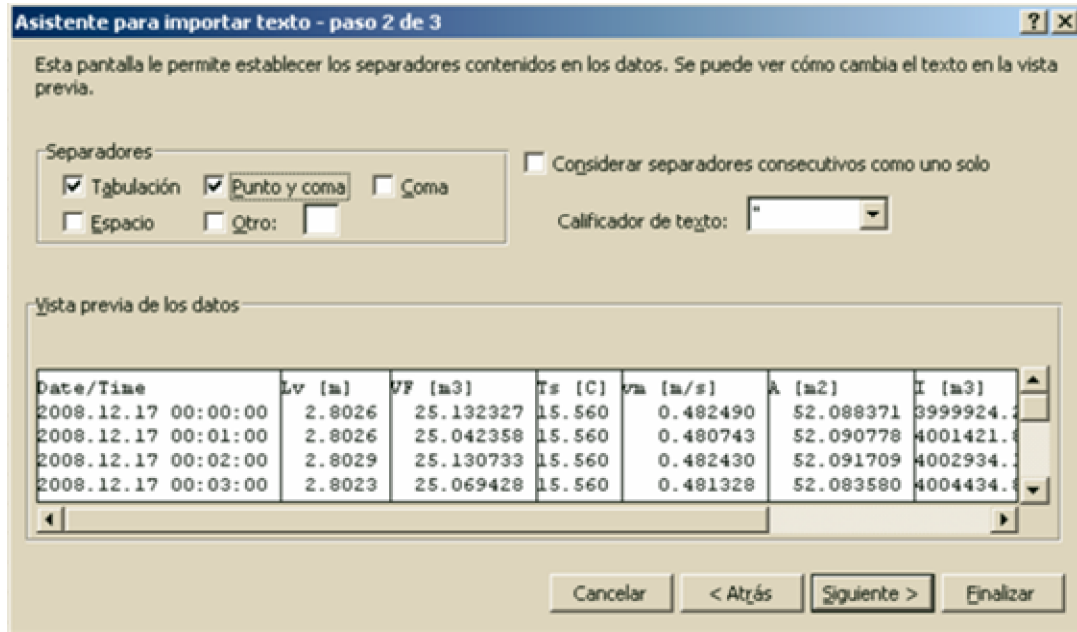


Figura 13 Elección del separador de columnas en el Asistente de Importación de Excel

4) Seleccionar la opción general y presione el botón finalizar Ver Fig. 14

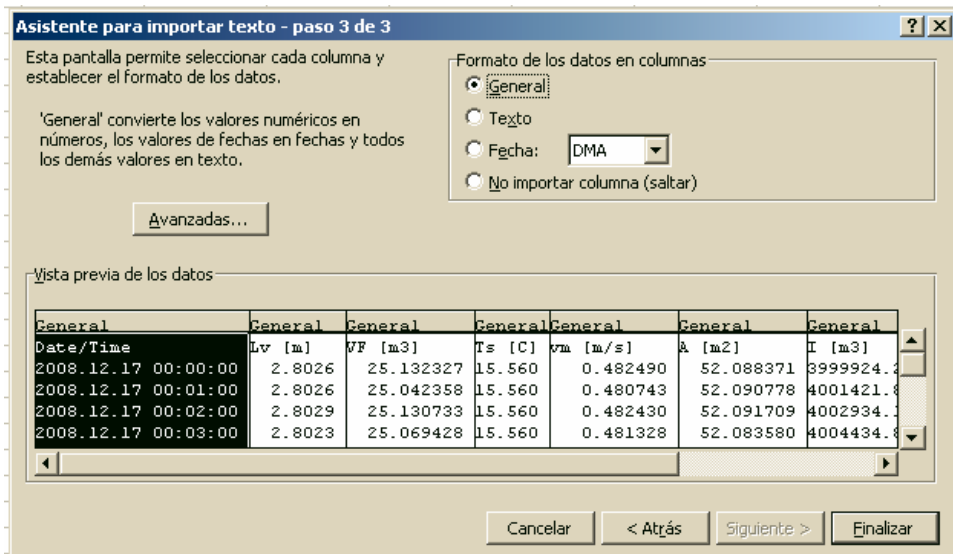


Figura 14 Elección del formato de dato para los datos importados en Excel

5) Enseguida podrá ver la información en una hoja de Excel con los nombres de columnas siguientes:

Date/Time= Fecha/hora,

Lv= Nivel en metros,

VF= Gasto (m3),

Ts= Temperatura

Vm= velocidad m/s

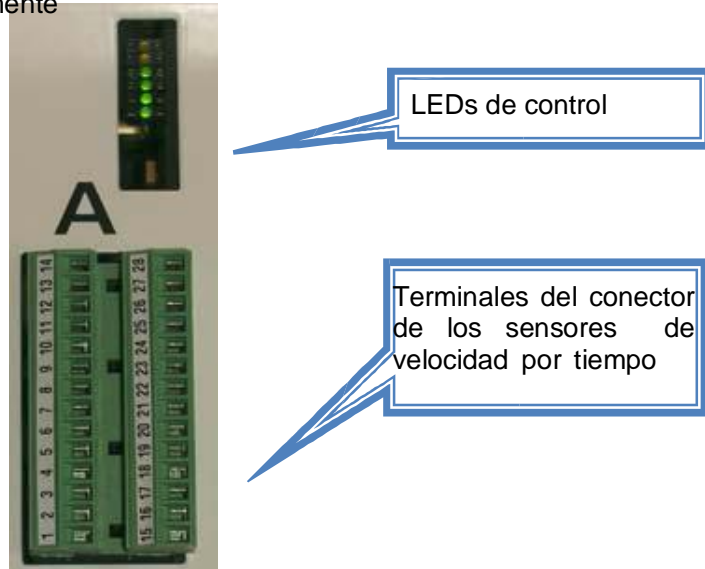
A= Área en m2

I(m3)= Totalización

### 3 Verificación de la correcta operación del sistema

Como anteriormente se mencionó la unidad Deltawave cuenta con diferentes módulos en donde se conectan los sensores o se adquieren salidas.

En la parte superior del módulo A se encuentran 6 LEDs de control que nos indican si el equipo está operando adecuadamente



**Figura 15 Modulo A y LEDs de control**

- 1) Primer LED naranja (el de arriba): Destellara durante la medición con ultrasonido
- 2) Segundo LED naranja: El segundo LED naranja muestra que hay comunicación entre el módulo A que es donde están colocados los sensores de medición de ultrasonido y la unidad Deltwave

Tanto el primero como el segundo LED inmediatamente después de iniciar la operación del sistema destellan alternadamente.

- 3) Los cuatro siguientes LEDs verdes indican el suministro de voltaje y durante la operación normal deben estar iluminados.

## ANEXO A: ESPECIFICACIONES

### SENSORES

<u>Temperatura</u>	Operación	0°C a 50°C Ambiente	-18° C a 65°C
<u>Calidad del agua pH</u>		3.5 a 10	
<u>Materiales sólidos</u>		0 a 200 ppm (duración)	
<u>Rango de frecuencia</u>		200kHz - 2MHz	
<u>Consumo de energía del sensor</u>		90Vpp	

### UNIDAD

<u>Alimentación de energía</u>		100 to 240VAC 50 Hz to 60 Hz, 1.8A 24 VDC (alterna)	
<u>Temperatura</u>	Ambiente	-20° C a 60°C	
	Con Calefacción	-40° C a 60°C	
<u>Dimensiones</u>		300 x 400 x 210 mm	
(AnchoxAltoxlargo) <u>Peso</u>		9 kg.	
<u>Pares Acústicos</u>		6 (8 sino requieren conectarse a una placa de E/S)	
<u>Alcance estándar</u>		0.2 m. a 40 m.	
<u>Alcance extendido (sobre pedido)</u>		Hasta 150 m	
<u>Entradas análogas para los sensores de nivel</u>		4 por cada tarjeta E/S	
<u>Capacidad de entrada con resistencia de 100 mA to 20 mA</u>		4	
<u>Resistencia máxima</u>		250	
<u>Máximo relación de voltaje a tierra</u>		±20	
V DC <u>Máximo Voltaje</u>		240	
V rms <u>Alimentación de voltaje para los sensores externos</u>		+	
24V DC máx. 1ª			

# MANUAL DE USUARIO RITTMAYER.

## Medición de Flujo en Canales

### Introducción

Esta guía indica los pasos necesarios para la comprensión y operación del equipo de medición en canales a superficie libre.

### Sección 1: Visión General

#### Componentes:

Para visualizar los componentes del sistema de medición se presentan los siguientes esquemas fotográficos.



Fig. 1. Componentes alojados en un gabinete Nema 4



**Fig. 2. Cerco perimetral y los componentes alojados dentro de el.**



**Fig. 3. Sensores de velocidad dentro del canal.**





**Fig. 4. Sensor de nivel y pozo de amortiguamiento ubicados dentro de la caseta de operación**

*En el siguiente cuadro se observan lo datos que presenta la pantalla del medidor.*

Q 1	GASTO EN M3/S
Vf 1	VOLUMEN EN M3 x 1000
H 1	TIRANTE EN MTS.
T 1	TEMPERATURA DEL AGUA EN °C
V 1	VELOCIDAD PAR 1
V 2	VELOCIDAD PAR 2
V 3	VELOCIDAD PAR 3
V 4	VELOCIDAD PAR 4

## **Sección 2: Operación de componentes**

### **Definición:**

#### **Medidor ultrasónico para conductos abiertos:**

- Los medidores utilizados en esta aplicación calculan *el área hidráulica*, en función del nivel o tirante de agua (recibido por un sensor ultrasónico) y los datos de la sección transversal que se dan de alta al software, así como *la velocidad*, que es estimada por medio de pares de sensores que funcionan midiendo la velocidad del flujo del agua.
- Con la velocidad y el área hidráulica, el sistema de medición calcula el gasto instantáneo y acumulado, y almacena los datos en un data logger o DAQ. El uso de este sistema de medición lleva implícito el método área/velocidad.

- El sistema tiene un medidor Risonic 2000 de Rittmeyer tipo MFP4D001, con cuatro pares de sensores de velocidad (de tiempo en tránsito) y un sensor de nivel ultrasónico Dynamic modelo D323. Este equipo es capaz de medir y transmitir datos a través de sus salidas digitales y analógicas (velocidad, gasto, totalizado, etc.) hacia un registrador de datos (data logger). Para la alimentación de estos equipos tenemos un sistema fotovoltaico de 24 VDC.

El equipo Risonic 2000 mide la velocidad media  $v_a$  a lo largo de un recorrido de impulsos ultrasónicos basándose en dos medidas de tiempo, una en sentido normal del flujo  $t_{12}$  y la otra en sentido inverso del flujo  $t_{21}$ .

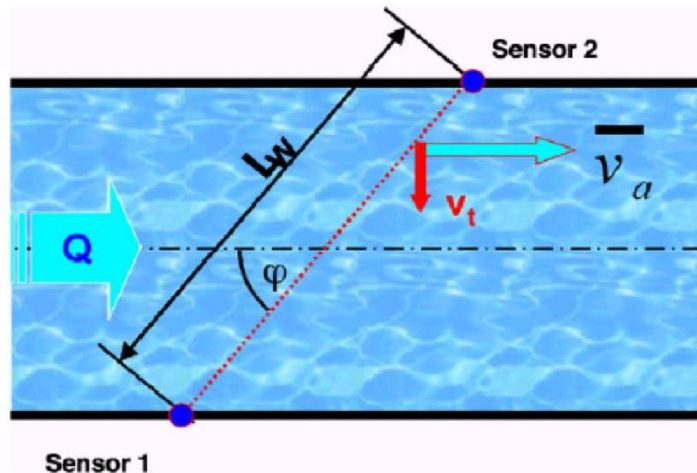


Fig.5 1 Sección de la tubería con posición de los sensores.

**Sensores:** Obtiene la velocidad del flujo y nivel enviándola a la unidad electrónica.

**Cableado:** Su función es de conducir la señal del sensor a la unidad electrónica.

**Unidad electrónica (Risonic 2000):** Procesa la información recibida de los sensores y muestra en una pantalla: Gasto, Velocidad, Volumen acumulado, hora y fecha. La señal viene del cableado y se puede transferir al interrogador portátil y modem.

**DAQ (SCADAPACK):** Es el registrador de datos y su función es la de almacenar estos datos y transferirlos al interrogador portátil. El sistema cuenta con un respaldo de información en sitio que garantiza la continuidad de la información.

**Gabinetes de alojamiento:** Alojan a la unidad electrónica, DAQ, el MODEM, controlador de carga, baterías y medidor de nivel.

**Interrogador portátil y equipo de respaldo de la información:** Como interrogador portátil se tiene una computadora tipo Lap Top con la función de extraer información del medidor o del DAQ y almacenarla en el equipo de respaldo (computadora de escritorio) para su consulta y análisis.

**Energía directa:** Esta conformado de un sistema fotovoltaico de 24 VDC compuesto de dos celdas solares de 150 Watts, controlador de carga y batería de recarga tipo UPS.

## Sección 3: Fallas y Mantenimiento.

### MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASICO:

- El mantenimiento de limpieza a las fotoceldas debe ser cada tres meses, para asegurar una recarga adecuada de las baterías.
- Las fotoceldas solares que se encuentran sobre el techo de la caseta de operación, deben mantenerse limpias, libres de polvo o cualquier otro objeto que obstruya la luz solar. Para esto es recomendable dar limpieza cada tres meses o según sea el caso, para asegurar una recarga adecuada de las baterías, esta debe realizarse frotando con una franela húmeda la parte superior de las fotoceldas hasta lograr una limpieza satisfactoria que asegure un rendimiento efectivo en el aprovechamiento de la energía solar.
- Mantener las fotoceldas con una buena línea de vista hacia el sol, en caso de haber obstrucción por parte de árboles estos deben eliminarse.
- Reemplazar las baterías al menos cada 24 meses, para esto hay que desenergizar los equipos presionando el botón de encendido que se encuentra en el controlador de carga o a su vez desactivando los fusibles del sistema.
- Realizar una limpieza frecuente de la sección de medida, así como 20 mts. aguas abajo y 40 mts aguas arriba (el tiempo de limpieza depende del azolve en el canal).
- Mantener libre de roedores o insectos dentro la caseta, se deberá poner trampas o usar insecticidas para prevenir posibles daños al sistema.
- Realizar una limpieza frecuente ala rejilla del tubo comunicante (ubicada en el canal). La rejilla cuenta con 2 tornillos, estos pueden removerse para quitar la rejilla en caso de que sea necesario.  
Es posible realizar la limpieza de la rejilla sin quitarla solo removiendo los objetos que obstruyan la comunicación del agua.
- Realizar una limpieza frecuente al tanque de amortiguamiento (ubicado bajo la caseta de operación), este debe permanecer libre de asolve, malezas y rocas. Para acceder al tanque se deben remover las rejillas del piso de la caseta y contar con una escalera.
- No arrojar objetos a los sensores.

### Fallas

En caso de presentarse algún error, por favor refiérase al manual de servicio, proporcionado con el equipo. Enseguida se presenta una breve descripción de los posibles errores.

- El equipo no enciende:
  1. Verificar que el botón del controlador de carga este activado (el botón **PUSH** en letras rojas debe de estar apagado). En caso de que el botón este encendido presiónelo y verifique que su estado sea de apagado.
  2. Verifique el estado de carga de las baterías, esto se hace observando los valores numéricos el el controlador de carga (el voltaje mínimo permisible es de 21 volts y el máximo es de 30 volts).
  3. Verifique que la fotocelda se encuentra limpia y en buen estado, en caso contrario limpiarla.
  4. Verifique si se encuentra algún cable desconectado.

5. Verifique si el foco verde en el sensor de nivel se encuentra encendido.
  6. Verifique si las baterías se encuentran en buen estado (revise el líquido dentro de ellas), en caso contrario agregar agua purificada dentro de las baterías, hasta alcanzar el nivel adecuado de operación. Además espere hasta el próximo día para que estas puedan recuperar su carga de operación.
- El equipo no mide:
1. Compruebe que los sensores de velocidad se encuentran sumergidos en agua.
  2. Verifique que los sensores de velocidad se encuentran libres de objetos que obstruyan la visibilidad entre un sensor y otro (posibles plásticos, maleza, rocas, tierra, etc.), en este caso remover los objetos fuera de la sección de medida.
  3. Verifique que los sensores se encuentran en su lugar.
  4. Verifique que el cableado entre los sensores y la unidad electrónica no han sufrido daño alguno a causa del vandalismo.
  5. Verifique que los sensores no han sido golpeados.
  6. Verifique que la sección de medida se encuentra limpia, en caso contrario limpiarla.
  7. Verifique que el sensor de nivel se encuentra en su lugar.
  8. Verifique si el foco verde en el sensor de nivel se encuentra encendido.
  9. Verifique que el tanque de amortiguamiento se encuentra limpio, en caso contrario limpiarlo.
  10. Verifique el tubo comunicante entre el canal y el tanque comunicante, este debe de estar limpio y permitir el acceso del agua al tanque.

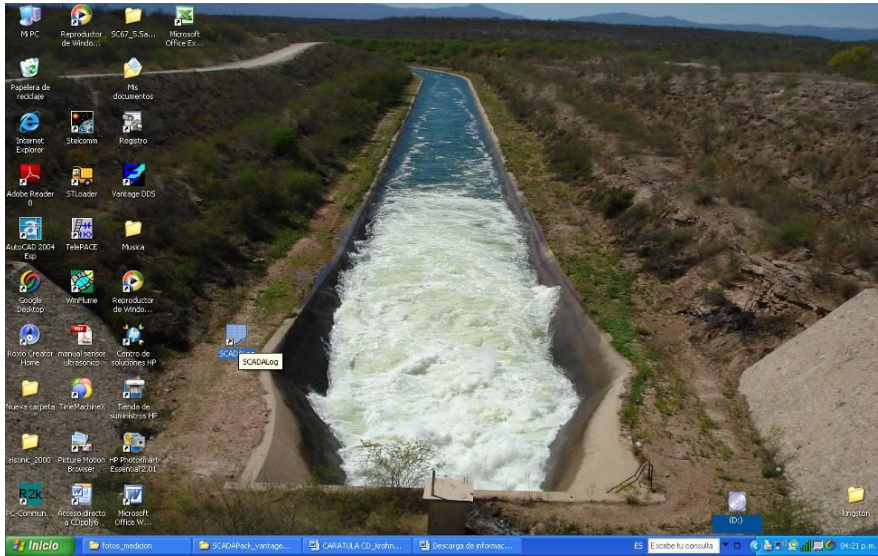
**NOTA:** Es importante verificar ocularmente que todos y cada uno de los componentes del sistema se encuentran en buen estado y en su lugar.

Si la falla persiste aun cuando se han verificado cada uno de los puntos mencionados, por favor realiza el llenado del formato de falla anexo.

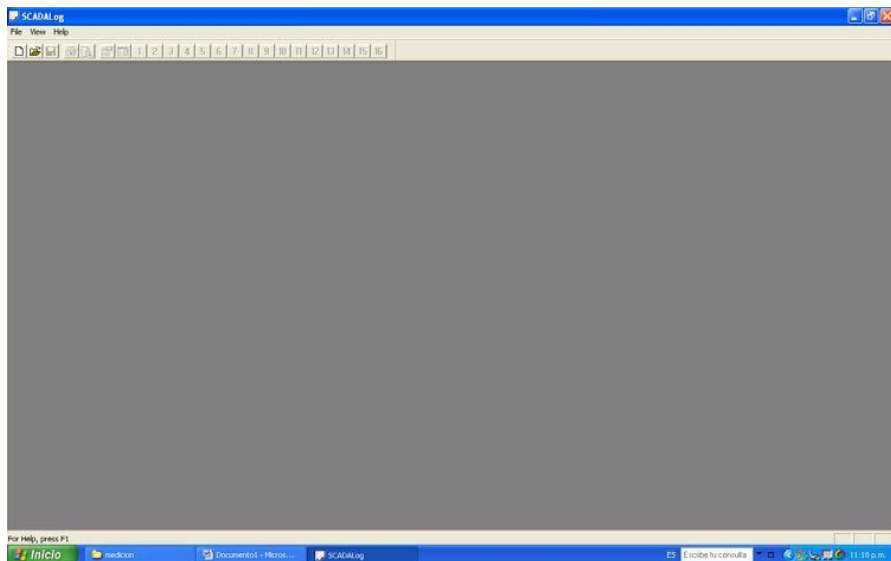
# DESCARGA DE DATOS DEL EQUIPO SCADAPACK.

## DESCARGA DE INFORMACION:

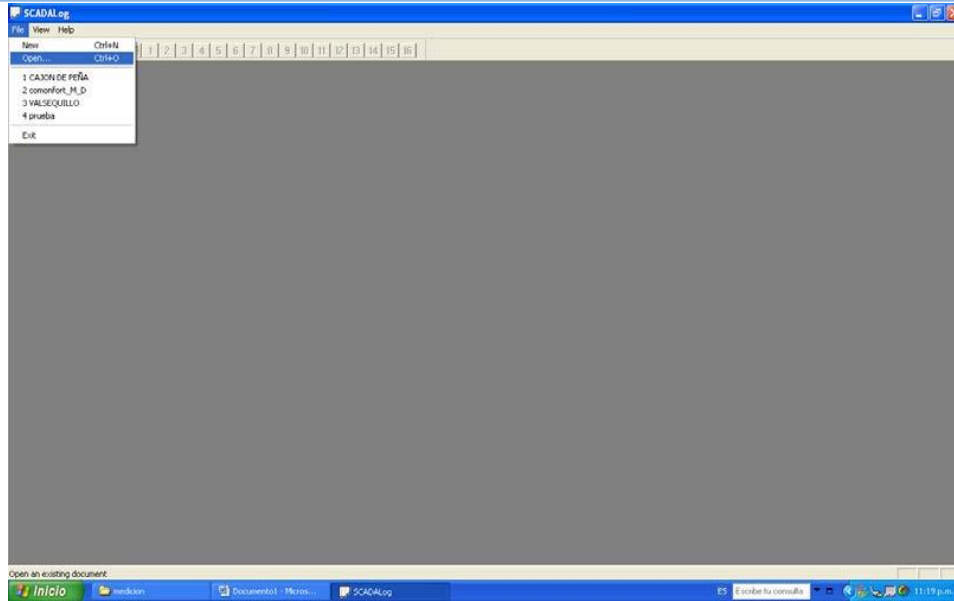
El primer paso es conectar a la PC el cable serial (color azul) que se encuentra en el gabinete de alojamiento de los componentes.



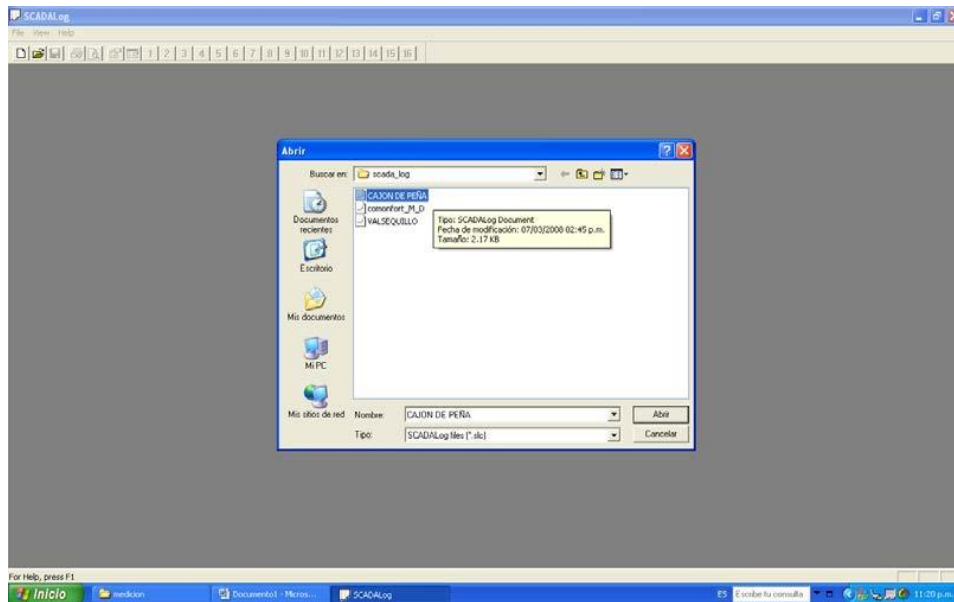
Abrir software  desde el escritorio



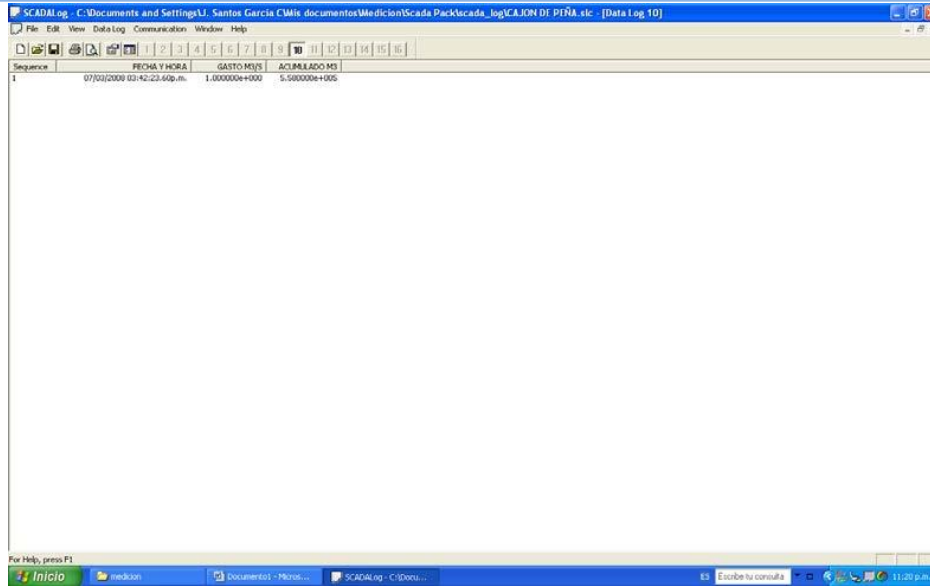
Una vez abierto  , ir a **File open**



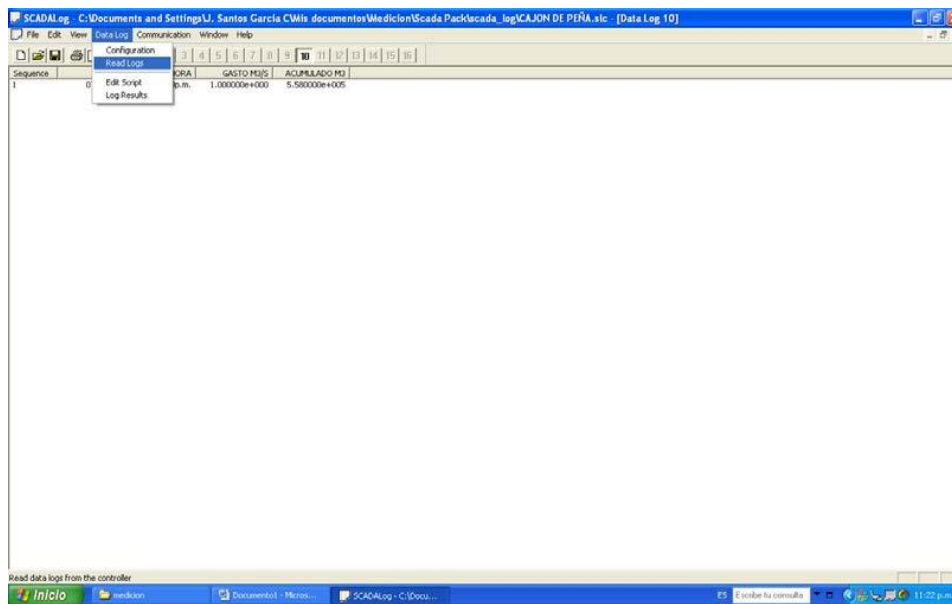
Seleccionar Menú **File** y la opción **open+**



Seleccionar el NOMBRE DE ARCHIVO, Una vez abierto aparecerá la ventana que se muestra adelante.



Ir a **DATA**Log, y seleccionar **read logs**



Una vez abierto seleccionar **All**

Seleccionar **File** y **Save**

Seleccionar **File** y **export**, dar nombre al archivo y salir. Este archivo se podrá abrir con **excel**.