

Manual de Calidad de Datos

CORRIENTES OBTENIDOS CON ADCP

2023



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana

CECOLDO
CENTRO COLOMBIANO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS

Manual de calidad de datos de corrientes obtenidos con ADCP

Una publicación digital del
Centro Colombiano de Datos Oceanográficos
(Cecoldo) a cargo de la Dirección General
Marítima (Dimar)
Teléfono: +57 (601) 220 0490
Bogotá D.C., Colombia
<https://cecoldo.dimar.mil.co>

Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima

DIRECCIÓN

Vicealmirante John Fabio Giraldo Gallo
Director General Marítimo

Capitán de Navío Germán Escobar Olaya
Subdirector de Desarrollo Marítimo

Capitán de Corbeta Jonathan Gómez Sierra
**Coordinador Grupo de Investigación
Científica y Señalización Marítima**

CONTENIDOS

CN (RA) Ricardo José Molares Babra, M.Sc.
CN (RA) Carlos Alberto Andrade Amaya, Ph.D.
CN (RA) Julián Augusto Reyna Moreno, M.Sc.

COORDINACIÓN EDITORIAL

Angélica María Castrillón Gálvez
Editora de Publicaciones-Dimar

Ruby Viviana Ortiz Martínez
**Centro Colombiano de Datos Oceanográficos
(Cecoldo)**

CONCEPTO GRÁFICO Y DISEÑO

Melissa Díaz Quintero
Diseñadora visual-Dimar

EDITORIAL DIMAR

CARÁTULA

Perfilador de corrientes. Proyecto 'Caracterización estacional corrientes superficial de los principales puertos del Pacífico colombiano'.

Foto: Banco de Imágenes Dimar



Manual de calidad de datos de corrientes obtenidos con ADCP se encuentran bajo una licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CITAR COMO:

Dirección General Marítima. (2023). *Manual de calidad de datos de corrientes obtenidos con ADCP. Versión 1, 2023.* Ed. Dimar. https://doi.org/10.26640/cecoldo.general_00002

El **MANUAL DE CALIDAD DE DATOS DE CORRIENTES OBTENIDOS CON ADCP** es una publicación institucional de la Dirección General Marítima (Dimar). Es de carácter técnico, investigativo e informativo; emitido y dirigido al sector marítimo, y a la comunidad científica y académica, en idioma español y en formato electrónico. La información y conceptos expresados en esta publicación deben ser utilizados por los interesados bajo su responsabilidad y criterio. Sin embargo, se entiende que cualquier divergencia con lo publicado es de interés del Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (Cecoldo) de la Dimar, por lo que se agradece el envío de sus correspondientes sugerencias al correo electrónico (cecoldo@dimar.mil.co). Este producto intelectual cuenta con una política de acceso abierto (OA) para su consulta. Sus condiciones de reconocimiento, uso y distribución están definidas por el licenciamiento *Creative Commons* (CC), que expresa de antemano los derechos definidos por la Dimar.



CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVO	12
2. ALCANCE	13
3. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	14
3.1. Generalidades del ADCP	14
3.1.1. Descripción de sensores	17
3.1.2. Fuente de alimentación y memoria	17
3.1.3. Método de medición	18
3.2. Configuración del instrumento	21
3.2.1. Software	21
3.2.2. Planeación para el despliegue	22
3.3. Metodología de campo	24
3.3.1. Montaje del instrumento	24
3.3.2. Preparación para el despliegue	27
3.3.3. Despliegue	32
3.4. Extracción (descarga) y visualización de datos	32
3.5. Mantenimiento y conservación	36
3.6. Fallas comunes	38
4. CONTROL DE CALIDAD DE DATOS	42
4.1. Generalidades	42
4.2. Pruebas de calidad	44
4.2.1. Prueba 1: fecha/hora imposible	48
4.2.2. Prueba 2: posición geográfica imposible	50
4.2.3. Prueba 3: posición geográfica en tierra	51
4.2.4. Prueba 4: valor globalmente imposible y buen porcentaje	54
4.2.5. Prueba 5: control de picos excesivos	57
4.2.6. Prueba 7: velocidad constante	60
4.2.7. Prueba 8: dirección constante	63
4.2.8. Prueba 9: variabilidad mínima	66
4.2.9. Prueba 10: revisión de experto	69
REFERENCIAS	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Identificación de las principales partes del sistema ADCP WorkHorse Sentinel.	16
Figura 2. Formas de operación del ADCP WorkHorse Sentinel.	22
Figura 3. Configuración de la cantidad de días del despliegue.	24
Figura 4. Montaje tipo trípode (izquierda) para fondeo y para mediciones desde superficie o a media agua (derecha).	24
Figura 5. Góndola para diferentes equipos acústicos instalados en el casco del buque ARC "Providencia" en 2014, entre ellos un ADCP (izq.) y domo para ecosonda multihaz (der.).....	25
Figura 6. Diagrama de conexión ADCP WorkHorse Sentinel / PC	29
Figura 7. Verificación del compás en el ADCP WorkHorse Sentinel.	29
Figura 8. Posición e indicaciones para la calibración del compás del ADCP Workhorse Sentinel	31
Figura 9. Aspecto de la recuperación de datos del ADCP Workhorse Sentinel. ...	33
Figura 10. Visualización de datos con WinADCP del ADCP Workhorse Sentinel.	34
Figura 11. Funcionalidad para exportar datos con WinADCP del ADCP Workhorse Sentinel.	35
Figura 12. Encabezado de la matriz de datos para la asignación de banderas de calidad.	43
Figura 13. Diagrama de flujo de la QT "fecha y hora imposibles".....	49
Figura 14. Diagrama de flujo de la QT "ubicación geográfica imposible" y QT "posición geográfica en tierra".	53
Figura 15. Diagrama de flujo de la QT "valor globalmente imposible y buen porcentaje".	56
Figura 16. Diagrama de flujo de la QT "control de picos excesivos"	59
Figura 17. Diagrama de flujo de la QT "velocidad constante".....	62
Figura 18. Diagrama de flujo de la QT "dirección constante"	65
Figura 19. Diagrama de flujo de la QT "variabilidad mínima".....	68
Figura 20. Gráfica de dispersión de datos u y v de la corriente. El círculo rojo indica datos que están por fuera de la concentración de las mediciones, lo que podría indicar valores dudosos o cuestionables.	70
Figura 21. Gráfica de la dirección de la corriente a 10 m de profundidad. El círculo rojo señala una anomalía que identifica los datos incorrectos.	71

- Figura 22.** Gráfica de la velocidad de la corriente a 10 m de profundidad. El círculo rojo muestra una anomalía que identifica los datos incorrectos. 71
- Figura 23.** Gráfica del perfil vertical de velocidad (V) de la corriente en un punto de monitoreo. El círculo rojo indica una anomalía que debe ser verificada en detalle por parte del experto. 72
- Figura 24.** Gráfica del perfil vertical de dirección de la corriente en un punto de monitoreo. Los círculos en rojo indican una anomalía que debe ser verificada en detalle por parte del experto. 72

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas del ADCP WorkHorse Sentinel.....	15
Tabla 2. Resumen de la funcionalidad del software ADCP.....	21
Tabla 3. Ejemplo de un formato de historial instrumental.	28
Tabla 4. Fallas comunes en el ADCP Workhorse Sentinel.	38
Tabla 5. Banderas de calidad IODE.....	43
Tabla 6. Pruebas de calidad identificadas para los datos de corrientes de ADCP.	44
Tabla 7. Pruebas de calidad acordadas para el manual del Cecoldo sobre calidad de datos de corrientes obtenidos con ADCP.....	47
Tabla 8. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “valor globalmente imposible”.....	55
Tabla 9. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “buen porcentaje”.....	55
Tabla 10. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “control de picos excesivos”.....	58
Tabla 11. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “control de picos excesivos”.	58
Tabla 12. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “velocidad constante”.....	61
Tabla 13. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “velocidad constante”.	61
Tabla 14. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “Dirección constante”.....	63
Tabla 15. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “dirección constante”.	64
Tabla 16. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “variabilidad mínima”.....	67
Tabla 17. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “variabilidad mínima”.	67

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ADCP	<i>Acoustic Doppler Current Profiler</i>
BODC	<i>British Oceanographic Data Center</i>
Cecoldo	Centro Colombiano de Datos Oceanográficos
COI	Comisión Oceanográfica Intergubernamental
Dimar	Dirección General Marítima
IOC	<i>Intergovernmental Oceanographic Commission of Unesco</i>
IODE	<i>International Oceanographic Data and Information Exchange</i>
IOOS	<i>Integrated Ocean Observing System</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NODC	<i>National Oceanographic Data Center</i>
OMM	Organización Meteorológica Mundial
QA	Garantía de calidad (por sus siglas en inglés)
QC	Control de calidad (por sus siglas en inglés)
QF	Bandera de calidad (por sus siglas en inglés)
QT	Prueba de calidad (por sus siglas en inglés)
PCMCIA	<i>Personal Computer Memory Card International Association</i>
PVC	Policloruro de vinilo
RedMpomm	Red de Medición de Parámetros Oceanográficos y de Meteorología Marina
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
VCA	<i>Voltage Controlled Amplifier</i>
VCC	<i>Common Collector Voltage</i>
VDC	Voltaje de carga cíclico
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos (por sus siglas en inglés)

GLOSARIO

ADCP

El instrumento ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) mide la velocidad del agua utilizando un principio físico llamado Doppler.

Bandera de calidad

Son indicadores que permiten contar con información general acerca de la calidad de los datos.

Bioincrustación

Se denomina bioincrustación (*biofouling*) a un conjunto de procesos biológicos relacionados con las primeras etapas de colonización de un sustrato sumergido. En el mar, la celeridad con que se produce dicha colonización es notable: en tan solo unos días aparecen diferentes incrustaciones recubriendo la superficie de un sustrato que inicialmente se había sumergido impoluto¹.

Control de calidad

Está asociado a los componentes que permiten asegurar el cumplimiento de los requisitos en materia de calidad, y abarca todas las técnicas y actividades operativas utilizadas para cumplir tales requisitos (OMM, 2018, p. 2). Implica pasos de seguimiento que respaldan la entrega de datos de alta calidad y requieren tanto la automatización como la intervención humana (IOOS, 2019).

Control de calidad de nivel primario

Control de calidad de datos oceanográficos en el cual se definen únicamente los indicadores de calidad de los datos (IOC, 2013, p.3), es decir, las banderas de calidad.

Datos

Representación simbólica de una medición u observación oceanográfica o de meteorología marina.

¹ Tomado de: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-cerebro-latente-504/bioincrustacin-1437>

Diccionario de parámetros

Recopilación de vocabularios controlados para la administración y codificación de parámetros, construido de manera sistemática y usando un modelo semántico determinado.

Firmware

También conocido como soporte lógico inalterable, es el programa básico que controla los circuitos electrónicos de cualquier dispositivo².

Garantía de la calidad

En gestión de datos se refiere a la utilización de criterios, métodos y procesos escritos que garantizarán que la producción de datos cumpla con un estándar de calidad específico (USGS, s. f.).

Metadato

Información acerca de los datos para hacer que estos sean reconocibles, utilizables y comprensibles. Describen el contenido, calidad, condición y otras características de los datos³.

O-ring

Se denomina junta tórica u O-Ring a una junta de forma toroidal, habitualmente de goma, cuya función es asegurar la estanqueidad de fluidos, por ejemplo, en cilindros hidráulicos y cilindros neumáticos, como también en equipamiento de submarinismo acuático⁴.

Parámetro

Cada una de las variables oceanográficas o de meteorología marina tratadas en el presente manual.

Plataforma

Vehículo, estructura u organismo capaz de llevar instrumentación científica o herramientas para la recolección de muestras físicas, químicas o biológicas” (ICES, 2008 En: Ortiz-Martínez, 2008, p. 50).

Sensor

Elemento de un sistema de medición que se ve directamente afectado por un fenómeno, cuerpo o sustancia (JCGM, 2012 En: IOOS, 2019).

² Tomado de: <https://www.xataka.com>

³ Adaptado de <http://www.wmo.int/pages/prog/www/WIS/Metadata/faq.html> y <https://www.ncddc.noaa.gov/metadata-standards/>.

⁴ Tomado de https://es.wikipedia.org/wiki/Junta_t%C3%B3rica

Transductor

Dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada en otra de diferente a la salida. El transductor sirve para obtener información de entornos físicos y químicos, y conseguir señales o impulsos eléctricos o viceversa⁵.

Variable

Observación o medición de las propiedades físicas o biogeoquímicas dentro de ambientes oceanográficos y/o de meteorología marina (Adaptado de IOOS, 2019).

⁵ Tomado de <https://www.logicbus.com.mx/transductores-sensores.php#:~:text=por%20un%20PLC-.Transductor,o%20impulsos%20el%C3%A9ctricos%20o%20viceversa>.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los años 70 la Dirección General Marítima (Dimar) tiene a cargo el Centro Colombiano de Datos Oceanográficos (Cecoldo), un sistema de información que tiene como objetivo principal la administración de estos importantes activos de la nación. En la actualidad, el Cecoldo se compone de un conjunto de bases de datos y repositorios únicos en el país, con una gran cantidad y variedad de datos históricos y recientes en las disciplinas de oceanografía, meteorología marina y geoquímica marina, recopilados en el Pacífico, en el Caribe y las áreas insulares colombianas; lo que demanda un esfuerzo significativo en la gestión del ciclo de vida del dato con alto grado de calidad, es decir, desde la planeación, pasando por la adquisición, procesamiento, archivo, acceso y uso de los datos.

El marco de referencia de la gestión de la calidad del programa para el Intercambio Internacional de Datos e Información Oceanográfica (IODE) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - Comisión Oceanográfica Intergubernamental (Unesco-COI) constituye una importante herramienta para orientar a los países miembros en la aplicación de lineamientos de calidad, tanto en los datos como en los servicios que prestan los centros nacionales de datos oceanográficos (NODC, por sus siglas en inglés); calidad que está orientada al grado en el cual un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos y a la percepción del grado en que satisface las expectativas del cliente (Traducido de IOC, 2019, p. 3).

Gestionar la calidad de datos no es tarea fácil, pero tal como lo señala la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la garantía y el control de la calidad son los ingredientes de todo sistema eficaz de gestión de la calidad (OMM, 2018, p. 1). En este sentido, tanto la comunidad oceanográfica como la comunidad de meteorología marina concuerdan en que un sistema eficaz de gestión de la calidad es aquel que gestiona los vínculos entre la preparación para la recopilación de datos, la garantía de su calidad y su distribución a los usuarios a fin de asegurarse de que el usuario reciba la magnitud solicitada (OMM, 2018, p. 2) y que puede incluir procesos para lograr los objetivos de calidad a través de la planificación de la calidad, la garantía de la calidad, el control de calidad y la mejora de la calidad (IOC, 2019, p. 3).

La garantía de la calidad (QA, por sus siglas en inglés) tiene por objeto infundir confianza en que se satisfarán los requisitos de calidad (OMM, 2018, p. 2) y en la gestión de datos esta se refiere a la utilización de criterios, métodos y procesos escritos que garantizarán que la producción de datos cumpla con un estándar de calidad específico (USGS, s. f.). Por su parte, el control de calidad (QC, por sus siglas en inglés) está asociado a los componentes que permiten asegurarse del cumplimiento de los requisitos en materia de calidad, y abarca todas las técnicas y actividades operativas utilizadas para cumplir tales requisitos (OMM, 2018, p. 2).

En este contexto, el Cecoldo, en coordinación con la Red de Medición de Parámetros Oceanográficos y de Meteorología Marina (RedMpomm) de la Dimar, ha compilado una serie de buenas prácticas regionales e internacionales, con la finalidad de incrementar la confianza de sus usuarios y ofrecerle a sus proveedores una aproximación tanto al aseguramiento de la calidad (desde la perspectiva de la planeación y adquisición de datos), como del control de la calidad (asociada al procesamiento de los datos).

La colección QA/QC de datos oceanográficos y meteorología marina del Cecoldo se compone de títulos que abarcan plataformas e instrumentos de medición frecuentemente usados por la comunidad científica nacional y, especialmente, por la Dimar. La presente entrega incluye la calidad de datos de corrientes marinas obtenidos con el instrumento *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP).

1. OBJETIVO

Presentar las generalidades para la medición de datos de corrientes con ADCP, así como describir una metodología para el control de calidad de datos oceanográficos obtenidos con este instrumento, conducente a la asignación de banderas de calidad recomendadas por el programa internacional IODE.

2. ALCANCE

El presente manual abarca datos de corrientes medidos a nivel superficial y en la columna de agua en el Pacífico, Caribe y áreas insulares colombianas, mediante el instrumento ADCP.

Las generalidades sobre el procesamiento de datos obtenidos con el instrumento en mención hacen referencia a la marca ADCP Sentinel de 600 kHz para mediciones en estación fija (euleriano); sin embargo, la física que envuelve la aplicación del método por efecto Doppler para instrumentos acústicos, así como los procedimientos y buenas prácticas, son aplicables a toda la gama y marcas de instrumentos que adaptan esta tecnología.

3. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Las mediciones de corrientes son empleadas principalmente para la caracterización oceanográfica; son necesarias además para aplicaciones ambientales y proyectos costa afuera (p. ej. exploración *Oil and Gas -O&G offshore*, granjas eólicas, etc.), operaciones navales, operaciones de búsqueda y rescate, entre otras. Esto evidencia la necesidad de obtener datos confiables, la cual se fundamenta inicialmente en la situación o estado del instrumento, la selección de los puntos de muestreo, la configuración del instrumento, y la ubicación y configuración física del mismo para efectuar las mediciones. Por ello, los datos disponibles para la interpretación de resultados serán confiables en la medida en que los pasos anteriores se cumplan de acuerdo con los estándares y las recomendaciones del fabricante. En este sentido, los operadores del instrumento ADCP juegan un papel importante en la experiencia de la aplicación de buenas prácticas. En los siguientes apartados se describen precisamente todas estas actividades asociadas a la planeación y medición de corrientes con ADCP.

3.1. Generalidades del ADCP

Todo el sistema consta de un ADCP, cables, paquete de baterías, tarjeta de memoria y software. Tanto la capacidad de la batería como de la memoria pueden ser aumentados con actualizaciones para despliegues más largos. El equipo también puede utilizarse para perfilar corrientes de lectura directa. Solo se requiere la adición de una computadora compatible con Windows® para configurar el ADCP y reproducir los datos recopilados.

El conjunto del transductor contiene la cerámica y la electrónica del transductor. La frecuencia acústica tipo Sentinel depende del modelo; en la Tabla 1 se describen las especificaciones técnicas del ADCP WorkHorse Sentinel de 300, 600 y 1200 kHz.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del ADCP WorkHorse Sentinel.

Característica	Especificaciones
Rango de medición	0.6 - 150 m
Rata de muestreo - Típico (mínimo)	1 / 60 min (4hz)
Resolución del perfil -Típico (mínimo) ⁶	1 / 2 / 4 m (5 / 10 / 20 cm)
Duración del despliegue (Típico / pico)	30 – 90 días / > 1 año
Profundidad de operación	500 / 1000 / 6000 m
Sensores estándar / # de beams	HPR(Head/Pitch/Roll) / Temperatura / 4 beams
<i>Blanking distance</i>	2 / 1 / 0.5 m

En la Figura 1 se aprecian los principales componentes del instrumento, los cuales se describen a continuación.

- Sensor de presión: el sensor de presión (de acuerdo con cada modelo) mide la presión del agua (profundidad).
- Caras de uretano: las caras de uretano cubren la cerámica del transductor. Nunca debe colocarse el transductor sobre una superficie dura. Las caras de uretano podrían dañarse.
- Termistor: mide la temperatura del agua.
- Marca de haz 3: el Beam-3 Mark muestra la ubicación de Beam-3 (hacia adelante).
- Cabezal del transductor: la electrónica y la cerámica del transductor del equipo está montada en el cabezal del transductor. Los números grabados en el borde del transductor indican el número de haz. Al ensamblar la unidad, el haz del transductor número 3 debe coincidir con la marca del haz 3 en la tapa del extremo o *end cap*.
- Carcasa: la carcasa estándar del equipo permite profundidades de despliegue hasta los 200 m de profundidad.
- Paquete de baterías interna: el equipo incluye una batería alcalina. La batería interna tiene 450 vatios-hora (Wh) de energía utilizable a 0 °C. Cuando está fresco, el voltaje es de +42 VCC; cuando se calienta, el voltaje cae a 30 VDC o menos.

⁶ Se refiere a las celdas, sin embargo, este valor debe fijarse de acuerdo con las necesidades del proyecto en el cual serán empleados los datos.

- Tarjeta de memoria: el equipo estándar viene con una tarjeta de memoria. Hay disponibles dos ranuras para tarjetas de memoria PCMCIA, con una capacidad total de almacenamiento de 2GB.
- Tapa (end cap): la tapa de extremo sostiene el conector del cable de Entrada y Salida E/S. Al ensamblar la unidad, la marca del haz 3 en la tapa del extremo debe coincidir con el número del haz 3 en el transductor.
- Cable conector de E/S: el cable de E/S conecta el ADCP a la computadora y a la fuente de alimentación externa.

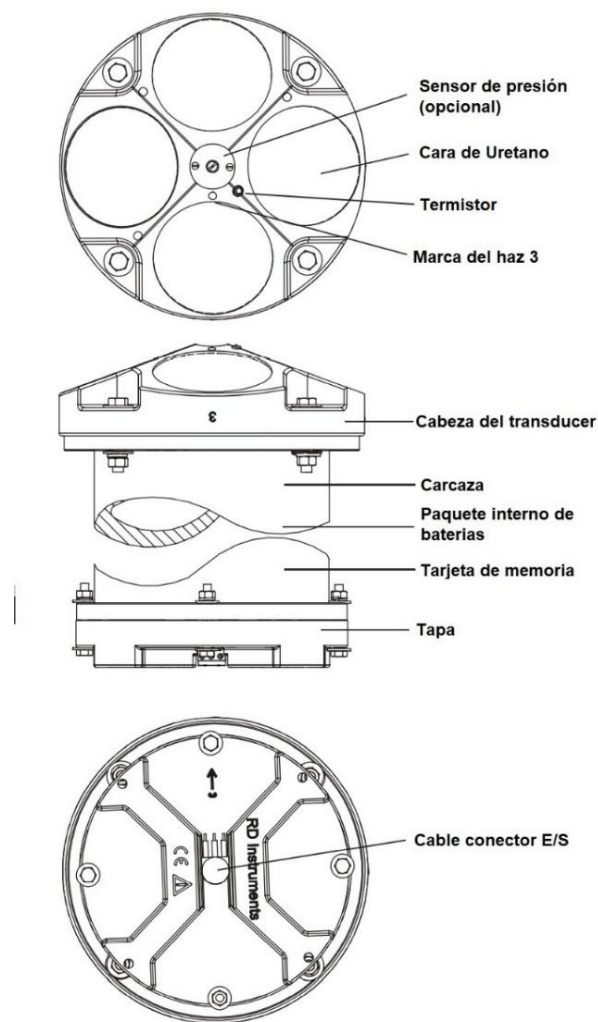


Figura 1. Identificación de las principales partes del sistema ADCP WorkHorse Sentinel. (Modificado de: Teledyne, 2007a).

3.1.1. Descripción de sensores.

- Sensor de temperatura (termistor): se utiliza para medir la temperatura del agua. El sistema utiliza estos datos para calcular la velocidad del sonido. Este sensor está embebido en el cabezal del transductor y no se puede reemplazar en campo.
- Sensor arriba / abajo: determina si el cabezal del transductor está hacia arriba o hacia abajo. Este sensor está ubicado en la tarjeta PIO.
- Compás: determina el ángulo de rumbo del haz 3 del WorkHorse mediante una brújula flux-gate. Este sensor está ubicado en la tarjeta PIO. El flujo vector de campo magnético terrestre, medido junto con la información del sensor de inclinación (balanceo y cabeceo), se utiliza para determinar el rumbo. Dado que los datos del sensor de inclinación solo son válidos cuando el ADCP está a $\pm 20^\circ$ de la vertical, la información de rumbo también se limita a este rango.
- Sensor de attitude: determina los ángulos de inclinación del WorkHorse. Este sensor se encuentra en la tarjeta PIO. Este utiliza un sensor lleno de líquido para el cabeceo y balanceo. Es funcional a un ángulo de $\pm 20^\circ$ desde la vertical.
- Sensor de presión (opcional): mide la presión en el transductor WorkHorse. Este sensor está integrado en el cabezal del transductor y no se puede reemplazar en el campo.

3.1.2. Fuente de alimentación y memoria.

El despliegue de los ADCP WorkHorse Sentinel suele ser autocontenido (autónomo), pero pueden ser también en tiempo real. Por lo general, se considera que el despliegue es autónomo cuando el equipo se usa de forma remota y se alimenta con baterías internas. En esta configuración no se realizan conexiones externas al WorkHorse durante el despliegue. Sin embargo, el WorkHorse puede ser conectado a la alimentación externa. La energía puede ser proporcionada por una caja de batería externa.

Los ADCP de WorkHorse Sentinel vienen de serie con una tarjeta de memoria. Hay disponibles dos ranuras para tarjetas de memoria PCMCIA, con una capacidad total de memoria hasta 2 GB. La tarjeta se encuentra en el *Digital Signal Processor* (DSP) dentro de la electrónica del Workhorse.

Para recuperar datos la tarjeta puede ser removida y usada en una computadora personal (PC) o dejada en el WorkHorse, y se accede usando el software WinSC.

Se debe tener en cuenta que la definición del tiempo que se espera monitorear en el perfil y rata de muestreo es un balance limitado por la capacidad de memoria y de la batería. El software PlanADCP permite hacer estos cálculos.

3.1.3. Método de medición.

El perfil de corriente promedio proporciona mediciones de la velocidad y dirección de la corriente en múltiples capas a lo largo de la columna de agua. Diferentes cuerpos de agua experimentarán diversos fenómenos que gobiernan la mayoría del movimiento del agua, pero la fuerza más típica es el ciclo de las mareas.

En la mayoría de las áreas, las corrientes varían poco en el plano horizontal, pero pueden diferir más en las capas verticales; de ahí la idea de celdas que manejan los equipos ADCP. Dependiendo de las condiciones climáticas, las corrientes pueden tener mayores velocidades cerca de la superficie debido al arrastre por el viento.

Un instrumento ADCP mide la velocidad del agua utilizando un principio físico llamado Doppler. El efecto Doppler es el cambio en la frecuencia de una onda cuando una fuente de sonido se mueve con respecto a un observador, o cuando el propio observador se mueve con respecto a la fuente de onda. Por ejemplo, si se escucha el silbido de un tren cuando está parado, las ondas sonoras viajarán con la misma velocidad en todas direcciones, y un observador (que no se mueve) escuchará un sonido uniforme. Cuando el tren comienza a moverse hacia el observador, cada onda de sonido se origina en una posición que está un paso más cerca del observador por cada segundo. El tiempo que tarda la onda de sonido en llegar al observador disminuye constantemente, es decir, las ondas llegan con intervalos de tiempo decrecientes, y esto puede interpretarse como un cambio de frecuencia en el sonido ola.

Basándose en este cambio de frecuencia percibido se puede medir la velocidad del tren. Cuando el observador se mueve y la fuente de sonido está quieta, el cambio de frecuencia Doppler todavía aparece porque se cambia la velocidad de la onda de sonido relativa al observador.

En la actualidad, existen tres tipos principales de técnicas utilizadas para la medición del efecto Doppler disponibles comercialmente, conocidas como de banda estrecha, banda ancha y pulso coherente.

El ADCP Sentinel aplica la técnica de banda ancha, lo que permite aprovechar todo el ancho de banda de la señal disponible para medir la velocidad. Un mayor ancho de banda le da a un ADCP BroadBand mucha más información para estimar la velocidad. Normalmente, con 100 veces más ancho de banda respecto a los ADCP de banda estrecha (Narrowband) se reduce la varianza casi 100.

Los sistemas de banda estrecha funcionan enviando un solo pulso de energía acústica, que es relativamente largo (hasta unos pocos metros), y luego escuchan el eco que estos pulsos generan cuando rebotan en las partículas de la columna de agua.

La frecuencia del pulso se conoce cuando sale del transductor y la frecuencia de su eco se mide al regresar. La diferencia entre la frecuencia de transmisión y la frecuencia de retorno es el desplazamiento Doppler y es proporcional a la velocidad del agua a lo largo del haz.

Los sistemas de banda ancha funcionan enviando dos pulsos de sonido y escuchando sus ecos. Luego se usa una función compleja para calcular la diferencia de fase entre estos pulsos. Esta diferencia de fase es proporcional a la velocidad del agua.

De manera similar a la banda ancha, los sistemas de pulso coherente operan enviando un par de pulsos, pero a diferencia de la banda ancha, estos son relativamente cortos y no están en el agua al mismo tiempo. Luego, la velocidad se mide como el desplazamiento de fase entre el primer y el segundo pulso de un par de pulsos que están separados por un intervalo de tiempo que a menudo se denomina retraso.

Aunque el rango de perfilado es principalmente una consecuencia de la frecuencia del transductor del instrumento, el tamaño (diámetro) del transductor y la cantidad de energía utilizada para transmitir el pulso acústico también está relacionada con la técnica de medición utilizada. Para cualquier frecuencia dada y tamaño de transductor similar la banda estrecha generará un rango de perfil máximo alrededor de un 20 % a 30 % mayor que un sistema de banda ancha.

Los sistemas *Pulse-Coherent*, por otro lado, miden en un rango de perfil muy corto porque solo pueden transmitir el segundo pulso en un par de pulsos después de que se haya recibido el primer pulso. Esto limita en gran medida la capacidad de los sistemas *Pulse-Coherent* para utilizarse de forma eficaz.

Para los sistemas Doppler acústicos la precisión se refiere a la incertidumbre a corto plazo (generalmente 1 segundo) en una medición. De las tres técnicas, *Pulse-Coherent* ofrece la mejor precisión, seguida de banda ancha y la banda estrecha. En términos generales, para la misma condición, la precisión de un sistema *Pulse-Coherent* es aproximadamente un orden de magnitud mejor que la de un sistema de banda ancha. Los sistemas de banda estrecha tienen generalmente una precisión baja y, como consecuencia, deben promediar los datos más tiempo que un sistema de banda ancha o coherente por pulsos.

El consumo de energía está directamente relacionado con la cantidad de energía utilizada para transmitir pulsos acústicos. Por lo tanto, es evidente que los sistemas de banda estrecha generalmente utilizarán más energía que los sistemas de banda ancha, ya que deben transmitir más pulsos al agua para lograr la misma precisión que un sistema de banda ancha. Por lo general, un sistema de banda estrecha utilizará entre un 30 % y un 40% más de energía que un sistema de banda ancha para lograr la misma precisión durante el mismo período de tiempo.

Los sistemas *Pulse-Coherent* son menos sencillos. Aunque generalmente usan menos energía que los sistemas de banda ancha o de banda estrecha (porque no se requiere que sus pulsos viajen demasiado lejos), típicamente transmitirán muchos más pulsos que los de banda ancha o banda estrecha durante el mismo tiempo. Los sistemas *Pulse-Coherent* pueden transmitir pulsos cientos de veces por segundo, especialmente cuando la técnica se utiliza en velocímetros en lugar de perfiladores. Esto luego niega las ganancias logradas por la distancia de perfil corta y lleva su consumo de energía a algún lugar entre banda ancha y banda ancha.

En lo que respecta a la facilidad de operación, los sistemas de banda estrecha son los instrumentos más simples de programar, operar y analizar datos. Esto se debe a que la técnica de banda estrecha es muy robusta e indiferente a la velocidad máxima deseable y / o al rango de perfilado, siempre que estén dentro de las especificaciones del sistema.

Por último, cuando se trata de la tasa de salida de datos, los sistemas *Pulse-Coherent* pueden entregar datos mucho más rápido porque generalmente no se perfilan muy lejos. Por lo tanto, no tienen que esperar el retorno de ninguno de los pulsos transmitidos para enviar otro y pueden hacer ping muy rápido.

3.2. Configuración del instrumento

3.2.1. Software.

El ADCP WorkHorse Sentinel puede utilizarse para implementaciones autónomas de perfiles de corriente para varios meses con montajes temporales o permanentes en el océano, cerca de la costa, puertos y lagos. El software de este instrumento está diseñado para configurarlo y obtener los mejores datos posibles sin tener que comprender y utilizar sus comandos internos. En la Tabla 2 se aprecia el resumen de las principales acciones que se pueden efectuar con cada una de estas aplicaciones software.

Tabla 2. Resumen de la funcionalidad del software ADCP.

Función	BBTalk	WinSC	PlanADCP ⁷	WinADCP
Probar el WorkHorse		X		
Planificar el despliegue del equipo			X	
Transferir la planeación al instrumento y comenzar la recopilación de datos		X		
Calibrar el compás	X			
Transferir los datos de la memoria del instrumento a la computadora	X	X		
Verificar la integridad de los datos		X		
Borrar los datos de la memoria		X		
Visualizar los datos medidos		X		X

La primera de ellas es BBTalk, un programa que se ejecuta para comunicarse con el ADCP, correr archivos de prueba (*script files*) y calibrar el compás, entre otros. BBTalk está incluido en las herramientas RDI Tools. Para información detallada consulte RDI Tools User's Guide.

El software WinSC es utilizado para la configuración, recopilación y revisión de datos. Por su parte, PlanADCP (parte de WinSC) permite ingresar valores conocidos o de "mejor estimación" para los diversos parámetros de creación de perfiles y muestra predicciones de los resultados esperados. PlanADCP crea archivos *command files*, los cuales contienen los comandos que se enviarán al instrumento para iniciar el despliegue. Para información detallada consulte WinSC and PlanADCP User's Guide.

⁷ PlanADCP se puede ejecutar por separado o ejecutar dentro de WinSC.

De otra parte, el software WinADCP permite visualizar todo el conjunto de datos, acercarse (*zoom*) a una porción de datos para un análisis más detallado y exportarlos a archivos de texto o de Matlab. Para información detallada consulte WinADCP User's Guide.

3.2.2. Planeación para el despliegue.

La planeación del despliegue del instrumento incluye la configuración básica y avanzada. Para mayores detalles, en el caso particular del ADCP Sentinel se recomienda consultar el documento WinSC and PlanADCP Software User's Guide. Esta configuración se resume de la siguiente manera:

- Identificar la referencia específica del instrumento.
- Seleccionar la frecuencia del instrumento.
- Especificar si opera con paquete de baterías o no, y si es así, cuántas baterías usa.
- Seleccionar el ambiente en que operará el instrumento (p. ej. en el océano, cerca de la costa, río o lago).
- Escoger la forma como operará el instrumento. Estas alternativas se aprecian en la Figura 2 para el caso del ADCP WorkHorse Sentinel.

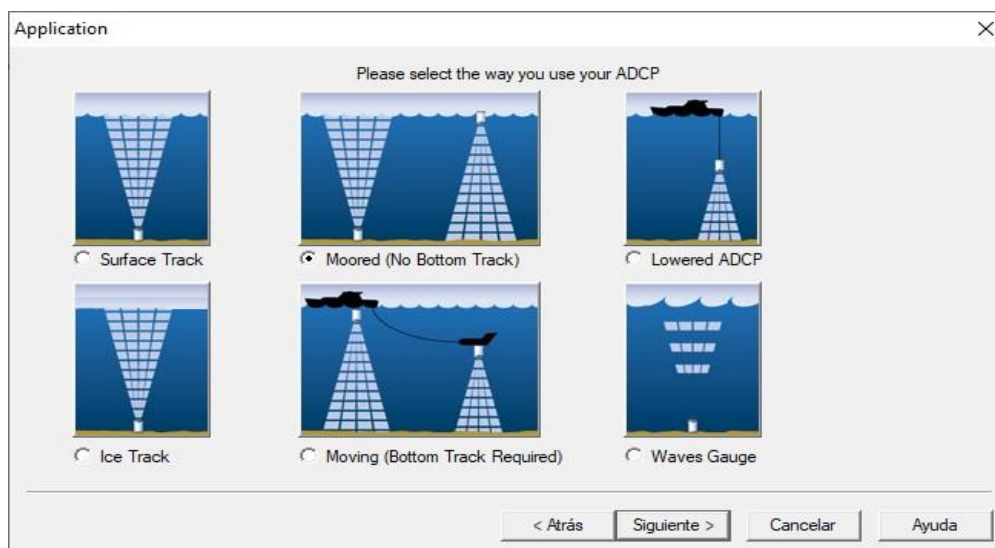


Figura 2. Formas de operación del ADCP WorkHorse Sentinel.
(Modificado de: Teledyne, 2009).

- Seleccionar el rango de profundidad entre los cuales se efectuarán las mediciones. Típicamente se estiman rangos de profundidad dependiendo de la frecuencia del instrumento así: 300 kHz (100-200 m), 600 kHz (50-90 m) y 1200 kHz (10-40 m).
- Escoger la resolución vertical de las mediciones, la cual se calcula a partir del tamaño de la celda o *bins* definido por el usuario. Mientras menor sea el tamaño de la celda, más fino será el detalle en el perfil y más niveles podrán ser muestreados. Cuando las celdas son pequeñas el ADCP puede muestrear en aguas poco profundas; esto puede ser fácilmente entendido si intenta imaginar lo que pasa cuando utiliza celdas con un tamaño de 5 m en aguas de 4 m de profundidad; en cambio, si utiliza celdas de 0.25 m podrá muestrear muchas más celdas en el mismo perfil.
- Escoger dónde va a guardar los datos.
- Definir la cantidad de mediciones del perfil de corrientes que desea efectuar cada hora. El sistema calculará la tasa de muestreo.
- Definir la cantidad de días que durará el despliegue del instrumento desde la primera medición del perfil (Figura 3). Esta configuración no hará que el ADCP detenga la toma de datos; la instrucción calcula el uso de batería, mediciones y capacidad de almacenamiento requerido. En caso de que la configuración exceda la capacidad de memoria, el sistema le mostrará una advertencia indicando la memoria que requiere para esa planeación específica. Podrá ir cambiando la configuración para disminuir la cantidad de datos, hasta el punto en que la capacidad de memoria se lo permita.
- Ingresar la fecha y hora en la que desea que el ADCP comience a enviar pulsos. Inicie los intervalos de muestra con un retraso, por ejemplo, en lugar de comenzar los intervalos de muestreo de 10 minutos a las 12:36:47, retrase el inicio del muestreo unos minutos para las 13:00:00.

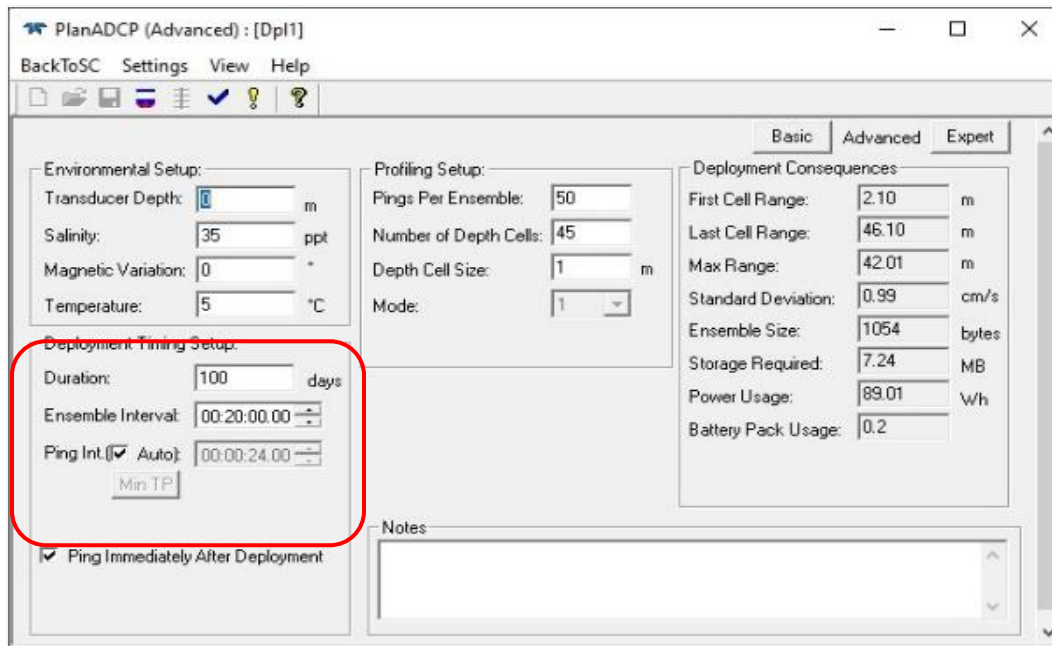


Figura 3. Configuración de la cantidad de días del despliegue.
(Tomado de: Teledyne, 2009).

3.3. Metodología de campo

3.3.1. Montaje del instrumento.

Los montajes para mediciones pueden variar desde simples marcos para fondeo con material de Policloruro de Vinilo (PVC) (Figura 4), hasta soportes resistentes a las redes de arrastre. Sobre las plataformas se pueden diseñar complejas estructuras (p. ej. en los cascos de los buques), que van desde las más sencillas y directas al casco (Figura 5), hasta aquellas con cajas, domos y góndolas.



Figura 4. Montaje tipo trípode (izq.) para fondeo y para mediciones desde superficie o a media agua (der.).



Figura 5. Góndola para diferentes equipos acústicos instalados en el casco del buque ARC “Providencia” en 2014, entre ellos un ADCP (izq.) y domo para ecosonda multihaz (der.).

En el uso de diferentes montajes se deben considerar problemas que pueden causar reducción en el rango, datos sesgados, incrustaciones y otras consideraciones relacionadas con el rendimiento, como se describen a continuación.

- Ringing. El ADCP transmite un pulso acústico al agua. El lóbulo principal de este pulso rebota en las partículas del agua y las señales devueltas por estas partículas se utilizan para calcular la velocidad del agua. El pulso transmitido, sin embargo, se compone de muchos lóbulos laterales fuera del lóbulo principal. Estos lóbulos laterales entrarán en contacto con el metal del propio haz del transductor y otros elementos en el agua. La energía de los lóbulos laterales excitará el metal del transductor y cualquier cosa atornillada al transductor. Esto hace que el transductor y cualquier cosa conectada a él, vibre en la frecuencia de transmisión del sistema. A esto se le conoce como *ringing* o timbrado.

Si el ADCP está en su modo de recepción mientras el transductor está timbrando, entonces recibirá tanto las señales de retorno del agua, como el *ringing*. Ambas señales luego son procesadas por el ADCP. El timbre causa un sesgo (*bias*) en los datos de velocidad.

Todos los ADCP “timbran” durante algún tiempo. Por lo tanto, cada ADCP requiere un período de supresión (tiempo sin procesamiento de datos) para evitar procesar la energía del timbre. Cada frecuencia tiene una duración de timbre típica y diferente.

El período típico de timbre para cada frecuencia ADCP es el siguiente (expresado como distancia frente al transductor): 75 kHz es 8 m, 300 kHz ADCP es 2 m, 600 kHz ADCP es 1.0 m, y el ADCP de 1200 kHz es de 0.5 m. Estos valores de timbre típicos se recomiendan como configuración mínima para todos los ADCP.

Cabe señalar que, en algunos despliegues los efectos del timbre durarán más tiempo que los valores recomendados anteriormente. Por ejemplo, los efectos de timbre durarán más si la señal de transmisión queda atrapada dentro del hueco del transductor (cuando este existe). En este sentido, el *ringing* tiende a ser un problema más serio en buques que en otras aplicaciones.

- Orientación. Se recomienda que se monte el cabezal del transductor con el haz 3 girado en un ángulo de 45° relativo a la plataforma (embarcación). Esto hace que la magnitud de la señal en cada haz sea aproximadamente la misma; además, mejora el rechazo de errores, reduce el efecto de *ringing* y aumenta el rango de velocidad efectiva del ADCP en un factor de 1.4. Si alinea el haz 3 en un ángulo distinto de cero, debe anular este *offset* (consulte el manual técnico del ADCP Workhorse Sentinel).

Utilice el cabeceo y balanceo de referencia de la plataforma para montar el cabezal del transductor tan nivelado como sea posible. Si el cabezal no está nivelado, el mapeo de la celda de profundidad (*bin*) será incorrecto. Grandes desalineaciones pueden causar grandes errores de medición de velocidad. Si no puede nivelar mecánicamente la cabeza del transductor, ingrese valores de compensación para balanceo y cabeceo (consulte el manual técnico del ADCP Workhorse Sentinel).

- Flujo de ruido. El agua que fluye sobre las caras del transductor aumenta el nivel de ruido acústico, lo que disminuye el rango de perfiles del ADCP. Puede reducir el flujo a través de las caras del transductor con una caja de mar, estructura hidrodinámica o ventana acústica. El tipo de montaje (domo, góndola) tiene un impacto positivo importante en este aspecto.
- Aislamiento acústico. Trate de minimizar el acoplamiento acústico entre el cabezal del transductor y el buque. Sin un aislamiento acústico adecuado, la salida del transductor timbrará en toda la plataforma y se retroalimentará en los circuitos de recepción del ADCP.

El timbrado causa errores de sesgo en las velocidades de la trayectoria del agua y da como resultado la pérdida de datos en las celdas de profundidad más cercanas (*bin*).

- Burbujas de aire. Diseñe su montaje para minimizar el volumen de burbujas de aire en el camino de los haces acústicos. Las burbujas de aire atenúan (debilitan) la intensidad de la señal y reducen el rango de perfiles ADCP. Los buques con gran calado o que no tienen un fondo plano, tienen menos problemas con las burbujas. Las formas de reducir el flujo de burbujas varían según las características de la plataforma, pero hay dos opciones disponibles: monte el transductor debajo o lejos de la capa de burbujas y el tipo de montaje (domo, góndola) tiene un impacto positivo importante.
- Fairing. Es una estructura que produce un contorno suave y reduce el arrastre o resistencia al agua. Esta estructura también desvía los objetos flotantes lejos del transductor. Tiene forma de lágrima, inclinado de tal manera que el borde de ataque (más cerca de la proa) es más alto que el borde de atrás y se extiende debajo del casco (típicamente 12 pulgadas), con el propósito de desviar las burbujas de aire lejos de las caras del transductor.
- Corrosión. El ADCP está fabricado en plástico y utiliza pernos de titanio. La placa adaptadora (si se usa) puede ser de bronce naval, aluminio u otros materiales. Aunque el plástico del ADCP no se corroe, los pernos y la placa adaptadora sí. Nunca coloque ánodos directamente en el cabezal del transductor. La protección estándar del ánodo utilizada para el buque debería instalarse fuera del hueco del cabezal del transductor. El montaje de protección catódica estándar del buque debe proteger las partes del instrumento que pueden corroerse. Sin embargo, se deben planificar inspecciones periódicas del montaje y de la placa en busca de signos de corrosión.

3.3.2. Preparación para el despliegue.

A continuación, se describen buenas prácticas para tener en cuenta en una salida de campo en la cual se realizarán mediciones de corrientes desde una plataforma de superficie (es decir, sin movimiento) o para el fondeo del instrumento:

- Lea las guías de usuario del instrumento y del software. Estas guías tienen tutoriales que le ayudarán a aprender a usarlo y configure el instrumento de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Verifique que el instrumento cuente con todos los accesorios que necesita.
- Asegúrese de que las baterías estén completamente cargadas, es decir, la batería de la computadora, la batería del instrumento y las baterías de repuesto. Las baterías deben ser reemplazadas cuando el voltaje cae por debajo de 30 VDC. Siga las indicaciones del fabricante para reemplazarlas.
- Examine la corrosión del conjunto de tuercas, pernos y arandelas, y reemplácelos si es necesario.
- Revise el historial del instrumento para asegurarse de que el mantenimiento, la calibración y el firmware están actualizados (Tabla 3). El instrumento debe utilizar la última versión aprobada de firmware. Debe mantenerse archivada y actualizarse periódicamente una copia electrónica, mientras que una copia impresa debe almacenarse con el instrumento.

Tabla 3. Ejemplo de un formato de historial instrumental.

Historia instrumental ADCP			
No. Serie	3565	Modelo:	XXXX
Frecuencia	1200 KHz	Fecha de adquisición	10/08/2010
Fecha	Descripción		
10/12/2011	Se envió al fabricante para calibración.		
10/11/2012	Se efectuó el mantenimiento general consistente en ...		

- Compruebe que el instrumento no esté visiblemente dañado, agrietado, astillado, etc. Esto es particularmente importante para las caras del transductor ADCP.
- Verifique que funciona la comunicación física entre su computadora y el ADCP; para ello, siga las instrucciones del fabricante (Figura 6).

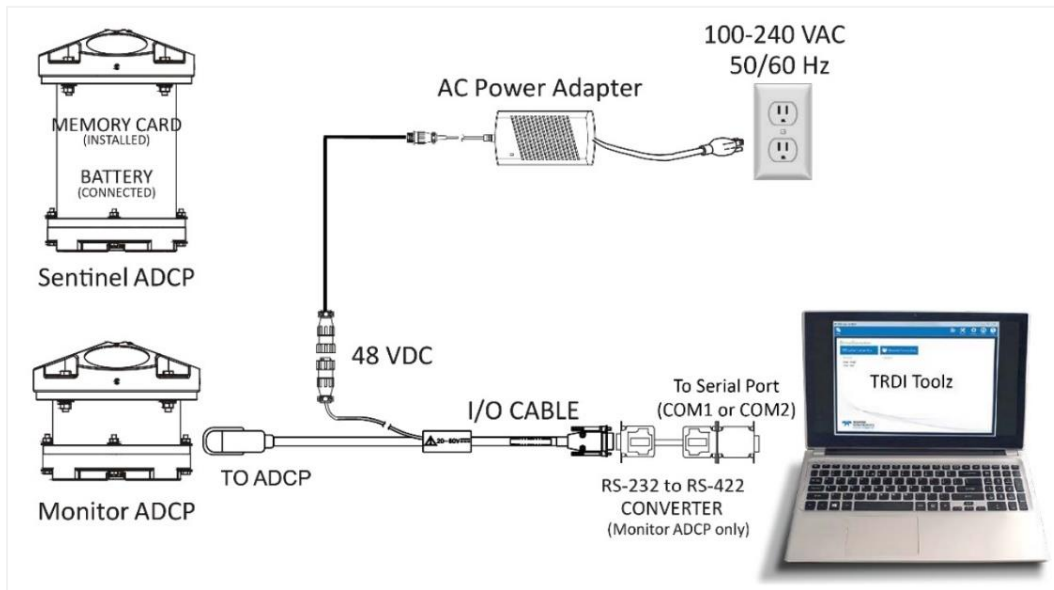


Figura 6. Diagrama de conexión ADCP WorkHorse Sentinel / PC (Tomado de Teledyne, 2018)

- Realice un chequeo predespliegue utilizando el software del instrumento. Para el caso del ADCP Sentinel se emplea la función `BackToSC` en la aplicación software PlanADCP. Para revisar la configuración del instrumento, actualizar y sincronizar el reloj (y fecha) del instrumento con el de la computadora; verificar el compás (Figura 7), correr pruebas de predespliegue, reiniciar el sensor de presión y borrar los datos de la memoria (si es requerido⁸).

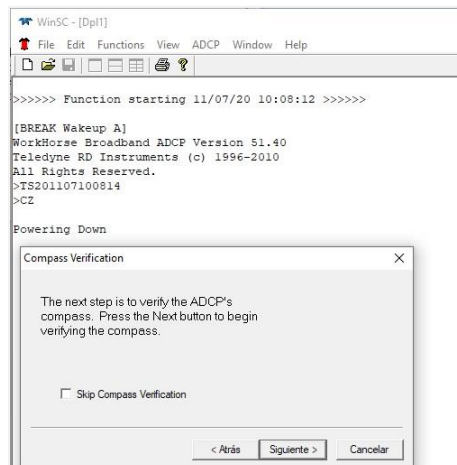


Figura 7. Verificación del compás en el ADCP WorkHorse Sentinel. (Tomado de Teledyne, 2018)

⁸ Una vez borrados los datos de la memoria, no será posible recuperarlos, por ello recuerde descargar los datos previamente.

- Calibre el compás si ha reemplazado las baterías (ya que cada nueva batería lleva una firma magnética diferente), el módulo de memoria o cuando se ubiquen metales ferrosos dentro o alrededor de la carcasa del instrumento. La verificación de la calibración del compás es una prueba integrada y automatizada del instrumento que mide qué tan bien está calibrada la brújula.

El procedimiento mide los parámetros de la brújula cada 5° de rotación, para una rotación completa de 360°. Una vez finalice la prueba con el software del instrumento, se calculará el error total, el cual debe ser menor de 5°. Para calibrar el compás ejecute los siguientes pasos:

- Alinee la brújula siempre que reemplace las baterías, reemplace el módulo de la grabadora o cuando se ubiquen metales ferrosos dentro o alrededor de la carcasa del instrumento.
- Coloque el instrumento sobre un trozo de cartón encima de una mesa de madera (no magnética). Si no dispone de una mesa de madera, coloque el instrumento en el suelo, lo más lejos posible de objetos metálicos.
- Utilice el cartón para rotar el instrumento durante la calibración, para evitar que este se raye.
- Ubique el instrumento en la misma orientación en la que lo desplegará; por ejemplo, si va a desplegarlo mirando hacia arriba, calíbrelo mirando arriba; si lo va a desplegar mirando hacia abajo, calíbrelo mirando hacia abajo. Si calibra la brújula en una dirección (p. ej. hacia arriba) pero lo despliega o lo pone a medir en la dirección opuesta (es decir, hacia abajo) la calibración de la brújula será inválida y pueden producirse errores de dirección superiores a 5°.
- Realice la calibración con el software del instrumento. Para el caso del ADCP Sentinel se emplea el software BBTalk, iniciando el sistema (*wake up*), enviando el comando *Break* y realizando tres rotaciones, así:
 - i. La primera, inclinando el WorkHorse mirando hacia arriba con un bloque (objeto) debajo y a un lado de la tapa (Figura 8). Un bloque de 35 mm le dará una inclinación de 11°. Consulte las instrucciones en pantalla para ver si la orientación es correcta.

Ajuste según sea necesario. Cuando se le solicite, gire el ADCP lentamente 360° (aproximadamente 5° por segundo).

- ii. La segunda rotación requiere que el instrumento se incline 15° en otra dirección que no sea la primera rotación. Siga las instrucciones en pantalla para orientar el ADCP correctamente. Cuando se le solicite, gírelo lentamente 360° (aproximadamente 5° por segundo).
 - iii. La tercera rotación requiere que el instrumento se incline 15° en otra dirección que no sea la primera y ni la segunda rotación. Siga las instrucciones en pantalla para orientar el ADCP correctamente.
- Si el procedimiento de calibración es exitoso, se guarda la nueva matriz de calibración; en caso contrario, devuelva el ADCP a la calibración original de fábrica, usando el comando AR (para el caso de ADCP Sentinel). En algunas circunstancias, una matriz de calibración defectuosa puede impedir una calibración adecuada de la brújula.

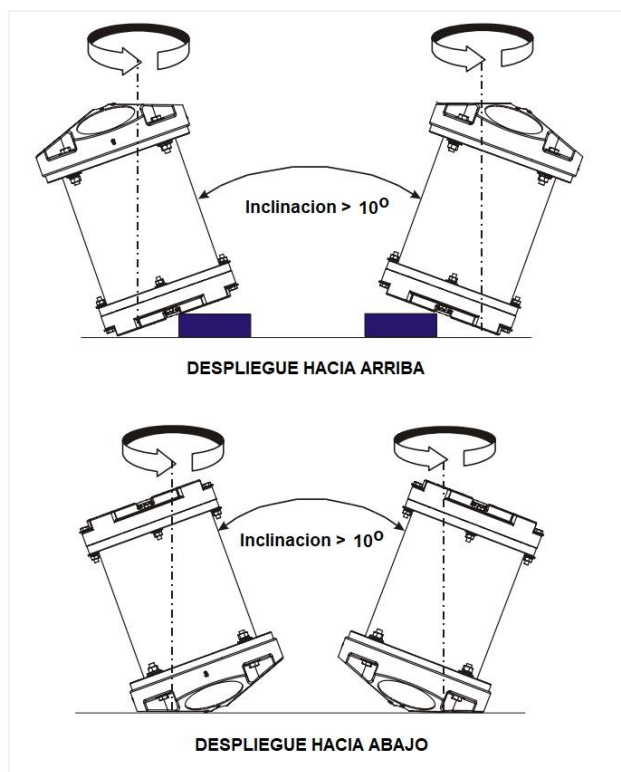


Figura 8. Posición e indicaciones para la calibración del compás del ADCP Workhorse Sentinel. (Adaptado de: Teledyne, 2007a).

3.3.3. Despliegue.

- Conecte la batería y selle el instrumento antes del despliegue.
- Evite el uso de materiales ferromagnéticos en los accesorios de montaje o cerca del instrumento, ya que estos materiales afectan la brújula.
- También debe realizar la calibración del compás en el lugar donde se vayan a efectuar las mediciones, siguiendo las instrucciones dadas en el numeral 3.3.2 Preparación para el despliegue.
- Se recomienda no calibrar el instrumento mientras esté a bordo de la plataforma, ya que el movimiento de la embarcación, los campos magnéticos del casco y el motor probablemente evitarán una calibración exitosa.
- Si cree que su dispositivo de montaje o marco tiene algún campo magnético, calibre el instrumento en el interior de este accesorio. Dependiendo de la fuerza y complejidad del campo del dispositivo, el procedimiento de calibración puede corregirlo.
- El adaptador de alimentación de AC podría no estar diseñado para soportar el agua, por lo que tenga precaución al manipular el instrumento sobre cubierta y en condiciones húmedas.
- En el numeral 3.2.2 Planeación para el despliegue, se explicó cómo configurar la hora para iniciar la transmisión de pulsos, a partir de la cual el instrumento iniciará la recolección de datos de acuerdo con los parámetros definidos. De acuerdo con esto el instrumento estaría listo para su despliegue.

3.4. Extracción (descarga) y visualización de datos

La recuperación o descarga de archivos de datos medidos en campo se realiza con el software del instrumento. Para el caso particular del ADCP Workhorse Sentinel se recomienda utilizar la aplicación WinSC, que cuenta con los comandos que facilitan este procedimiento para recuperar los datos de la memoria del instrumento, para lo cual requerirá:

- Conectar a la computadora y encender el ADCP.

- Iniciar WinSC y seleccionar Recover Data from an ADCP's Recorder > Recover Recorder Data.
- Seleccionar el directorio en el cual guardará el archivo de datos.
- Inmediatamente iniciará la descarga de todos los datos de la memoria del instrumento a la computadora (Figura 9).

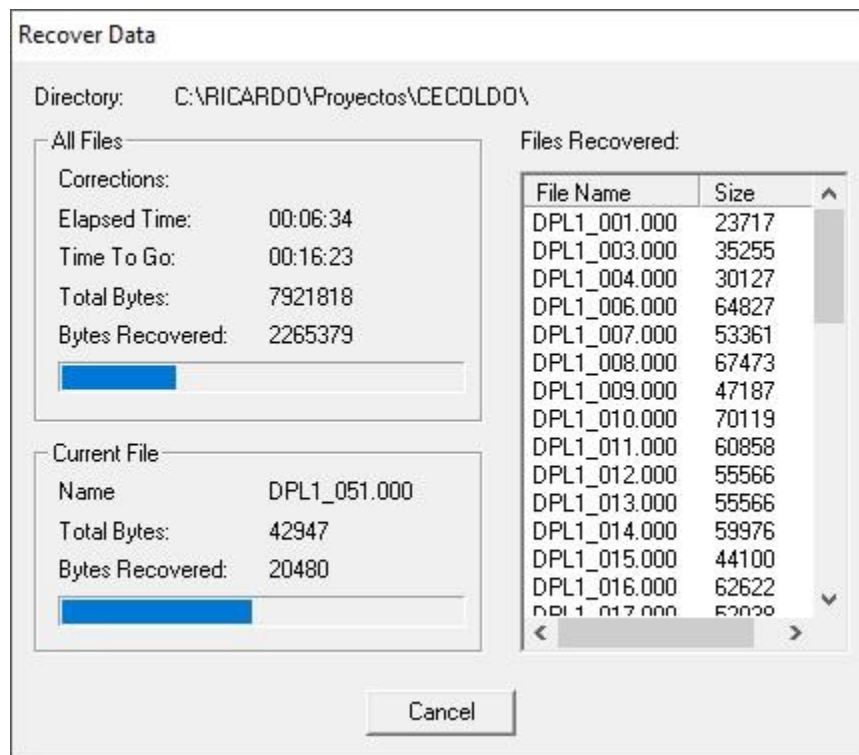


Figura 9. Aspecto de la recuperación de datos del ADCP Workhorse Sentinel.

Para la visualización de los datos obtenidos con el ADCP Workhorse Sentinel, se recomienda el software WinADCP; sin embargo, existen subrutinas para manejo y visualización de datos de ADCP empleando Matlab que pueden ser descargadas en internet. WinADCP es compatible con los formatos de datos de salida binarios de banda estrecha y ancha; en general le da al usuario una idea visual de todo el conjunto de datos y permite ampliar un segmento de los datos para realizar un análisis más detallado.

A continuación, se presentan las opciones básicas para la visualización de datos con WinADCP; para información detallada se recomienda revisar el manual "WinADCP User's Guide":

- Una vez abierto el archivo de datos se despliegan en la pantalla los datos por defecto, así: en la parte superior izquierda se muestran metadatos del archivo de datos; en la superior derecha se despliega una figura con los registros de los perfiles de corrientes durante todo el tiempo de registro (en este caso se muestra un registro de 22 minutos); dando clic en la pestaña indicada con un círculo negro puede acercar (zoom) el tiempo en la gráfica, cuyo detalle se mostrará en la ventana inferior derecha (recuadro en rojo; para el ejemplo, equivale a hacer un acercamiento de 3 minutos aproximadamente). Finalmente, en la parte inferior izquierda se mostrará el perfil vertical de corrientes (línea roja) y dirección (línea azul) (Figura 10).

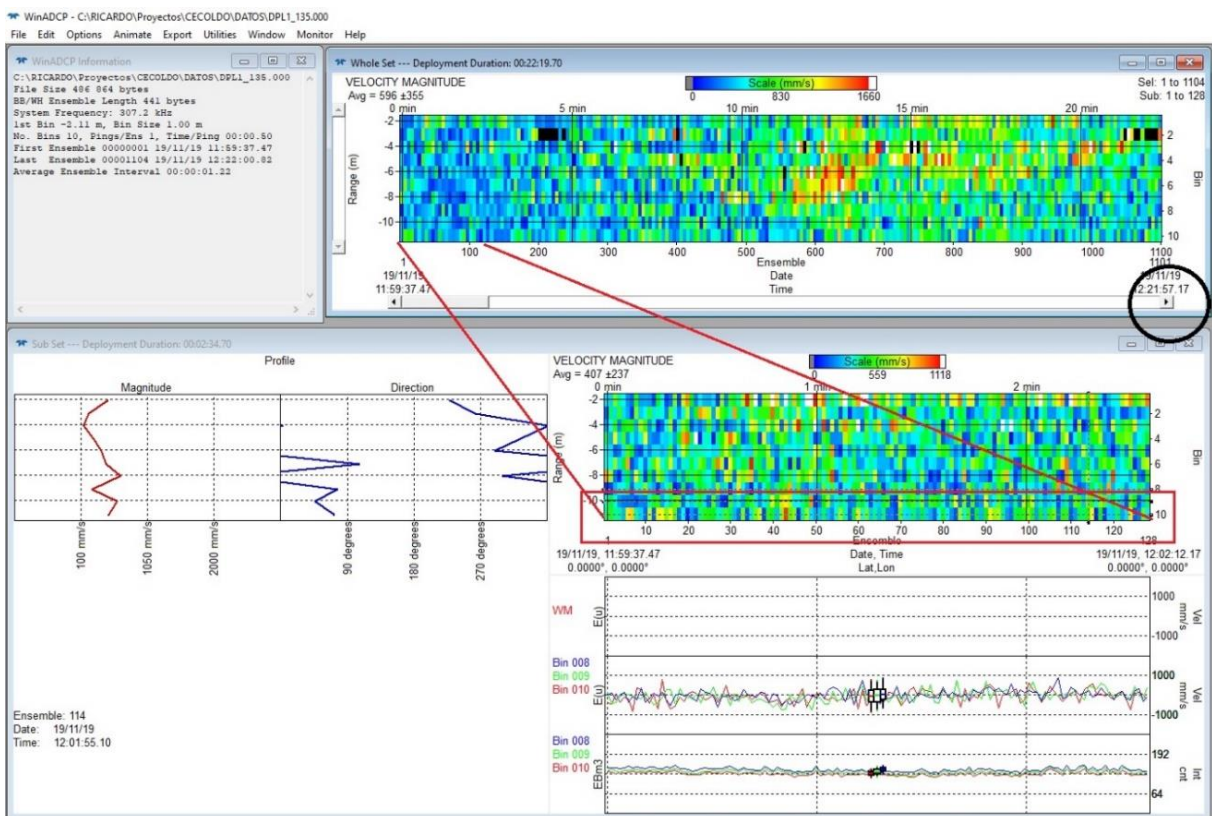


Figura 10. Visualización de datos con WinADCP del ADCP Workhorse Sentinel.

- Para finalizar, exporte los datos y obtenga un archivo en un formato común de intercambio (p. ej., .TXT o .MAT) usando el menú `Export` (círculo rojo) y seleccionando las variables a extraer (Figura 11).

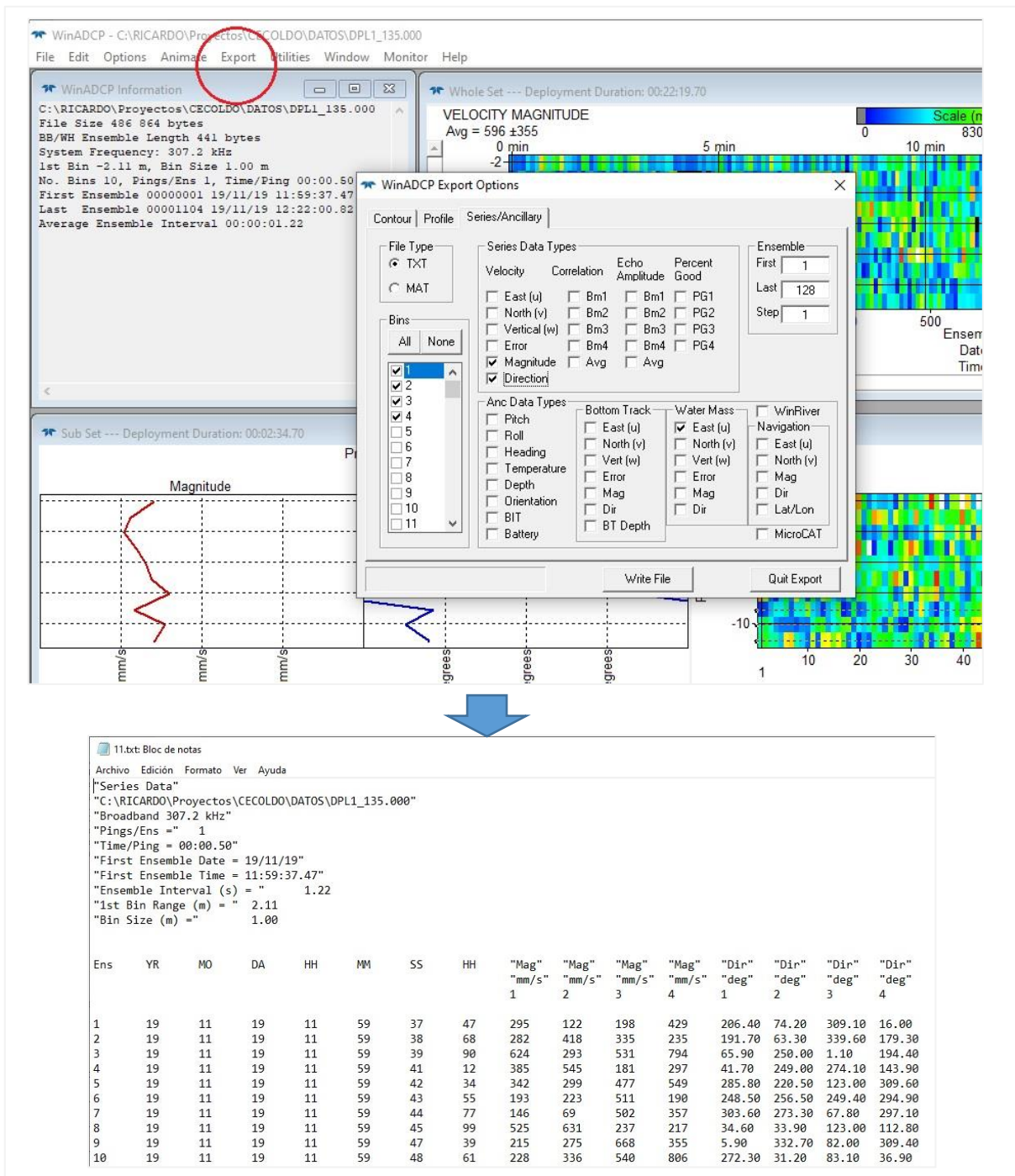


Figura 11. Funcionalidad para exportar datos con WinADCP del ADCP Workhorse Sentinel.

3.5. Mantenimiento y conservación

Rara vez se necesita acceso a la electrónica dentro del cabezal del transductor; sin embargo, vale la pena mencionar porque puede verse afectado bajo ciertas circunstancias. Es el caso de los instrumentos desplegados dentro de los 100 m desde la superficie del agua, los cuales están sujetos a la acumulación de vida marina orgánica, es decir a bioincrustación. Los organismos de cuerpo blando, generalmente, no causan problemas, pero el caracolejo puede atravesar el transductor de uretano, causando falla del transductor y fugas en el ADCP.

La forma más conocida para controlar la contaminación biológica es limpiando a menudo las caras de transductor; sin embargo, en muchos casos esto no es posible. Otras alternativas incluyen el uso de una ventana o algún tipo de protección antiincrustante.

Existe evidencia de que se ha tenido éxito al aplicar una capa fina (≈ 4 mm; ≈ 0.16 pulg.) de una mezcla 50:50 de chile picante en polvo y vaselina o chile en polvo y grasa de silicona en las caras del transductor. El chile en polvo debe ser el más picante que se puede encontrar. El agua que fluye a través de los transductores lavará esta mezcla con el tiempo. La mezcla de silicona tiende a durar más.

Algunas organizaciones pueden optar por utilizar grasa antiincrustante, sin embargo, la mayoría de estas son tóxicas y pueden causar problemas. Pruebas recientes sugieren que la grasa antiincrustante puede provocar grietas en el uretano de las caras del transductor (las temperaturas más cálidas aceleran este efecto).

Adicionalmente, asegúrese de que el *O-ring* del conjunto de la carcasa permanezca en la ranura al volver a montar el equipo; apriete los tornillos como lo especifica el manual del instrumento. Tornillos flojos faltantes, así como *O-rings* dañados, puede hacer que se inunde el equipo.

Coloque una pequeña cantidad de lubricante DC-111 (compuesto Dimetil Silicona) en las clavijas del conector (solo parte de caucho); esto facilitará la conexión o desconexión del cable de E/S y el conector falso.

En cuanto a la conservación del ADCP, tenga en cuenta las siguientes recomendaciones cada vez que vaya a manipular, usar o desplegar este instrumento:

- Nunca coloque el transductor sobre una superficie dura o rugosa, ya que las caras de uretano pueden dañarse.

- Quite siempre la correa de sujeción del cable de conexión submarina y el tapón falso cuando los desconecte; de no hacerlo romperá la correa de retención.
- No aplique ninguna fuerza hacia arriba en el conector de la tapa del extremo, mientras se esté desconectando el cable de E/S; hacer esto puede hacer que el ADCP se inunde.
- No exponga las caras del transductor a la luz solar prolongada. Se pueden generar grietas en las caras de uretano. Cubra las caras del transductor si este se va a exponer a la luz solar.
- No exponga el conector de E/S a la luz solar prolongada porque el plástico puede volverse quebradizo. Cubra el conector del ADCP si se va a exponer la luz solar.
- No almacene el ADCP a temperaturas superiores a 60°C; las caras de uretano pueden dañarse.
- Guarde las baterías en un lugar fresco y seco (0 a 21°C). Si las baterías están instaladas en el ADCP, no almacene el instrumento en temperaturas superiores a 21°C.
- No almacene las baterías dentro del ADCP durante períodos prolongados ya que las baterías pueden tener fugas. Utilice las pilas por un año. Las baterías almacenadas por más de 12 meses nunca se deben usar.
- Ventile el sistema antes de abrir, aflojando los tornillos en la carcasa. Si el ADCP se inundó o tuvo filtraciones, es posible que haya gas a presión dentro de la carcasa.
- No raye ni dañe las superficies o ranuras de los *O-rings*. Si existen rayones o daños se pierde la estanqueidad y se proporciona una ruta de acceso de agua al ADCP. No arriesgue la salida de campo con *O-rings* defectuosos.
- No levante ni sujete el instrumento por el cable de E/S externo, ya que el conector o el cable se romperá.

3.6. Fallas comunes

El primer paso en la solución de problemas con el instrumento es determinar qué tipo de falla está ocurriendo. En la Tabla 4 se describen las fallas más comunes en el ADCP Workhorse Sentinel. Para más información remítase al capítulo 5 del WorkHorse Monitor Sentinel. Technical Manual.

Tabla 4. Fallas comunes en el ADCP Workhorse Sentinel.
(Traducido y adaptado de Teledyne, 2007b).

Tipo de error	Descripción	Causas y recomendaciones
<p><u>Fallas en la comunicación</u></p> <p>Puede ser el problema más difícil de resolver, ya que la causa podría estar en cualquier parte del sistema. Las señales pueden indicar que el sistema no responda, por ejemplo, mostrando un texto confuso.</p>	<p>Enviar una pausa (<i>break</i>) hace que aparezca un texto "basura" en la pantalla y puede que este texto siga desplazándose.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compruebe que el ADCP esté usando el mismo puerto con el que se está comunicando con la computadora (RS-232 o RS-422). ▪ Si el ADCP emite un sonido "bip" y el texto "basura" no sigue desplazándose, compruebe que tanto el ADCP y como la computadora estén usando la misma velocidad en baudios⁹. ▪ Si el ADCP emite un sonido "bip" constante cuando se le aplica energía, y aparece un mensaje en la pantalla con los símbolos ">" y "X", y envía pausas adicionales, puede indicar que se ha perdido el código

⁹ El baudio (en inglés *baud*) es una unidad de medida utilizada en telecomunicaciones, que representa el número de símbolos por segundo en un medio de transmisión digital. Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Baudio>

Tipo de error	Descripción	Causas y recomendaciones
		<p>de arranque. Esto puede ocurrir si aborta mientras descarga un nuevo firmware. Trate de solucionarlo descargando el firmware nuevamente.</p>
	<p>Enviar una pausa (<i>break</i>) y no se visualiza el mensaje de activación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conecte el ADCP a una computadora como se indique en el manual de usuario del instrumento y verifique que todas las conexiones de los cables estén firmes. ▪ Responda a las siguientes preguntas: ¿la computadora está conectada correctamente al instrumento y a la fuente de poder?, ¿funciona el adaptador de alimentación de corriente del ADCP?, ¿el voltaje de entrada del adaptador de corriente está entre 100 y 240 VCA? ¿El nivel de salida es de 48 VCC? ▪ Si el ADCP funciona con una batería, verifique que el voltaje de la batería esté por encima de 30 VCC. Los ADCP funcionarán a 20 VCC con al menos 400 miliamperios. Los paquetes de baterías de litio y alcalinas con voltajes por debajo de 30 VCC están al final de su vida útil o cerca de ella.

Tipo de error	Descripción	Causas y recomendaciones
		<ul style="list-style-type: none"> Asegúrese de que las aplicaciones software del ADCP estén configurados para usar el puerto de comunicación al que está conectado el cable serial en la computadora.

Fallas en las pruebas de diagnóstico

Las fallas de prueba incorporadas aparecerán cuando se ejecuten los diagnósticos del sistema con el software propio del instrumento.

Las pruebas de diagnóstico integradas verifican los principales módulos del ADCP y señalan el camino a seguir.

Revise y si es necesario remplace:

- Tarjetas, incluidas la placa PIO, la placa CPU y la placa DSP. Estas tarjetas se sujetan junto con el conjunto de tornillos M4 estándar y se mantienen guardadas dentro de una bolsa protectora antiestática.
- El disco que contiene la tabla de matriz de haz original.

Fallas en el haz

Un fallo en el haz puede identificarse al recopilar datos o durante las pruebas de rendimiento interactivo del usuario.

Si falla la prueba de continuidad del haz realizada durante el proceso de predespliegue, puede estar causado por una falla en algunas de las tarjetas del ADCP.

Si el reemplazo de la tarjeta DSP, la tarjeta receptora o en la tarjeta PIO no soluciona el problema, el ADCP debe enviarse a reparación.

Tipo de error	Descripción	Causas y recomendaciones
		<pre> >PC1 BEAM CONTINUITY TEST When prompted to do so, vigorously rub the sel beam's face. If a beam does not PASS the test, send any cha the ADCP to automatically select the next beam Collecting Statistical Data... 41 46 45 43 41 46 45 43 41 46 45 Rub Beam 1 = PASS Rub Beam 2 = PASS Rub Beam 3 = PASS Rub Beam 4 = PASS > </pre> <p>NOTE - Possible cause of DSP Board Receiver Board PIO Board Beam</p>

Fallas del sensor

Se pueden identificar fallas del sensor al recopilar datos o durante las pruebas de rendimiento interactivas con el usuario. El sensor puede enviar datos incorrectos o no ser identificado por el sistema.

El sensor de temperatura está montado en la tarjeta del receptor. Este sensor está incrustado en el cabezal del transductor y se utiliza para la lectura de la temperatura del agua. El sensor de temperatura se encuentra en la tarjeta PIO debajo de la brújula. El ADCP usará la temperatura si falla el sensor de temperatura ambiente.

Si uno de los sensores de temperatura falla, la prueba realizada con el software del sistema mostrará ambos sensores con el mismo valor. En el ADCP Sentinel estas pruebas se realizan en la etapa de predespliegue con el software WinSC.

```

>PC2
Press any key to quit sensor display ...

Heading   Pitch    Roll    Up/Down   Attitude
301.01°   -7.42°  -0.73°   Up        24.35°C
300.87°   -7.60°  -0.95°   Up        24.36°C
300.95°   -7.60°  -0.99°   Up        24.37°C
300.71°   -7.61°  -0.96°   Up        24.37°C
300.69°   -7.61°  -0.96°   Up        24.35°C
300.76°   -7.60°  -0.98°   Up        24.38°C
>

```

4. CONTROL DE CALIDAD DE DATOS

4.1. Generalidades

Una revisión bibliográfica de las pruebas de calidad (QT, por sus siglas en inglés) que están siendo aplicadas a nivel mundial permite establecer que, con el tiempo, diferentes instituciones se han basado principalmente en las recomendaciones del programa internacional IODE dadas en IOC (1993). Desde entonces, se han complementado teniendo en cuenta que las metodologías han tenido que adaptarse a nuevas tecnologías y a la transmisión de datos en tiempo real.

Posteriormente, y ante el creciente esquema de banderas de calidad que se venía implementando para diferentes disciplinas de datos del océano, el programa internacional IODE, en el marco de la iniciativa de estandarización de datos oceánicos, emitió recomendaciones para la aplicación de un esquema general de banderas de calidad para el intercambio de datos oceanográficos y marinos, dando lugar a los conceptos “control de calidad de segundo nivel”, en el cual se justifican las banderas de calidad, basándose en las QT o en el historial de procesamiento de los datos (IOC, 2013, p.4); y “control de calidad de nivel primario”, es decir, en el cual se definen únicamente los indicadores de calidad de los datos (IOC, 2013, p.3).

La aplicación de las pruebas de calidad descritas en el presente manual corresponde a un control de calidad de nivel primario y a una aproximación al control de calidad de segundo nivel, que conduce a la asignación de banderas de calidad recomendadas por el programa internacional IODE en IOC (2013, p.3) y en la escala de colores propuesta por IOOS (2019, p.13) (Tabla 5). Sin embargo, se invita a la aplicación de pruebas adicionales relacionadas con un sensor, un método o con una aplicación específica de los datos, en cuyos casos es complejo llevarlo a un estándar.

Tabla 5. Banderas de calidad IODE.
(Traducido de: IOC, 2013 p.3).

Código QF	Nombre corto	Definición
1	Bueno	Pasó las pruebas de control de calidad requeridas y documentadas.
2	No evaluada, no disponible o desconocida	Se utiliza cuando no se ha ejecutado una prueba de calidad o la calidad de los datos no está disponible.
3	Cuestionable o sospechoso	Falló una o varias pruebas subjetivas o métricas no-críticas documentadas.
4	Malo	Falló una o varias pruebas críticas o fundamentales documentadas.
9	Dato ausente	Usada para indicar que faltan datos.

Al finalizar la ejecución de cada QT se incorporará una de las banderas de calidad IODE a cada dato evaluado; para ello, en la matriz de datos se debe agregar un campo al costado derecho de cada parámetro con el encabezado QF [IODE¹⁰], en el cual se indicarán las banderas correspondientes (Figura 12).

Fecha[aaaa-mm-ddUT-5]	QF(P1)	Hora[hh:mm:ssUT-5]	QF(P1)	Latitud[deg]	Longitud[deg]	...
ADATAA01	FLAGIODE	AHMSSP01	FLAGIODE	ALATGP01	ALONGP01	...
...	QF(P2)	QF(P3)	Estacion [#]	PROF[m]	V(uv)[m/s]	...
...	FLAGIODE	FLAGIODE	ACYCAA01	ADEPZZ01	LCSAAP01	...
...	QF(P4)	QF(P5)	QF(P6)	u[m/s]	QF(P4)	...
...	FLAGIODE	FLAGIODE	FLAGIODE	LCEWAP01	FLAGIODE	...
...	QF(P8)	v[m/s]	DIR[deg]	QF(P4)	QF(P7)	...
...	FLAGIODE	LCNSAP01	LCDAAP01	FLAGIODE	FLAGIODE	...

Figura 12. Encabezado de la matriz de datos para la asignación de banderas de calidad.

¹⁰ La codificación de parámetros aplicada en los encabezados de las plantillas de datos del Cecoldo proviene del Diccionario de Parámetros del Centro Nacional de Datos Británico (BODC, por sus siglas en inglés).

Lo anterior no limita la aplicación de banderas de calidad intermedias (Castañeda, Bernal, Ortiz, Gutiérrez y Marriaga, 2023) a lo largo de todo el flujo de trabajo ni la aplicación de otro tipo de banderas de calidad, siempre y cuando al final se llegue al esquema general del IODE para facilitar la comprensión del usuario. Además, durante todo el proceso se debe tener en cuenta que:

- La calidad "Buena" (QF 1) se considera el indicador más alto en comparación con "No evaluada" (QF 2), ya que una vez que se ha realizado el control de calidad, esta última podría resultar en calidad buena, mala o cuestionable.
- La calidad "No evaluada" (QF 2) podría considerarse cuando la prueba no es concluyente entre "Bueno" (QF 1) y "Cuestionable" (QF 3).
- Una vez ejecutadas todas las pruebas, se asigna una única bandera de calidad que está dada por la QF de menor calidad.

4.2. Pruebas de calidad

Para la elección de las pruebas de calidad se identificaron las QT comúnmente aplicadas por la Unión Europea (en su conjunto), el Sistema Integrado de Observación de los Océanos (IOOS, por sus siglas en inglés) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) o por los Estados miembros de la COI, en el marco de las *Ocean Best Practices* del IODE, así como una descripción de las limitaciones que se tienen en la actualidad para su implementación en Colombia (Tabla 6). Una vez sean superadas estas limitaciones, las QT podrían ser analizados posteriormente e incluidos dentro del esquema de calidad de datos recomendado por el Cecoldo.

Tabla 6. Pruebas de calidad identificadas para los datos de corrientes de ADCP.

Pruebas de calidad	Fuente	Limitaciones para su implementación en el presente manual
Fecha/hora imposible	Sun, 2015	Ninguna
Ubicación geográfica imposible	Sun, 2015	Ninguna
Valor globalmente imposible	Sun, 2015 Johnson <i>et al.</i> , 2013	Ninguna

Pruebas de calidad	Fuente	Limitaciones para su implementación en el presente manual
Buen porcentaje (es decir, porcentaje que pasó los umbrales definidos)	IOOS, 2019	Ninguna
Posición en tierra	Sun, 2015	Ninguna
Prueba de desviación estándar de climatología mensual	Johnson <i>et al.</i> , 2013	En la actualidad no existe un estudio de la climatología de la corriente superficial y/o subsuperficial para puntos específicos del Caribe y Pacífico colombianos. Por otra parte, documentos más recientes (IOOS, 2019 y Sun, 2015) no incluyen esta prueba.
Control de picos excesivos	Sun, 2015 Johnson <i>et al.</i> , 2013 IOOS, 2019	Ninguna
Desviación sesgo excesivo en comparación con un conjunto de datos de referencia	Johnson <i>et al.</i> , 2013	En la actualidad no existen estudios regionales que permitan consultar un conjunto de datos de referencia para el caso de corrientes.
Incertidumbre excesiva de los datos	Johnson <i>et al.</i> , 2013	La aplicación de esta prueba requiere del diseño de una metodología específica para datos de corrientes, además de un estudio estadístico, lo que a la fecha no es posible, ya que no se tienen registros continuos y significativos para el área de estudio.
Relación X / Y inesperada	Johnson <i>et al.</i> , 2013	Este tipo de prueba aplica para propiedades químicas, en el caso de la relación con curvas TS (temperatura/salinidad) o para la relación entre Hs/T (Altura / Periodo) para el oleaje. En el caso de corrientes no se ha desarrollado una metodología de este tipo.

Pruebas de calidad	Fuente	Limitaciones para su implementación en el presente manual
Gradiente espacial excesivo	Johnson <i>et al.</i> , 2013 IOOS, 2019	La prueba es aplicable en la medida que se tengan observaciones en una malla regular (solución de modelos). No aplica para el caso de corrientes medidas en un único punto.
Por encima o por debajo del límite de detección del sensor	Johnson <i>et al.</i> , 2013	Ninguna, pero es dependiente de los diferentes instrumentos, por lo que no es aplicable en esta generalidad.
Valor interpolado (no medido)	Johnson <i>et al.</i> , 2013	Aplica en la medida en que esta información haga parte del metadato.
Valor de compensación corregido relativo a un dato de referencia	Johnson <i>et al.</i> , 2013	Requiere de la construcción de una metodología que incluye el análisis de los datos de cada sensor de la red. Depende de la intercalibración periódica de sensores.
Velocidad constante de la corriente	Sun, 2015 IOOS, 2019	Ninguna
Dirección constante de la corriente	Sun, 2015 IOOS, 2019	Ninguna
Rata de cambio en el tiempo	Sun, 2015 IOOS, 2019	Ninguna. En el proceso se llamó prueba de variabilidad mínima requerida
Inspección visual o revisión de expertos	Sun, 2015 Johnson <i>et al.</i> , 2013	Ninguna

De acuerdo con las limitaciones de cada uno de las QT identificadas en la Tabla 6, en los siguientes apartados se describen las pruebas de calidad recomendadas por el Cecoldo para los datos de ADCP (Tabla 7).

Tabla 7. Pruebas de calidad acordadas para el manual del Cecoldo sobre calidad de datos de corrientes obtenidos con ADCP.

Id.	Prueba de calidad
1	Fecha/hora imposible
2	Posición geográfica imposible
3	Posición geográfica en tierra
4	Valor globalmente imposible y buen porcentaje
5	Control de picos excesivos
6	Velocidad constante de la corriente
7	Dirección constante de la corriente
8	Variabilidad mínima
9	Revisión de expertos

Cabe aclarar que se puede considerar que algunas de estas pruebas se realicen dentro del instrumento, donde los umbrales se definen en archivos de configuración; asimismo, que, aunque más pruebas implican un esfuerzo de control de calidad más sólido, hay muchas razones que pueden justificar no ejecutar todas ellas (adaptado de IOOS, 2019). Para estos últimos casos y teniendo en cuenta las limitaciones que se puedan presentar, solo será necesario documentar las pruebas que se acuerden aplicar a las observaciones.

4.2.1. Prueba 1: fecha y hora imposibles.

Prerrequisitos	Los datos deben estar bajo el estándar ISO 8601 en el formato de fecha AAAA-MM-DD y hora HH:MM:SS
Descripción	<p>Prueba si la fecha y hora de la observación son razonables, lo cual se hace evaluando cada componente de la variable por separado, así: año, mes, día, hora, minutos y segundos. Cada una de estas pruebas tiene la capacidad de inferir un valor correcto ejecutando las siguientes reglas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Compruebe si el año está en el pasado. Si no es así, el sistema marca el año como incorrecto (QF 4). 2) Compruebe si el mes tiene un valor entre 1 y 12 y si la fecha no es mayor que la actual. Si cualquiera de estas pruebas falla, se marca el mes como incorrecto (QF 4). 3) Si el día es un valor permitido para el mes y año dados (siempre y cuando el año o mes no se hayan marcado previamente como erróneos), y si el año, mes y día no son mayores que el actual. Si alguna de estas pruebas falla, se marca el día como incorrecto (QF 4). 4) Compruebe si la hora es un valor entre 0 y 23, y si el tiempo es mayor que el actual. Si alguna de estas pruebas falla se marca el día como incorrecto (QF 4). 5) Compruebe si los minutos tienen un valor entre 0 y 59, y si el tiempo es mayor que el actual. Si alguna de estas pruebas falla la bandera de calidad se coloca como incorrecta (QF 4). 6) La última parte comprueba si los segundos tienen un valor entre 0 y 59, y si el tiempo es mayor que el actual. Si alguna de estas pruebas falla la bandera de calidad se coloca como incorrecta (QF 4).

Condiciones para la asignación de QF	Si no pasa el conjunto de pruebas se asigna QF 4, y si pasa las pruebas se asigna QF 1.
Observaciones o excepciones	Ninguna
Diagrama de flujo	Figura 13

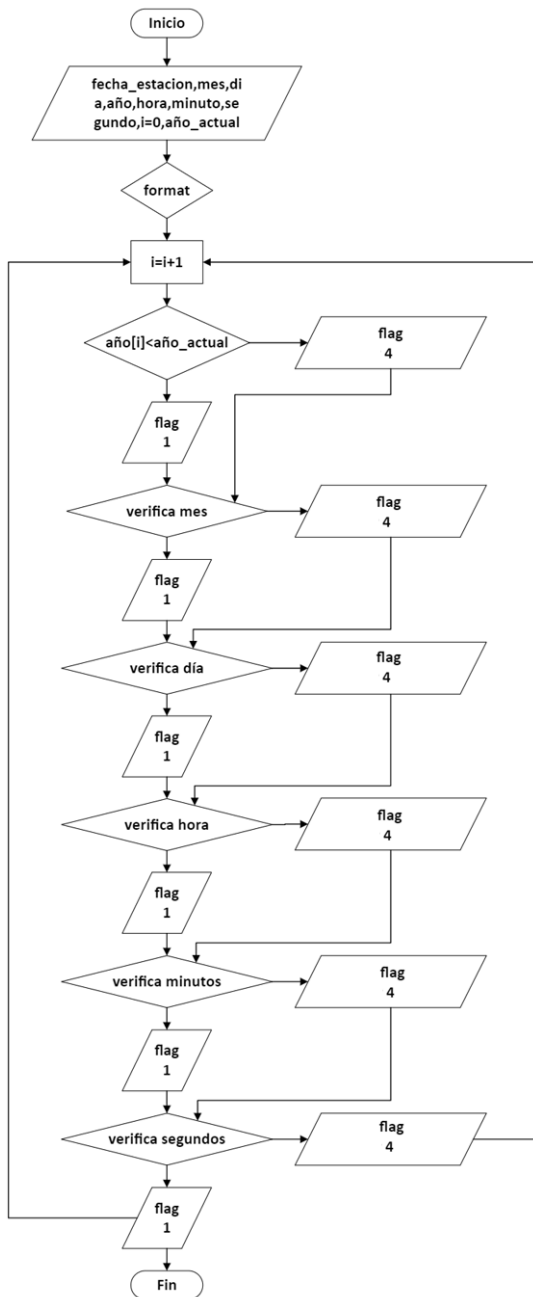


Figura 13. Diagrama de flujo de la QT “fecha y hora imposibles”.

4.2.2. Prueba 2: posición geográfica imposible.

Prerrequisitos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los datos de latitud y longitud deben estar bajo el estándar ISO 6709 en grados decimales con signo. ▪ Si los valores de longitud y latitud están expresados en un sistema de coordenadas geográficas diferente a WGS84, deben ser convertidos.
Descripción	<p>Esta prueba en general verifica que las variables geográficas asociadas a los datos oceanográficos (latitud y longitud) tengan valores posibles. Inicia verificando que la latitud esté entre -90° y 90°, mientras que la longitud debe estar entre los -180° y 180° norte.</p>
Condiciones para la asignación de QF	<p>Si no pasa el conjunto de pruebas asigna QF 4 y si pasa las pruebas se asigna QF 1.</p>
Observaciones o excepciones	<p>Para datos obtenidos en el territorio marítimo colombiano, además se prueba si las coordenadas geográficas están en el mar Caribe y/o en el Pacífico colombianos. Lo anterior se hace dividiendo la prueba en dos partes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Verifique si la latitud se encuentra entre -90° y 90°. Si está en el rango, pase inmediatamente a la segunda parte de la prueba. En caso contrario y como alternativa de evaluación, verifique si se conoce el identificador de la estación para que junto con la latitud, longitud, fecha y hora de la observación se proceda a hacer la validación. Si no se conoce el identificador el sistema marcará la latitud como errónea, se marca con la QF 4 y pasa a la siguiente prueba. 2) Verifique si la longitud se encuentra entre -180° y 180°. Después ejecute las mismas validaciones que para la latitud.
Diagrama de flujo	Figura 14

4.2.3. Prueba 3: posición geográfica en tierra.

Prerrequisitos	Archivo de datos con la batimetría oceánica.
	<p>Esta prueba verifica si la posición geográfica de la observación está en tierra o en agua. Se hace comparando cada una de las posiciones geográficas de los datos oceanográficos con un archivo de valores batimétricos previamente conocidos.</p> <p>La prueba comienza verificando si a la latitud o longitud de la estación se le asignó una bandera de calidad QF 4 (configurado como dato erróneo). Si es así, se termina la prueba; en caso contrario, la posición de la estación es cotejada con un archivo de batimetría oceánica para determinar si la posición de la observación está en tierra o no.</p>
Descripción	<p>Si la posición está en mar, se examina para determinar si hay una profundidad asociada a la estación y que la bandera de calidad no sea QF 4. Si no hay profundidad de la estación o si el valor está marcado como erróneo, el procesamiento termina y se pasa a la siguiente prueba. Si la profundidad de la estación está presente y no está marcado como dato erróneo, se compara con el archivo de batimetría en la posición geográfica de la estación. Si están de acuerdo dentro del 10 %, pasa a la siguiente prueba. Si no concuerdan el identificador, fecha, hora, posición, sondeo y profundidad del archivo de batimetría, y las banderas de calidad se muestran para la estación en consideración y otras estaciones en la vecindad para que el usuario intente inferir la profundidad correcta.</p>
Condiciones para la asignación de QF	<p>Si la bandera de calidad asignada previamente en el QT 2 es mala, asignará la misma bandera en esta prueba.</p> <p>Si se determina que la observación está en tierra, se examina el identificador para ver si se conoce. Si no, el sistema marca la posición como cuestionable. Si se acepta, se establecen que la bandera de calidad en la latitud y la</p>

	longitud sea "3" y el procesamiento pasa a la siguiente estación. Si el sistema marca la posición como cuestionable, la latitud y la longitud se marcan como erróneas y el procesamiento pasa a la siguiente prueba. Si no pasa el conjunto de pruebas se asigna QF 4, y si pasa las pruebas se asigna QF 1.
Observaciones o excepciones	Ninguna.
Diagrama de flujo	Figura 14

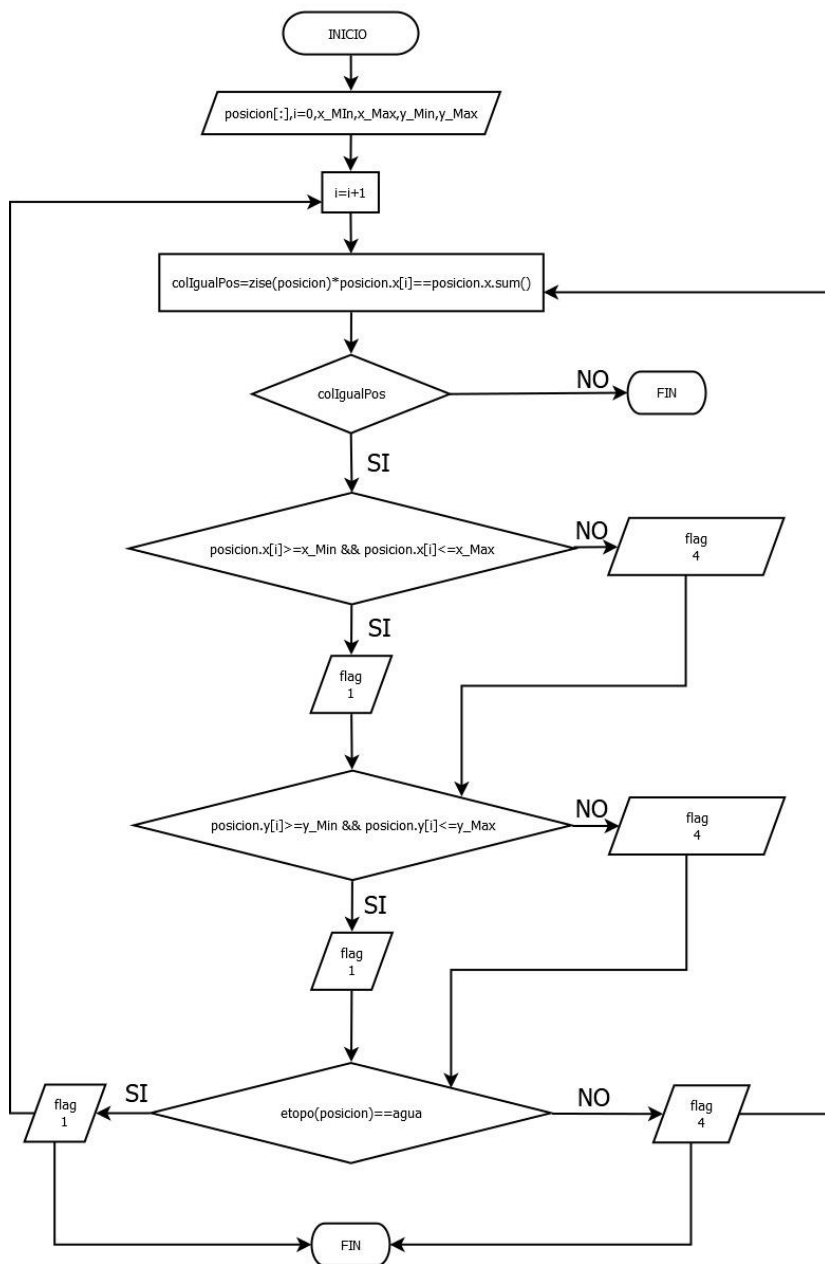


Figura 14. Diagrama de flujo de la QT “ubicación geográfica imposible” y QT “posición geográfica en tierra”.

4.2.4. Prueba 4: valor globalmente imposible y buen porcentaje.

Prerrequisitos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Velocidad de la corriente expresada en m/s y dirección en grados. ▪ Todos los datos deben proceder de la misma ubicación geográfica.
Descripción	<p>El objetivo de esta prueba es verificar si los valores de las variables están dentro de límites de rango aceptables previamente definidos. Los límites de los diferentes parámetros oceanográficos dependen de las condiciones o del área de muestreo con el ADCP.</p> <p>La prueba verifica valores globales imposibles en los que cada dato de velocidad de la corriente no exceda la máxima velocidad de 5 m/s y una velocidad mínima de 0.01 m/s. Además, que todas las direcciones de corrientes se encuentren entre 0° y 360°.</p> <p>Además, esta prueba usa un parámetro de control de calidad conocido como “<i>percent good test</i>” (IOOS, 2019) para determinar si los datos son suficientes para proveer la calidad requerida en su conjunto (es decir, todo el registro).</p> <p>Esta segunda parte de la prueba se aplica a todos los valores de velocidad de corriente del registro y asigna una bandera de calidad al conjunto de datos (Tabla 8).</p>
Condiciones para la asignación de QF	En la Tabla 8 se explica cómo asignar las banderas en el umbral máximo y mínimo para cada dato; y la Tabla 9 explica la evaluación de todo el conjunto de datos.
Observaciones o excepciones	Ninguna
Diagrama de flujo	Figura 15

Tabla 8. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “valor globalmente imposible”.

Descripción	Instrucción	QF asignada
El dato de velocidad horizontal se encuentra dentro de los límites globales.	$5 \text{ m/s} \geq \text{VEL} \geq 0.01$	1
El dato de velocidad horizontal está por fuera de los límites globales.	$0.01 > \text{VEL} > 5 \text{ m/s}$	4
Dato faltante o ausente.	Ninguna	9

Tabla 9. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “buen porcentaje”.

Descripción	Instrucción	QF asignada
Si menos del 5 % de los datos tienen velocidad superior o igual a 5 m/s.	$\text{VEL} \geq 5 \text{ m/s}$ $\% < 5 \%$ de los datos	1
Si entre el 5 % y 50 % de los datos tienen velocidades mayores a 5 m/s.	Entre 5 % y 50 % de los datos: $\text{VEL} \geq 5 \text{ m/s}$	3

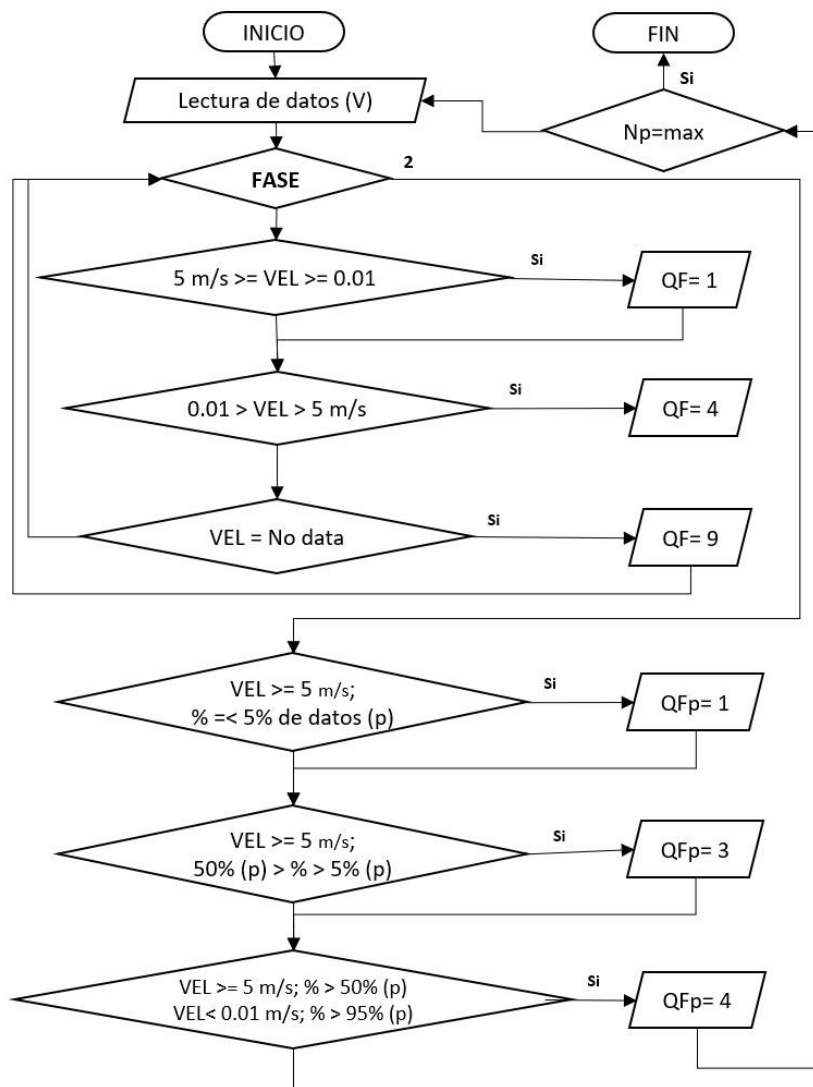


Figura 15. Diagrama de flujo de la QT “valor globalmente imposible y buen porcentaje”.

4.2.5. Prueba 5: control de picos excesivos.

Prerrequisitos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Haber ejecutado previamente las QT acordadas. ▪ Todos los datos deben proceder de la misma ubicación geográfica.
Descripción	<p>Los picos, generalmente, se consideran puntos singulares que están fuera de rango en comparación con los valores circundantes. Prueban el nivel de ruido de los datos para determinar la calidad de estos, que es el porcentaje de valores observados que se encuentran fuera de un grupo de valores permitidos.</p> <p>La prueba comienza con un nivel de ruido predefinido y permisible, que es cinco (5) veces superior a la desviación estándar de los valores observados (V_{sdv}).</p> <p>La segunda parte de la prueba verifica y asigna valores de calidad al conjunto de datos en la misma profundidad, dependiendo del porcentaje de datos que no cumplen con el límite establecido en la misma profundidad.</p>
Condiciones para la asignación de QF	En la Tabla 10 se explica cómo asignar las banderas a cada dato; y en la Tabla 11 la evaluación de todo el conjunto de datos.
Observaciones o excepciones	Ninguna
Diagrama de flujo	Figura 16

Tabla 10. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “control de picos excesivos”.

Descripción	Instrucción	QF asignada
La velocidad (V) es menor o igual que 5 veces la desviación estándar ($5 V_{(sdv)}$) a la misma profundidad de una serie de datos.	$V \leq 5V_{(sdv)}$	1
La velocidad está entre 5 y 6 veces la desviación estándar a la misma profundidad de una serie de datos.	$6V_{(sdv)} \geq V > 5V_{(sdv)}$	3
La velocidad es mayor que 6 veces la desviación estándar a la misma profundidad de una serie de datos.	$V > 6V_{(sdv)}$	4
Dato faltante o ausente.	Ninguna	9

Tabla 11. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “control de picos excesivos”.

Descripción	Instrucción	QF asignada
El 5 % de los datos a la profundidad Y tienen valores por debajo de 5 veces la desviación estándar de la velocidad en esa profundidad.	$V \leq 5 V_{(sdv)}$; $\% < 5 \%$ de los datos	1
Entre el 5 % y 75 % de los datos a la profundidad Y tienen valores por encima de 5 veces la desviación estándar de la velocidad en esa profundidad.	$5 \% \leq 5 V_{(sdv)} \leq 75 \%$	3
Más del 75 % de los datos a la profundidad Y tienen valores por encima de 5 veces la desviación estándar de la velocidad en esa profundidad.	$5 V_{(sdv)} > 75 \%$	4

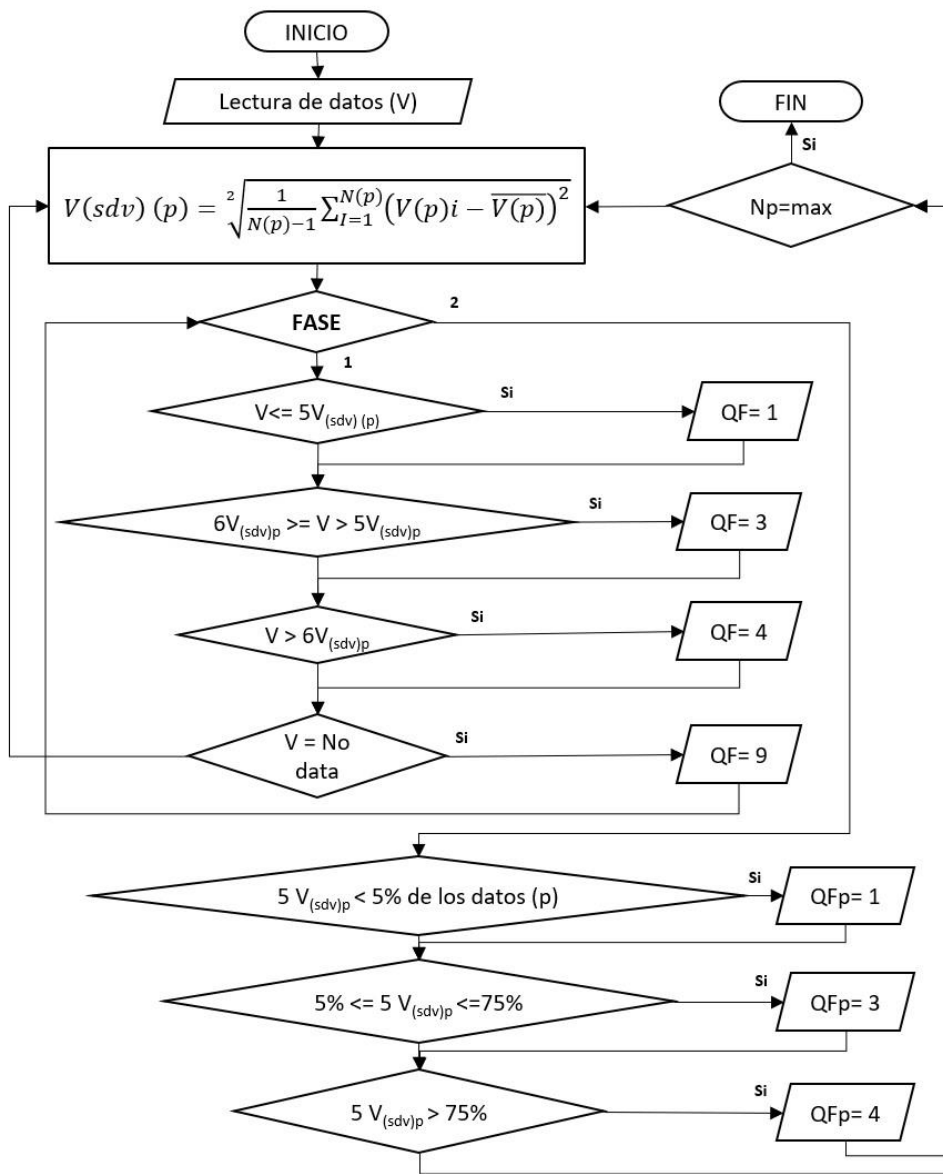


Figura 16. Diagrama de flujo de la QT “control de picos excesivos”.

4.2.6. Prueba 7: velocidad constante.

Prerrequisitos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Haber ejecutado previamente las QT acordadas. ▪ Todos los datos deben proceder de la misma ubicación geográfica.
Descripción	<p>Esta prueba verifica la ocurrencia de valores constantes en la velocidad de corriente. Depende del intervalo de muestreo, la resolución del sensor y del equipo de grabación (<i>data logger</i>). El último factor no se ha incluido específicamente en esta prueba y, por tanto, debe considerarse en la evaluación de cualquier dato que no supere las pruebas.</p> <p>Las velocidades de corriente constantes son poco comunes, aunque teóricamente dos valores consecutivos pueden ser iguales. Se debe colocar una bandera a cada dato de velocidad, dependiendo de que el valor sea igual, o no, a los dos valores anteriores, en la misma profundidad, independientemente del intervalo del muestreo.</p> <p>La evaluación del conjunto de datos se aplica a la serie completa en cada profundidad, de acuerdo con el porcentaje de datos que tienen un valor igual a los dos valores anteriores, pero en la misma profundidad.</p>
Condiciones para la asignación de QF	En la Tabla 12 se explica cómo asignar las banderas a cada dato; y en la Tabla 13 la evaluación de todo el conjunto de datos.
Observaciones o excepciones	Ninguna
Diagrama de flujo	Figura 17

Tabla 12. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “velocidad constante”.

Descripción	Instrucción	QF asignada
Los dos valores de velocidad de la corriente anteriores y en la misma profundidad son diferentes al valor del dato a evaluar en esa misma profundidad.	Vel \neq a los dos valores previos	1
De los dos valores de velocidad de la corriente anteriores al dato a evaluar y en la misma profundidad, el inmediatamente anterior es igual.	De los dos valores previos, uno es = a Vel en la misma profundidad	3
Los dos valores de velocidad de la corriente de los datos anteriores y en la misma profundidad son iguales al valor del dato a evaluar en esa misma profundidad.	Vel = dos valores previos en la misma profundidad	4
Dato faltante o ausente.	Ninguna.	9

Tabla 13. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “velocidad constante”.

Descripción	Instrucción	QF asignada
Menos del 5 % de los datos en la misma profundidad tienen dos valores previos iguales en la misma profundidad.	En el 5 % de los datos, o menos, un dato tiene dos valores previos iguales en la misma profundidad.	1
Entre el 5 % y 75 % de los datos en la misma profundidad los dos valores previos son iguales al dato evaluado.	5 % \leq PSV < 75 %	3
En más del 75 % de los datos en la misma profundidad los dos valores previos son iguales al dato evaluado.	PSV \geq 75 %	4

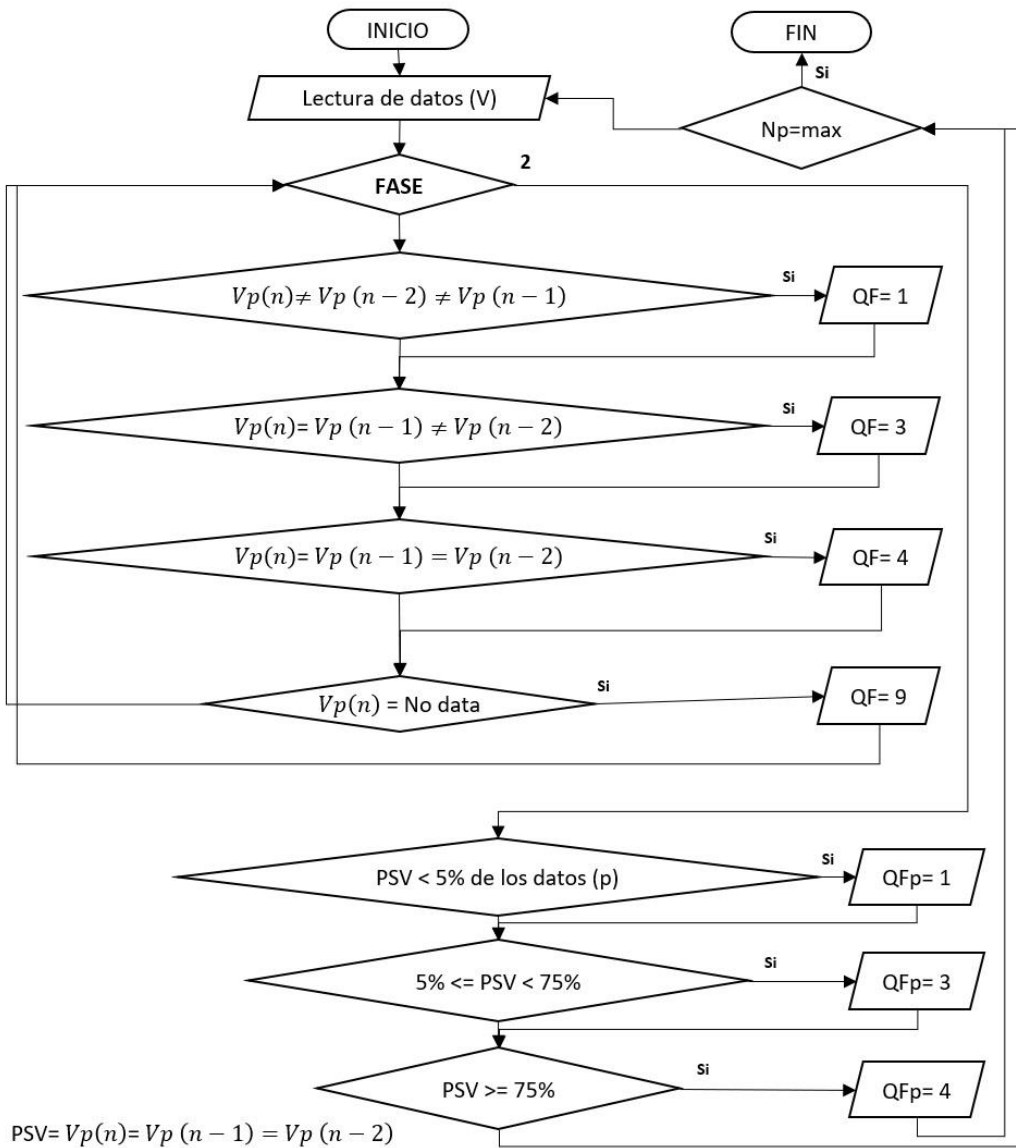


Figura 17. Diagrama de flujo de la QT “velocidad constante”.

4.2.7. Prueba 8: dirección constante.

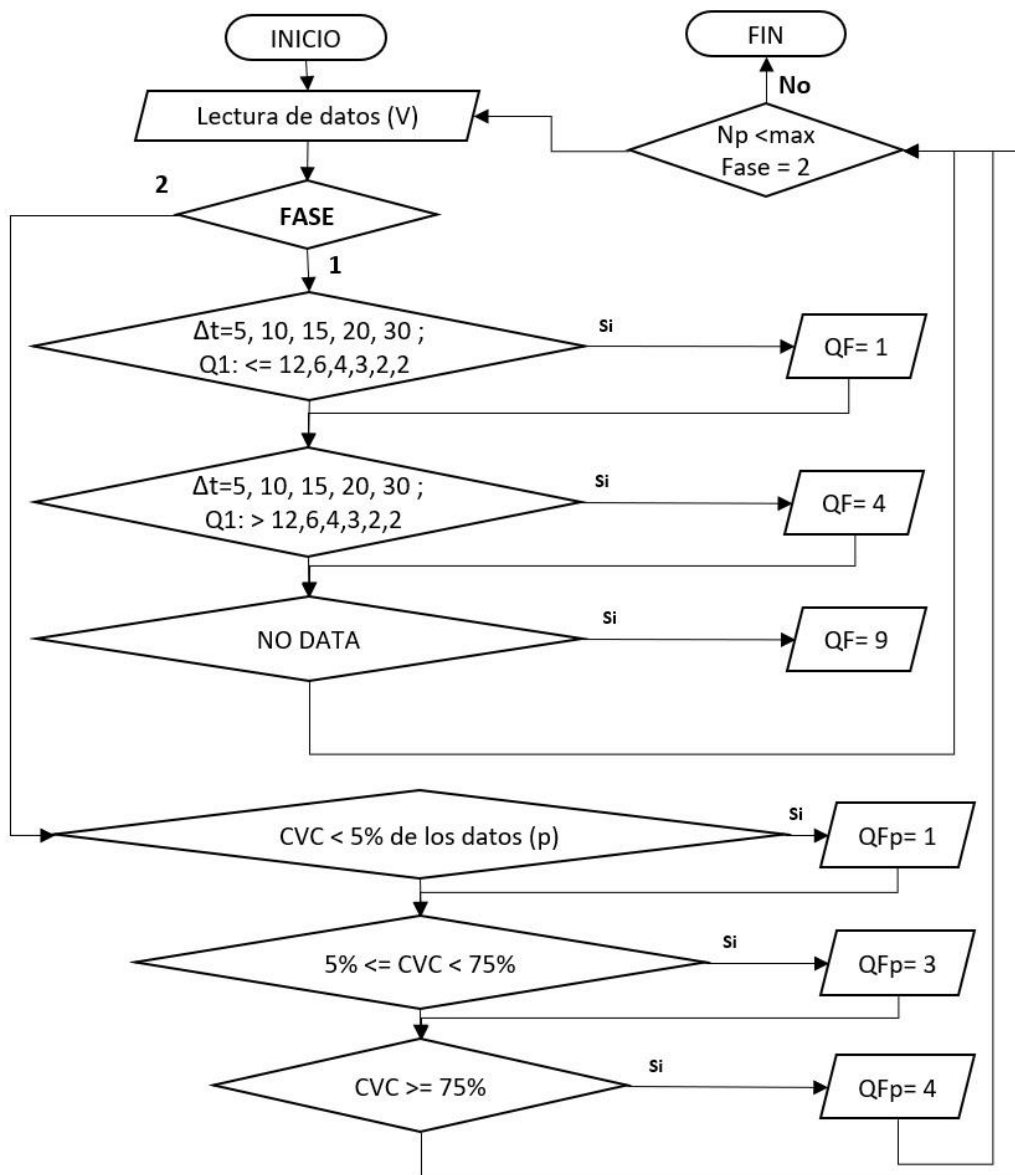
Prerrequisitos	<ul style="list-style-type: none"> Haber ejecutado previamente las QT acordadas. Todos los datos deben proceder de la misma ubicación geográfica.
Descripción	<p>Esta prueba evalúa la ocurrencia de direcciones constantes de la corriente en la misma profundidad, lo que podría ser generado por efectos topográficos.</p> <p>En primer lugar, se debe asignar una bandera de calidad a cada dirección de corriente que es igual en valor a los 12, 6, 4, 3 o 2 valores previos (Tabla 14).</p> <p>La segunda parte de la prueba verifica y asignan banderas de calidad al conjunto de datos en la misma profundidad, dependiendo del porcentaje de datos que no cumplen con el límite de valores previos iguales CVC establecido (Tabla 15).</p>
Condiciones para la asignación de QF	En la Tabla 14 se explica cómo asignar las banderas a cada dato; y en la Tabla 15 la evaluación de todo el conjunto de datos.
Observaciones o excepciones	Ninguna
Diagrama de flujo	Figura 18

Tabla 14. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “dirección constante”.

Δt (min)	QF 1	QF 4
5	CVC \leq 12	CVC $>$ 12
10	CVC \leq 6	CVC $>$ 6
15	CVC \leq 4	CVC $>$ 4
20	CVC \leq 3	CVC $>$ 3
30	CVC \leq 2	CVC $>$ 2
60	CVC \leq 2	CVC $>$ 2

Tabla 15. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT "Dirección constante".

Descripción	Instrucción	QF asignada
En menos del 5 % de los datos el dato evaluado no tiene un número de valores previos iguales (CVC) en la misma profundidad.	$CVC < 5 \%$	1
Entre el 5 % y 75 % de los datos en la misma profundidad la cantidad (CVC) de valores previos son iguales al dato evaluado.	$5 \% \leq CVC < 75 \%$	3
En más del 75 % de los datos el dato evaluado no tiene un número de valores previos iguales (CVC) en la misma profundidad.	$CVC \geq 75 \%$	4



CVC = el dato evaluado no tiene, dependiendo de Δt , un número de valores previos iguales (CVC) en la misma profundidad.

Figura 18. Diagrama de flujo de la QT "dirección constante".

4.2.8. Prueba 9: variabilidad mínima.

Prerrequisitos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Haber ejecutado previamente las QT acordadas. ▪ Todos los datos deben proceder de la misma ubicación geográfica.
Descripción	<p>Esta prueba verifica la tasa de cambio en el tiempo de la velocidad de la corriente. Es aplicable a las corrientes subsuperficiales que pueden ser consideradas funciones sinusoidales con diferencias esperadas definidas entre los puntos de muestreo.</p> <p>Evalúa las diferencias teóricas entre dos muestras consecutivas de velocidad de la corriente u_1 y u_2 para varios intervalos de muestreo, asumiendo una suave corriente de marea sinusoidal semidiurna con un periodo de 12.42 horas. Se aplica para cada uno de los datos, tal como se muestra en la Tabla 16.</p> <p>Por otra parte, también se efectúa la verificación de la tasa de cambio en el tiempo del conjunto de datos por cada profundidad (Tabla 17).</p>
Condiciones para la asignación de QF	En la Tabla 16 se explica cómo asignar las banderas a cada dato; y en la Tabla 17 evaluación de todo el conjunto de datos.
Observaciones o excepciones	Ninguna
Diagrama de flujo	Figura 19

Tabla 16. Asignación de banderas de calidad a cada dato para la QT “variabilidad mínima”.

Δt (min)	$ u_1 - u_2 $ m/s	Factor		QF 1	QF 3		QF 4
		QF1	QF3	MAX $ u_1 - u_2 $	MIN $ u_1 - u_2 $	MAX $ u_1 - u_2 $	MIN $ u_1 - u_2 $
5	0.0422	2	2.1	0.0844	0.08441	0.08862	0.08862
10	0.0843	1.8	1.9	0.15174	0.15175	0.16017	0.16017
15	0.1264	1.6	1.7	0.20224	0.20225	0.21488	0.21488
20	0.1685	1.5	1.6	0.25275	0.25276	0.26960	0.26960
30	0.2523	1.4	1.5	0.35322	0.35323	0.37845	0.37845
60	0.5001	1.2	1.3	0.60012	0.60013	0.65013	0.65013

Tabla 17. Asignación de banderas de calidad al conjunto de datos para la QT “variabilidad mínima”.

Descripción	Instrucción	QF asignada
En el 5 % de los datos (o menos) de velocidad de la corriente en X a una misma profundidad, la diferencia $ u_1 - u_2 $ es menor del valor permisible (u_P) para QF1 (Tabla 16) dependiendo del intervalo de tiempo del muestreo (Δt (min)).	$ u_1 - u_2 \leq u_P$ En menos del 5 % de los datos.	1
En el intervalo del 5 % al 75 % de los datos de velocidad de la corriente en X a una misma profundidad la diferencia $ u_1 - u_2 $ es mayor del valor permisible (u_P) para QF1 (Tabla 16), dependiendo del intervalo de tiempo del muestreo (Δt (min)).	5 % de datos $\leq u_P <$ 75 % de datos	3
En más del 75 % de los datos de velocidad de la corriente en X a una misma profundidad la diferencia $ u_1 - u_2 $ es mayor del valor permisible (u_P) para QF1 (Tabla 16), dependiendo del intervalo de tiempo del muestreo (Δt (min)).	$u_P \geq$ 75 % de datos	4

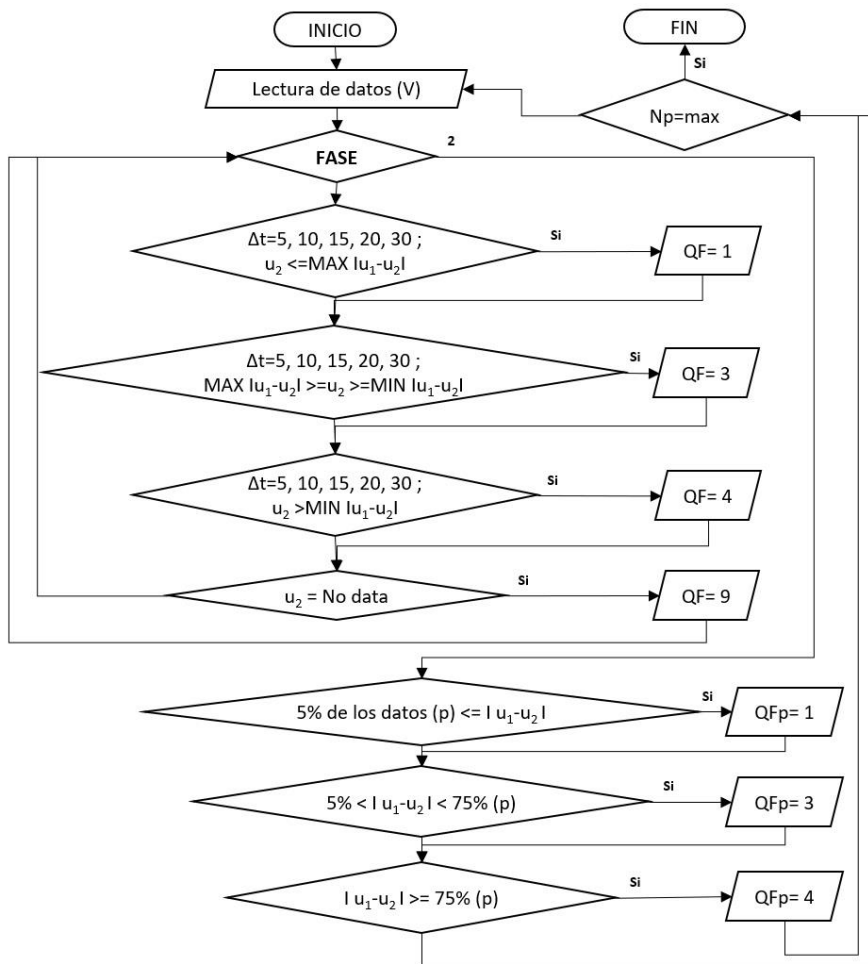


Figura 19. Diagrama de flujo de la QT “variabilidad mínima”.

4.2.9. Prueba 10: revisión de experto.

Prerrequisitos	Haber ejecutado previamente las QT acordadas.
Descripción	<p>Como etapa final del proceso de control de calidad de datos es necesario realizar una inspección visual de los resultados para analizar los indicadores de calidad asignados a cada dato, ya sea de forma manual o automática, y advertir los datos cuestionables o malos que han sido marcados por las pruebas sobre un perfil dado. Por lo tanto, como etapa final del proceso, los datos calificados y debidamente etiquetados se mostrarán en una gráfica.</p> <p>Cabe anotar que este proceso de análisis es importante en el control de calidad de los datos y debe ser adelantado por un experto que evidencie posibles problemas técnicos ocurridos en campo o fenómenos climáticos asociados a la variación de los parámetros que expliquen un valor inusual, anomalías y sesgos, entre otros.</p> <p>Para ello, una vez ejecutadas todas las pruebas, es necesario asignar una bandera de calidad final a cada dato, la cual estará determinada por la bandera de menor calidad entre las banderas posibles: 1, 3, 4. Esta bandera final será la revisada por el experto con apoyo gráfico.</p> <p>El ejercicio básico consiste en revisar las gráficas de los componentes u y v de la corriente (Figura 20), así como de la dirección (Figura 21) y velocidad de la corriente (Figura 22). Se debe tener en cuenta que los datos a graficar sean a la misma profundidad. Cuando aplique, también se pueden graficar perfiles verticales de velocidad (Figura 23) y dirección de la corriente (Figura 24).</p> <p>A partir del análisis de procesos que se encuentran fuera del alcance del presente manual, el experto puede tomar la decisión de hacer correcciones en las banderas de calidad previamente asignadas a cada dato.</p>

Condiciones para la asignación de QF

Si el valor no pasa la prueba se marcará como dato malo (QF 4) o cuestionable (QF 3), o continuará con la bandera de calidad previamente asignada. Si pasa la prueba se asigna QF 1.

Observaciones o excepciones

También se pueden hacer pruebas relacionadas con el proceso de medición de los datos (calidad de los pulsos, porcentaje de datos buenos, entre otros), así como de los mismos datos, empleando el software recomendado por la casa fabricante del instrumento u otras rutinas en Matlab disponibles en internet.

Diagrama de flujo

No aplica.

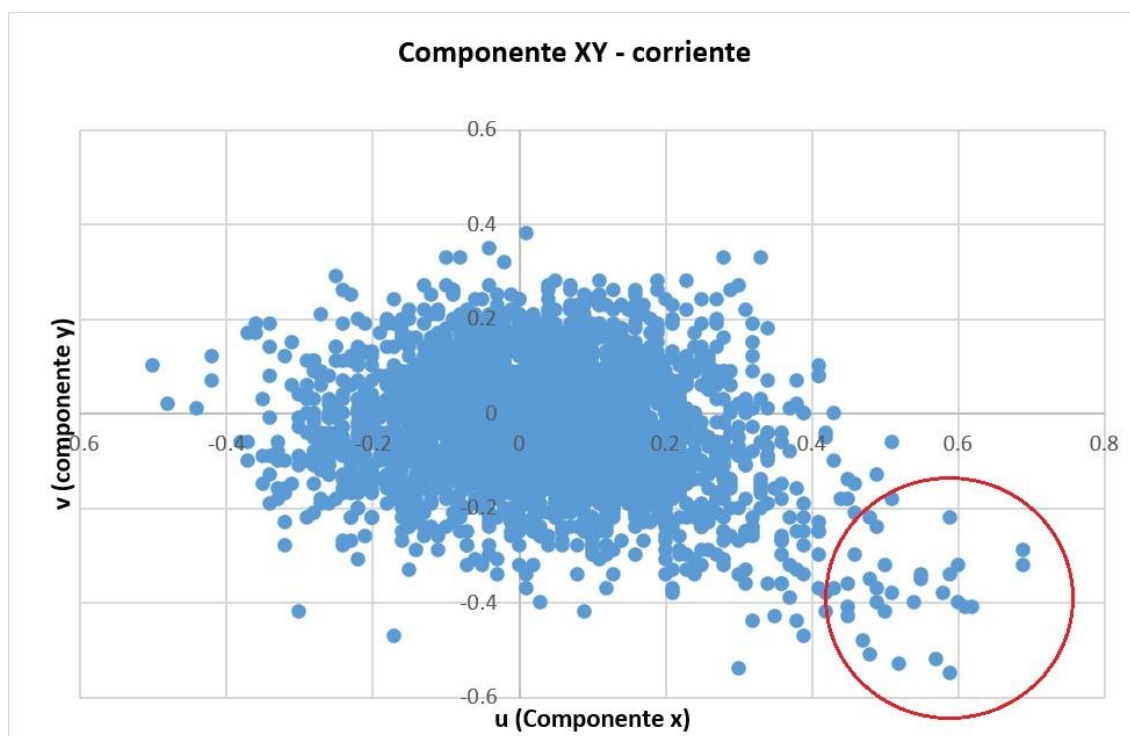


Figura 20. Gráfica de dispersión de datos u y v de la corriente. El círculo rojo indica datos que están por fuera de la concentración de las mediciones, lo que podría indicar valores dudosos o cuestionables.

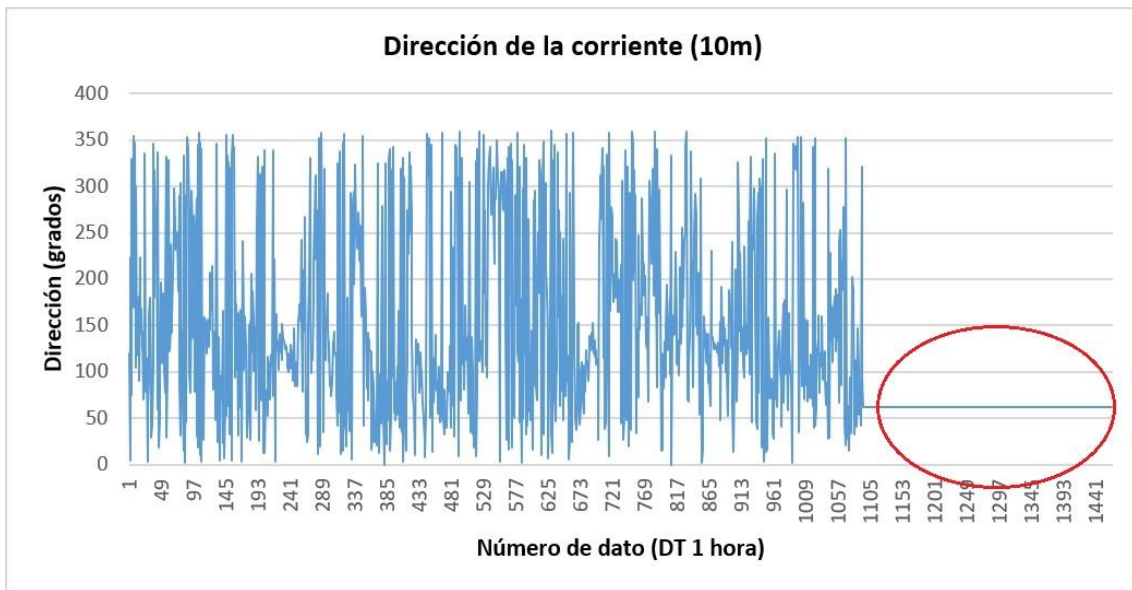


Figura 21. Gráfica de la dirección de la corriente a 10 m de profundidad. El círculo rojo señala una anomalía que identifica los datos incorrectos.

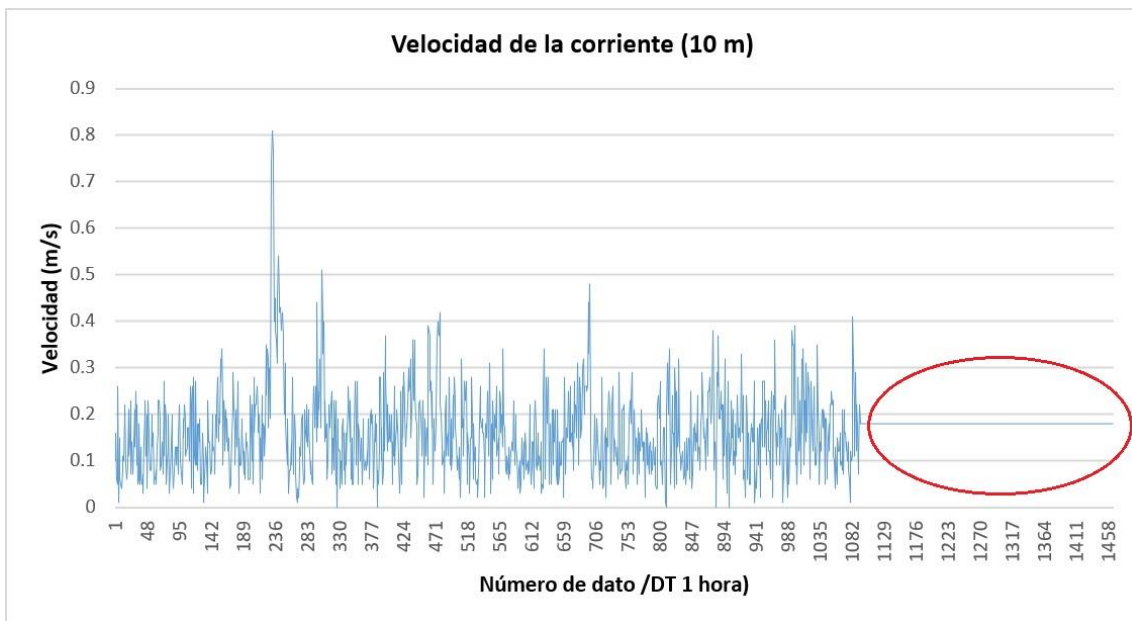


Figura 22. Gráfica de la velocidad de la corriente a 10 m de profundidad. El círculo rojo muestra una anomalía que identifica los datos incorrectos.

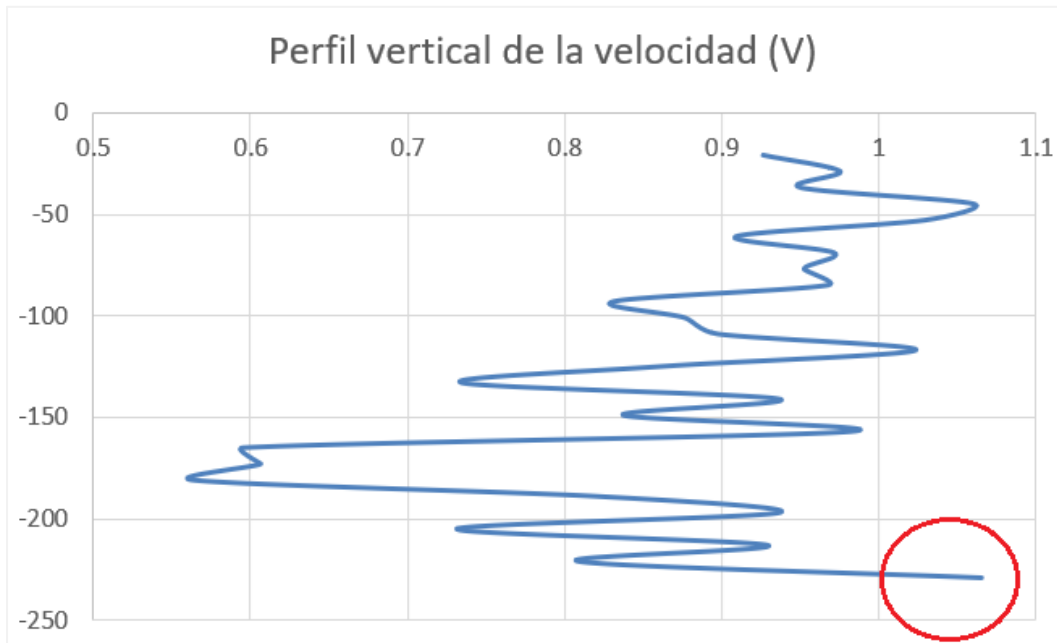


Figura 23. Gráfica del perfil vertical de velocidad (V) de la corriente en un punto de monitoreo. El círculo rojo indica una anomalía que debe ser verificada en detalle por parte del experto.

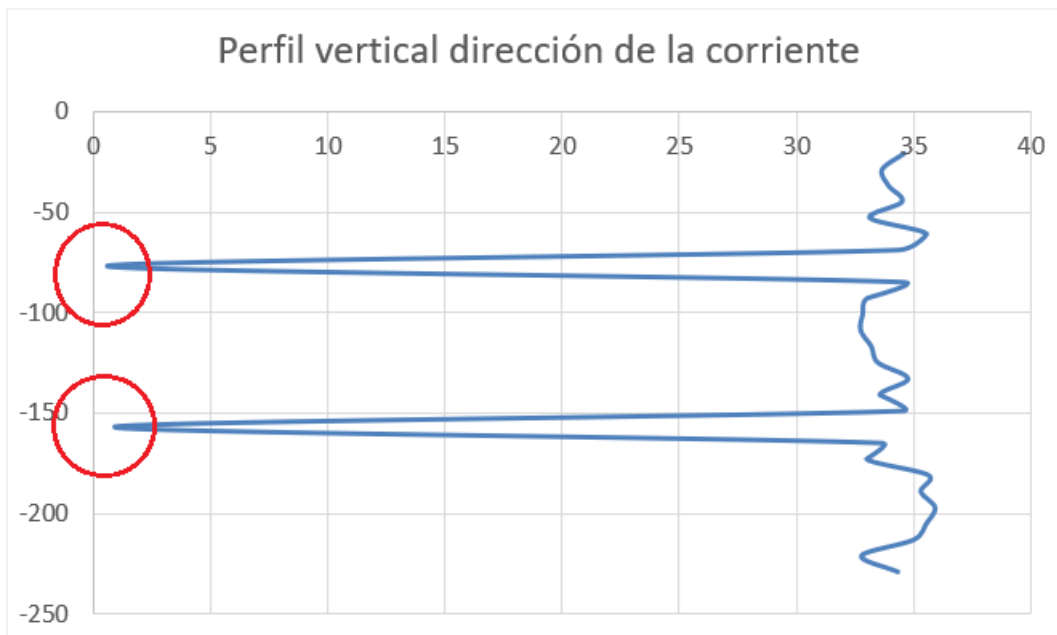


Figura 24. Gráfica del perfil vertical de dirección de la corriente en un punto de monitoreo. Los círculos en rojo indican una anomalía que debe ser verificada en detalle por parte del experto.

REFERENCIAS

- Castañeda, D.; Bernal, N.; Ortiz, R.; Gutiérrez, M.; Marriaga, L. (2023). Metodología para control de calidad de datos de temperatura del mar, Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 52(1): 93-116. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2023.52.1.1170>
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (1993). *Manual of quality control procedures for validation of oceanographic data*. Paris: IOC of UNESCO. <https://aquadocs.org/handle/1834/2849>.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (2013). *Ocean Data Standards, Vol.3: Recommendation for a Quality Flag Scheme for the Exchange of Oceanographic and Marine Meteorological Data*. Paris: IOC of UNESCO. <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-63>.
- Intergovernmental Oceanographic Commission. (2019). *IODE Quality Management Framework for National Oceanographic Data Centres and Associate Data Units (2nd revised edition)*. IOC Manuals and Guides 67 (2nd revised edition). Paris: IOC of UNESCO. <https://doi.org/10.25607/OBP-1740-2>
- Integrated Ocean Observing System. (2019). *Manual for Real-Time Quality Control of In-Situ Current Observations Version 2.1*. IOOS. [https://cdn.ioos.noaa.gov/media/2019/08/QARTOD Currents Update Secund_Final.pdf](https://cdn.ioos.noaa.gov/media/2019/08/QARTOD_Currents_Update_Secund_Final.pdf)
- Johnson, D.; Boyer, T.; García, H.; Locarnini, R.; Baranova, O.; Zweng, M. (2013). *World Ocean Database 2013 User's Manual*. NODC Internal Report 22, Silver Spring: NOAA Printing Office. <https://doi.org/10.7289/V5DF6P53>
- Organización Meteorológica Mundial. (2018). *Guía de instrumentos y métodos de observación*. Volumen V – Garantía de la calidad y gestión de los sistemas de observación (OMM N°. 8). Ginebra, Suiza: OMM. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10032
- Ortiz-Martínez, R. (2008). Introducción a la gestión de datos oceanográficos. En: Dimar (Ed.). *Gestión datos e información oceanográfica colombiana*. (pp. 43-62). Bogotá: Editorial Dimar. <https://cecoldodigital.dimar.mil.co/40/>.

- Sun, C. (2015). *Reference Manual for Quality Control of Subsurface Currents Data (QCSCD)*. Version 1.0. https://www.ncei.noaa.gov/sites/default/files/2020-04/qcscd_manual_v1.pdf
- Teledyne. (2007a). *WorkHorse Monitor, Sentinel User's Guide*. https://epic.awi.de/id/eprint/40219/1/ADCP_Sentinel_User_Guide.pdf
- Teledyne. (2007b). *WorkHorse Monitor, Sentinel, Mariner Acoustic Doppler Current Profiler*. Technical Manual. <http://www.moist.it/doc/RDI%20WorkHorse%20-%20Manual.pdf>.
- Teledyne. (2009). *Self-Contained ADCP Applications WinSC and PlanADCP Software User's Guide*. http://www.teledynemarine.com/Documents/Brand%20Support/RD%20INSTRUMENTS/Technical%20Resources/Manuals%20and%20Guides/Workhorse/WinSC_PlanADCP_Users_Guide_Aug09.pdf
- Teledyne. (2018). *Workhorse Monitor, Sentinel Deployment Guide*. http://www.teledynemarine.com/Documents/Brand%20Support/RD%20INSTRUMENTS/Technical%20Resources/Manuals%20and%20Guides/Workhorse/Monitor_Sentinel%20Deployment%20Guide_Jun18.pdf
- United States Geological Survey. (Sin fecha). *Manage Quality: Quality Assurance (QA) - Preventing Data Issues*. USGS. <https://www.usgs.gov/products/data-and-tools/data-management/manage-quality>



www.dimar.mil.co

Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima

Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Sede Central (+57) 601 328 6800 en Bogotá D.C.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
dimar@dimar.mil.co



@DimarColombia



Descarga:
Navega Seguro



DESCARGAR EN
Google Play



Disponible en el
App Store

