



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas
y Recursos Naturales**

**“ESTANDARIZACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE OBTENCIÓN DE
DATOS DE TEMPERATURA OCEÁNICA PARA EL ESTUDIO DE LAS
VARIACIONES CLIMÁTICAS EN EL ECUADOR”**

TESIS DE POSTGRADO

Previo a la obtención del título de:

MÁSTER EN CAMBIO CLIMÁTICO

Presentada por:

María Auxiliadora Merizalde Ramos

GUAYAQUIL- ECUADOR

Año 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios que guía mis pasos, al Instituto Oceanográfico de la Armada por autorizarme el uso de datos para las pruebas, a todas las personas que de alguna forma me ayudaron durante la maestría y el proceso de tesis y, a mi director de tesis M.Sc Francisco Medina Peñafiel por su ayuda y colaboración para la realización y culminación de este trabajo.

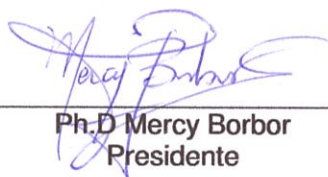
DEDICATORIA

A mi Madre motor de mis logros y
fuente de inspiración.

A mis compañeros de maestría
por compartir las horas de clases
que parecían interminables.

A mis maestros por la guía y
paciencia.

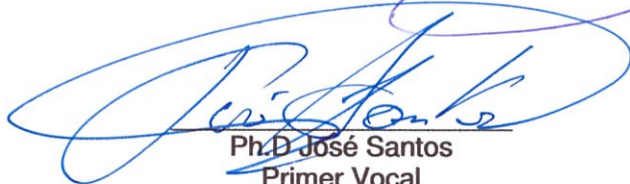
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ph.D. Mercy Borbor
Presidente



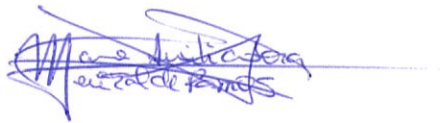
M.Sc. Francisco Medina
Director de Tesis



Ph.D. José Santos
Primer Vocal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”



María Auxiliadora Merizalde Ramos.

RESUMEN

La presente tesis tiene como finalidad consolidar una metodología para la toma de datos de temperatura oceánica, la misma que se logró en base a la compilación de estándares y metodologías regionales e internacionales.

Se aborda el comportamiento de la variable temperatura respecto a su distribución en el planeta y factores que la influyen. Así como los instrumentos que se encuentran disponibles para su medición.

El uso de equipos CTD Sea Bird 19,19 plus y 19plus V2 a nivel nacional y regional en lo que respecta a investigación oceanográfica, impulsó que se realice una comparación de filtros usados al procesar la data oceanográfica con el programa de Procesamiento de Datos SBE lo que dio como resultado la recomendación de uso de cuatro filtros principales en lo que respecta a datos de temperatura.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS / SIGLAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE GRAFICOS	IX
CAPITULO 1	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1 INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA MUNDIAL.....	1
1.1.2 INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL ECUADOR.	5
1.2 ESTANDARIZACIÓN DE LA DATOS OCEANOGRÁFICOS.....	7
1.2.1 ESTANDARIZACION DE DATOS DE TEMPERATURA OCEANICA	8
CAPITULO 2	10
2.1 LA TEMPERATURA EN EL OCEANO	10
2.1.1 GENERALIDADES	10
2.1.2 DEFINICIÓN DE LA VARIABLE TEMPERATURA.....	11
2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN LOS OCÉANOS Y LA ZONA ECUATORIAL.	12
2.2.1 CAMBIOS DE TEMPERATURA POR PROFUNDIDAD.....	13
2.2.2 CAMBIOS DE TEMPERATURA POR CERCANÍA A LOS POLOS.....	16
2.2.3 CAMBIOS DE TEMPERATURA POR VARIABILIDAD ESTACIONAL	18
2.2.4 OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL OCÉANO	19
2.3 EL CALOR Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA.....	20

2.4 LA EVAPORACIÓN Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA	22
2.5 MASAS DE AGUA Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA.....	24
2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA	25
2.5.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA DEBIDO A TEMPERATURA	29
2.6 PROCESOS OCEANOGRÁFICOS Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA EN EL ECUADOR	31
2.6.1 MASAS DE AGUAS SUPERFICIALES:.....	31
2.6.2 MASAS DE AGUAS SUBSUPERFICIALES:	32
2.6.3 FRENTE ECUATORIAL.....	34
2.6.4 CORRIENTES	35
2.7 CAMBIO CLIMÁTICO Y TEMPERATURA OCEÁNICA	36
CAPITULO 3	39
3.1 EQUIPOS Y METODOLOGÍAS PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA	39
3.1.1 INTRODUCCIÓN.....	39
3.1.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.	40
CAPITULO 4	49
4.1 METODOLOGIA	49
4.1.1 GENERALIDADES	49
4.2 CALIBRACIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS EQUIPOS CTD SEA BIRD	51
4.3 METODOLOGIA PROPUESTA.....	53
4.3.1 CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.....	54
4.3.2 PREPARACIÓN DE CAMPAÑA DE MEDICIÓN Y EQUIPOS.....	56
4.3.2.1 Preparación de la campaña de Medición.	56
4.3.2.2 Programación de Equipos	57
4.3.3 TOMA DE DATOS.....	58
4.3.3.1 Según el objetivo.....	58
4.3.3.2 Según el Modelo de Toma de Datos	60
4.3.3.3 Recomendaciones Generales para la toma de Datos con equipos CTD'S	62

4.3.4 PROCESAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD PRIMARIO	
4.3.4.1 PROCESAMIENTO - CONVERSIÓN A UNIDADES FÍSICAS	
4.3.4.2 PROCESAMIENTO - CONTROL DE CALIDAD PRIMARIO	
4.3.5 CONTROL DE CALIDAD SECUNDARIO	
4.3.7 ALMACENAMIENTO DE LA DATA	
4.4 VALIDACIÓN DE LOS DATOS:.....	
CAPÍTULO 5	
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
5.1.1 CONCLUSIONES	
5.1.2 RECOMENDACIONES.....	
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA.....	

ABREVIATURAS / SIGLAS

BAE	Buque de la Armada del Ecuador
CENAIM	Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas
CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
COI	Comisión Oceanográfica Intergubernamental
CTD	Conductividad, Temperatura y Profundidad
EEM	Espectro Electromagnético
ESPOL	Escuela superior politécnica del Litoral
FIMCBOR	Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales
GOOS	Global Ocean Observing System
INOCAR	Instituto oceanográfico de la armada
INP	Instituto Nacional de Pesca
IODE	International Oceanographic Data and Information Exchange
ISO	International Organization for Standardization
JCOMM	The Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology
MOSARG	Módulo de Observación Satelital Regional
NOAA	The National Oceanic and Atmospheric Administration
REM	Radiación Electromagnética
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para Educación Ciencia y la Cultura

SIMBOLOGÍA

°C	Grados Celsius
°K	Grados Kelvin
%	Porcentaje de Salinidad
°E	Grados Este (Longitud)
°N	Grados Norte (Latitud)
°S	Grados Sur (Latitud)
°W	Grados Oeste (Longitud)
AUV	Vehículos autónomos submarinos
CO ₂	Dióxido de carbono
m	Metros (profundidad)
ppt o ‰	Partes por mil (salinidad)

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Corbeta HMS Challenger 2
Figura 1.2	Buque de Investigación Oceanográfica de la Armada. BAE Orión 6
Figura 1.3	Campus Peñas de la ESPOL. En primer plano, la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM).1980 7
Figura 2.1	Distribución de las masas de agua en las zonas circundantes a Ecuador 35
Figura 3.1	Termómetro de Balde. (Vista superior) 42
Figura 3.2	Termómetro de Balde.(Vista frontal) 42
Figura 3.3	Equipo CTD 44
Figura 3.4	Glider INOCAR en Tierra 46
Figura 3.5	Glider INOCAR sumergido 46
Figura 3.6	TeraScan receptor de datos satelitales proyecto MOSARG-INOCAR 48
Figura 3.7	Módulos de procesamiento de datos satelitales proyecto MOSARG- INOCAR 48
Figura 4.2	CTD en Roseta Multimuestreadora sobre cubierta 59
Figura 4.3	CTD sumergiéndose acoplado en la Roseta Multimuestreadora 59
Figura 4.4	CTD listo para medición 60

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla I	Masas de Agua del Océano Pacífico	30
Tabla II	Listado de Equipos CTD por institución consultada.	50
Tabla III	Filtros del programa de Procesamiento de datos SBE	74
Tabla IV	Datos de CTD con error en medición	78
Tabla V	Esquema de Banderas de calidad del Ocean Data View	80
Tabla VI	Compilación de Normas ISO usadas para estandarizar datos Oceanográficos	81
Tabla VII	Formato de Estandarización	82

ÍNDICE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 2.1	15
Grafico 2.2	15
Grafico 2.3	17
Grafico 2.4	19
Grafico 2.5	22
Gráfico 4.1	54
Gráfico 4.2	70
Gráfico 4.3	70
Gráfico 4.4	71
Gráfico 4.5	72
Gráfico 4.6	72
Grafico 4.7	75
Grafico 4.8	75
Grafico 4.9	76
Grafico 4.10	76

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA MUNDIAL

El día específico en que empezaron las navegaciones e investigaciones en el mundo conocido no se puede precisar, desde el inicio de los tiempos los pueblos desearon comprender su entorno y buscar nuevos sitios de provecho para desarrollarse, lo que los llevo a emprender viajes de observación y reconocimiento en los mares y océanos

circundantes. A medida que los pueblos fueron desarrollando sus capacidades como navegantes e investigadores se incrementaron también sus deseos de conocimiento, es así como grandes civilizaciones expandieron sus dominios y fueron representativas para sus épocas.

En el siglo XIX americanos, británicos y europeos realizaron exploraciones en sus zonas oceánicas de manera particular, pero fue entre 1872 a 1876 que se realizó la primera expedición científica marina del mundo a bordo de la corbeta HMS Challenger (Figura 1.1), durante su travesía se realizaron 362 estaciones y se midieron parámetros como temperatura del océano, química del agua de mar, corrientes, vida marina y geología del fondo marino. Sin embargo la investigación oceánica no se consolidó sino hasta el siglo XX durante la 2da Guerra Mundial cuando la Armada Americana empezó a investigar acerca de las características oceánicas a fin de mejorar las estrategias y tomar ventajas en la guerra.

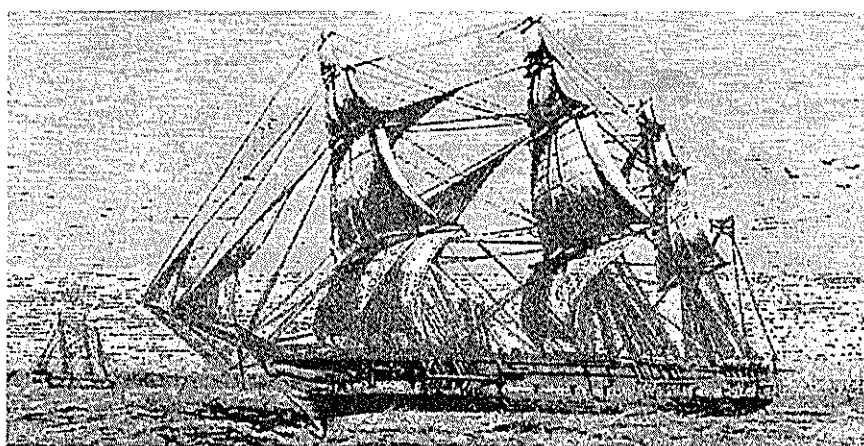


Figura 1.1 Corbeta HMS Challenger

Después de la 2da Guerra Mundial los países empezaron a demostrar más interés en conocer a fondo las características de los mares y océanos circundantes por lo que las investigaciones alrededor del mundo se fueron incrementando hasta llegar a la formación de los centros de investigación oceanográfica que funcionan a nivel mundial.

A continuación unos ejemplos:

- La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica/ *The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* Estados Unidos.
- Instituto francés para el aprovechamiento del mar. Francia
- Instituto Oceanográfico Woods Hole / Woods Hole Oceanographic Institution Estados Unidos
- Instituto Oceanográfico Scripps / Scripps Institution of Oceanography Estados Unidos
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada México
- Instituto Real Holandés para la investigación del Mar / Royal Netherlands Institute for Sea Research Holanda

En vista de lo antes mencionado la Organización de las Naciones Unidas para Educación Ciencia y la Cultura Naciones Unidas (UNESCO) creó en 1960 la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) como ente encargado de las ciencias, observaciones, intercambio de datos e información oceánica así como proveedores y coordinadores de servicios y proyectos internacionales.

La COI promueve la cooperación internacional en programas de investigación marina, sistemas de observación, mitigación de riesgos, servicios de construcción de capacidades para aprender sobre la naturaleza y los recursos de los océanos y las zonas costeras, aplicación del conocimiento para mejorar el manejo y el desarrollo sustentable, la protección de los ambientes marinos y ayudar a los tomadores de decisiones en el análisis de las alternativas de desarrollo de las zonas marino costeras.

En función de la promoción de la cooperación internacional surgieron varios programas bajo la COI, entre los más representativos se encuentran:

- El Sistema de Observación Oceánica Global (GOOS en inglés)
- Programa de Tsunamis
- El Programa Internacional de Intercambio de Datos e Información Oceanográfica (IODE en inglés)
- Comisión Técnica para la Meteorología y Oceanografía Marina (JCOOM)
- De Manejo Marino

Cada programa de la COI tiene un fin específico, y el del IODE es intercambiar datos e información de las investigaciones marinas que realicen los países miembros y así afianzar la investigación conjunta, por lo que a fin de poder compartir la data e información se llegó a la conclusión de que se debe estandarizar metodologías y formatos, por esto el IODE sugiere ciertas normas dependiendo de las variables muestreadas.

A través del portal Ocean Data Standars el proyecto IODE hace recomendaciones de las normativas que pueden ser o no adoptadas por los países miembros del proyecto.

En Ecuador y bajo la administración del INOCAR se creó oficialmente en el 2003 el Centro Ecuatoriano de Datos Marino costeros el cual se encarga de la administración de la data y la difusión de lineamientos y estándares para el intercambio de datos oceanográficos y costeros en el país.

1.1.2 INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA EN EL ECUADOR.

En Ecuador se estableció en 1932 el Servicio Hidrográfico de la Armada, el cual se encargaba del levantamiento e investigación hidrográfica del país a fin de obtener las primeras cartas náuticas, en 1965 se adquirió el primer buque para realizar trabajos hidrográficos ExUSS Mulberry bautizado como Orión, el cual prestó servicio hasta 1979.

A medida que pasó el tiempo el Servicio Hidrográfico fue evolucionando hasta llegar a ser el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) mediante Decreto Ejecutivo del 18 de julio de 1972. En 1980 se adquirió un segundo buque para investigación Oceanográfica e Hidrográfica el cual también fue llamado Orión (Figura 1.2), que cumple desde la época hasta la actualidad trabajos de investigación científica.



Figura 1.2 Buque de Investigación Oceanográfica de la Armada. BAE Orión

El Instituto tiene como misión las tareas de proporcionar seguridad a la navegación, llevar a cabo la investigación oceanográfica, así como compilar la cartografía náutica nacional, siendo además representante del Estado ante organismos internacionales relacionados con la investigación hidro-oceanográfica. (INOCAR, 2014)

Otra de las principales entidades que inició la investigación oceanográfica en el país a partir de 1958 fue la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) a través de su facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (Figura1.3) actualmente Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales (FIMCBOR) y posteriormente (1990) a través de su Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). Después del INOCAR y la ESPOL surgieron otras instituciones especializadas relacionadas con las ciencias marinas como el Instituto

Nacional de Pesca (INP) en 1960 y con el pasar de los años se creó más centros de investigación y diferentes universidades del país ofrecen carreras relacionadas a las ciencias marinas.

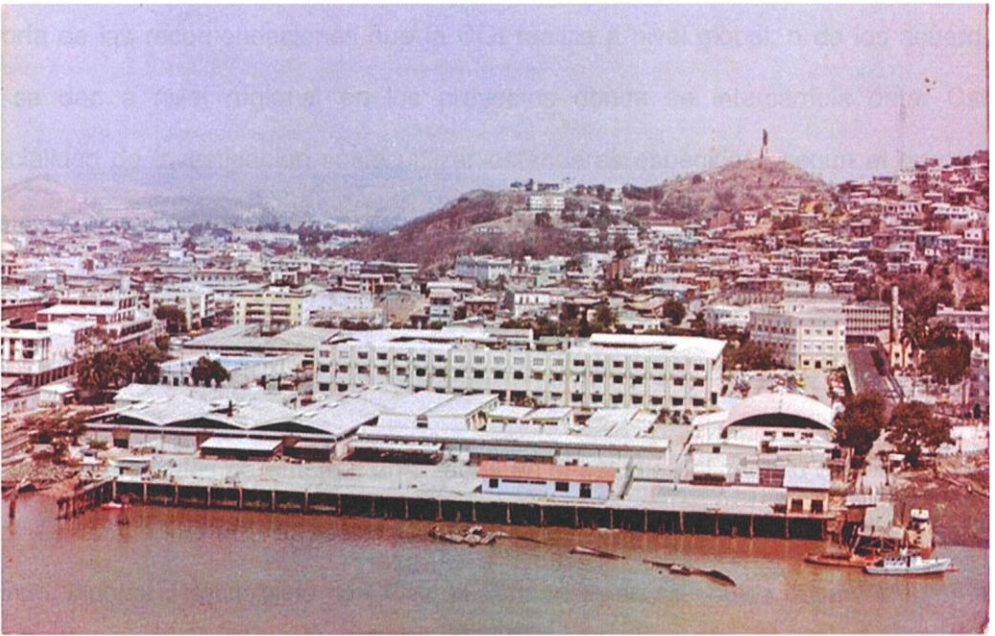


Figura 1.3 Campus Peñas de la ESPOL. En primer plano, la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM). 1980

1.2 ESTANDARIZACIÓN DE LA DATOS OCEANOGRÁFICOS

La estandarización de la data oceanográfica es un proceso que se realiza con el fin de que los datos obtenidos por equipos o personas en diferentes investigaciones sean presentados de la misma forma en todos los países e instituciones, y que obedezcan a

una normativa particular respecto a su escritura o metodología de toma de muestras. La estandarización se realiza a fin de poder intercambiar información o datos con organismos nacionales o internacionales.

En el Ecuador los estándares que se aplican a la data oceanográfica provienen en su mayoría de las recomendaciones que la COI realiza a nivel global, o de los acuerdos que se dan a nivel regional en los proyectos donde se intercambia data. Cada especialidad de investigación suele utilizar estándares específicos según el grupo de trabajo al que pertenece. Además existen estándares que pueden ser utilizados indistintamente en varias especialidades.

1.2.1 ESTANDARIZACIÓN DE DATOS DE TEMPERATURA OCEÁNICA

Uno de los principales parámetros analizados en el estudio del cambio climático a nivel global es la temperatura oceánica. Desde que empezó la era industrial y su aporte continuo, inusual y desmedido de CO₂ a la atmosfera, se ha podido observar como las condiciones normales de la temperatura superficial oceánica y del aire han cambiado a nivel global. Así como en la atmosfera, en el océano se han detectado variaciones de temperatura, y a lo largo de los años se ha podido advertir la presencia de anomalías respecto a ciclos específicos. Debido a que el parámetro temperatura del mar es representativo en los estudios de **Cambio Climático**, coleccionar los datos de las mediciones, su proceso y estandarización es sumamente importante ya que permite comparar entre fuentes la información y validar la presencia de un fenómeno o anomalía.

La obtención de datos para estudios de variabilidad climática es amplia en el Ecuador, sin embargo las instituciones de investigación utilizan herramientas y metodologías diferentes para realizar esta labor. Lo anterior no permite hacer una comparación eficaz entre resultados a pesar de que se esté hablando del mismo parámetro. Esta situación se agrava en el momento en que se desea intercambiar información con otros países en vista de que en la mayoría de las instituciones de investigación marina en el país no siguen normas internacionales que permitan el intercambio de datos e información.

El presente trabajo tiene la intención de obtener una guía metodológica que permita mejorar la forma en que se obtienen los datos de temperatura oceánica enfocándose en los equipos que miden Conductividad, Temperatura y Profundidad (CTD), para en lo posterior ser aplicada en las instituciones que realizan investigación en el Ecuador.

CAPITULO 2

2.1 LA TEMPERATURA EN EL OCÉANO

2.1.1 GENERALIDADES

Una de las principales variables analizadas a nivel oceánico y que representa un aporte fundamental en la identificación del Cambio Climático a nivel global, es la temperatura del agua. En el contexto físico la temperatura del agua influye directamente en el clima del planeta e incide en los procesos de variaciones térmicas anuales, estacionales y diarias del planeta.

Un cambio en la temperatura del océano implica un aumento o disminución del nivel del mar, (IPCC 2. , 2007) la modificación de un sistema de afloramientos (Dimitri Gutiérrez, 2011), modificación del sistema de lluvias debido al aumento de las temperaturas y la evaporación (IPCC 2. , 2007)

A nivel de ecosistemas (marinos o terrestres) las variaciones que experimenta esta variable implica entre otras cosas aumento o disminución de recursos, cambios de la distribución de las poblaciones (IPCC 2. , 2007) eventualmente hasta cambios en el metabolismo de ciertas especies (Gutiérrez, 2008). Para ciertas especies una diferencia de temperatura determina el sexo de una población o el inicio de la época para reproducción (Simoncini & Piña, 2008).

El enfoque de esta tesis en particular es obtener la información más relevante que ayude a buscar la estandarización de una metodología para la toma de datos de temperatura oceánica obtenida mediante el empleo de equipos de Conducción de Temperatura y Salinidad CTD a fin de poder realizar en lo posterior un mejor estudio del comportamiento de la variable en las zonas que circundan el mar ecuatoriano.

2.1.2 DEFINICIÓN DE LA VARIABLE TEMPERATURA

Existen varias definiciones del concepto de temperatura, se presenta a continuación una de las más completas.

- La temperatura es una propiedad termodinámica de los fluidos, y esto se debe a la actividad molecular y los átomos en el líquido; mientras más actividad (energía) más temperatura. La temperatura es medida en base al contenido de calor, así el calor y temperatura están relacionados a través del calor específico. Cuando el calor contenido es cero (no existe actividad) la temperatura absoluta es cero (en la escala Kelvin).

La unidad de temperatura usada en oceanografía es grados Celsius, sin embargo, para los cálculos del contenido de calor y transporte de calor se debe usar la escala Kelvin. La equivalencia es la siguiente $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,16\text{ K}$. Un cambio de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ es el mismo que un cambio de $1\text{ }^{\circ}\text{K}$.

Tomando en cuenta la temperatura de todos los océanos y las diferentes profundidades, se ha fijado la temperatura media del agua marina en 4°C con valores que van desde menos 2°C hasta 32°C . (Lemus & Frías, 1995)

2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN LOS OCÉANOS Y LA ZONA ECUATORIAL.

Los cambios en la temperatura de los océanos se dan principalmente por las siguientes condiciones:

- Por el aumento de la profundidad
- Cercanía de las masas de agua a los polos.

- Variabilidad Estacional

2.2.1 CAMBIOS DE TEMPERATURA POR PROFUNDIDAD.

Los rangos de temperatura en los océanos van entre -2°C y 32°C . En estuarios o aguas muy superficiales la temperatura puede ser un poco más alta. El Principal aporte calorífico que tiene el agua del mar está representado por las radiaciones energéticas que proviene del Sol.

Conforme la profundidad aumenta la incidencia energética solar es reducida debido a que penetran menos radiaciones, causando una reducción en la temperatura. En base a lo mencionado el Océano está dividido en 3 capas verticales muy marcadas que se detallan a continuación:

- a) La primera capa es la superficial o de mezcla y es una capa de agua relativamente caliente con una temperatura uniforme plenamente influenciada por la energía solar, los vientos y las lluvias y puede extenderse hasta los 200 metros de profundidad, dependiendo de las condiciones locales.
- b) La siguiente capa es la intermedia o termoclina, considerada como una zona limítrofe que divide las aguas superficiales, menos densas y menos

salinas, de las aguas de las profundidades, más frías, densas y salinas. Aquí es donde se presenta un rápido descenso de la temperatura.

En los océanos, las termoclinas no son bruscas ni están tan bien diferenciadas como ocurre en el agua dulce. En las aguas tropicales, la termoclina puede ocupar una profundidad entre 100 y 200 metros y ser relativamente estable durante el año. En las aguas templadas de las latitudes medias se localizan a un poco más de profundidad, siendo un fenómeno estacional que ocurre solamente durante la primavera y verano, y tiende a desaparecer en los mares polares en los que la temperatura de toda la columna de agua es más fría. En las latitudes ecuatoriales si la temperatura del agua es de 26°C en la superficie, suele disminuir hasta 15°C en la termoclina que se encuentra normalmente a 150 metros de profundidad. (Lemus & Frías, 1995)

- c) La última capa es la de agua profunda que se establece generalmente a profundidades mayores a 1000 m) y donde la temperatura del agua decrece lentamente a medida que la profundidad aumenta; la temperatura en la parte más profunda del océano tiene un promedio de -2°C (Lemus & Frías, 1995)

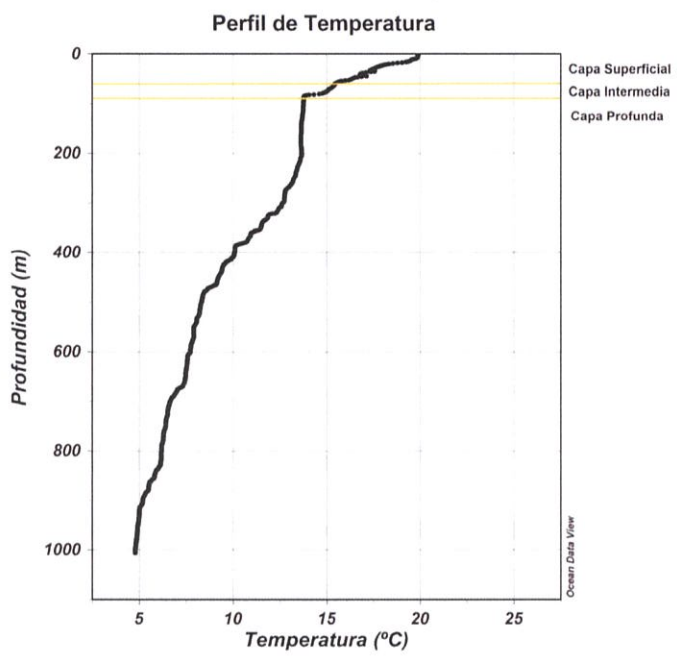


Grafico 2.1 Perfil de Temperatura versus Profundidad

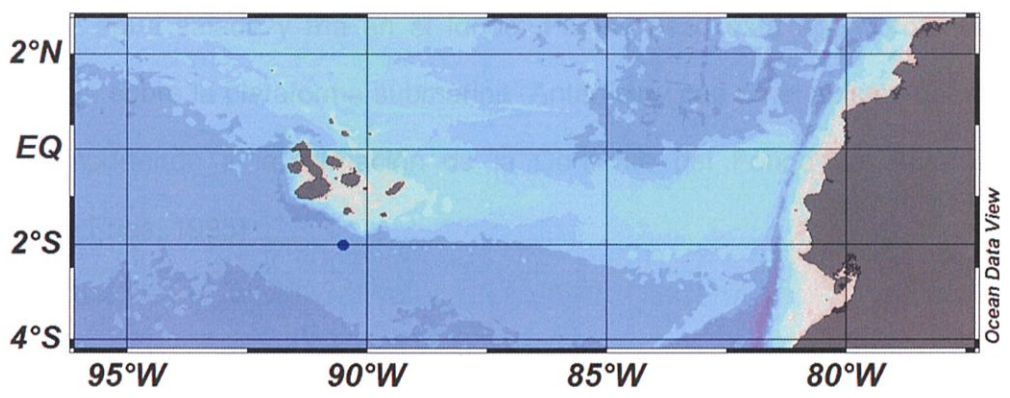


Grafico 2.2 Estación CTD correspondiente al perfil de temperatura presentado en el grafico 2.1.

2.2.2 CAMBIOS DE TEMPERATURA POR CERCANÍA A LOS POLOS.

La temperatura del agua del océano desciende conforme los mares están más cerca de los polos (Figura 2.3), en donde, en el mar abierto, se alcanzan temperaturas superficiales aproximadamente de 6 décimas de grado centígrado, encontrándose ya cerca del punto de congelación del agua salada ($-21\text{ }^{\circ}\text{C}$). A medida que se congela el agua de estos mares se desprende la sal que contiene; así, las partículas de hielo que se forman en el fondo de las aguas polares tienden a flotar, por ser más ligeras que el agua que las rodea, y llegan hasta la superficie. (Lemus & Frías, 1995)

En el Antártico el clima extremo que se manifiesta en invierno, enfría al mar, formándose una capa de hielo de agua dulce sobre la superficie y otra muy densa de agua salada y fría en el fondo. Por su peso esta agua profunda f lentamente sobre la plataforma submarina Antártica y cae en el abismo del mar abierto, aportando a la formación de la Corriente del Fondo del Antártico. (Lemus & Frías, 1995)

La dinámica de la temperatura en el océano se complementa cuando éste pierde calor por la irradiación directa de la superficie del mar hacia la atmósfera. Por esta razón el océano es un gran termorregulador que tiene una marcada

influencia en los climas del planeta. Este intercambio de calor entre el mar y la atmósfera se incrementa por las corrientes que son más activas en la superficie del mar, ya que la difusión del calor es más rápida cuanto mayor es el grado de turbulencia de las moléculas que forman el agua del mar; por ejemplo, la corriente de Kuroshio en el Pacífico occidental, al llevar un gran volumen de agua en movimiento, transmite a la atmósfera mucho calor desde las aguas ecuatoriales hasta las latitudes altas. (Lemus & Frías, 1995)

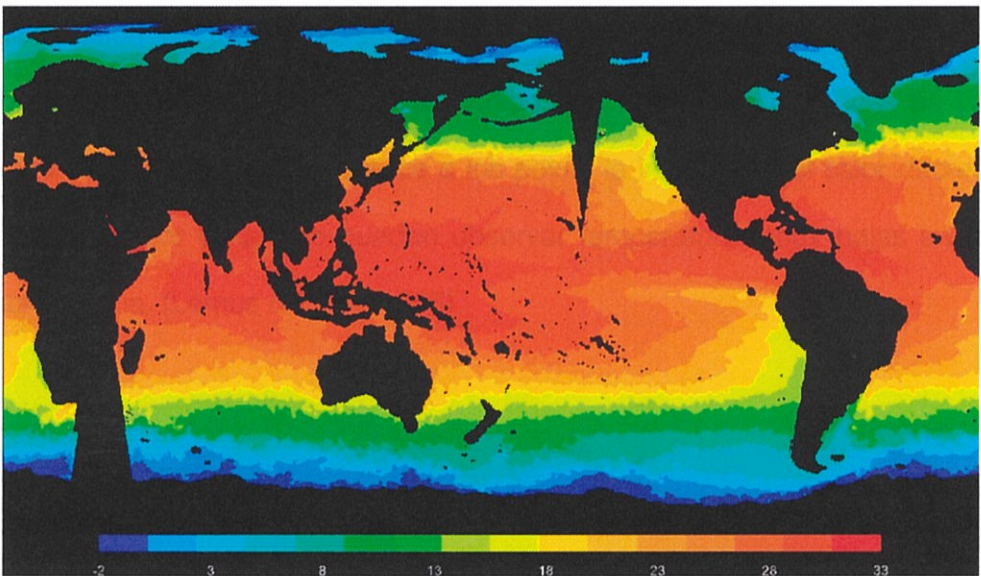


Grafico 2.3 Distribución de la temperatura a nivel mundial, variación térmica entre 2 – 33 °C

2.2.3 CAMBIOS DE TEMPERATURA POR VARIABILIDAD ESTACIONAL

Los océanos pueden presentar también variaciones anuales de temperatura en las capas superficiales, que dependen de la absorción del calor recibido del exterior, registrándose un máximo al comienzo del otoño y un mínimo al inicio de la primavera (para zonas que tienen 4 estaciones). Las variaciones anuales en un mismo lugar son pequeñas, del orden de los 2°C en el ecuador y en los polos; las mayores, de unos 18°C, se han observado en el Atlántico norte y en el Pacífico norte. (Lemus & Frías, 1995)

La distribución de los rayos solares en el planeta no es equitativa debido mayormente a la forma de tierra, a medida que las masas de aguas se van alejando de los trópicos y se acerca a los polos, la influencia del calor decrece drásticamente por lo que se pueden observar temperaturas muy bajas en las masas de agua. (Lemus & Frías, 1995)

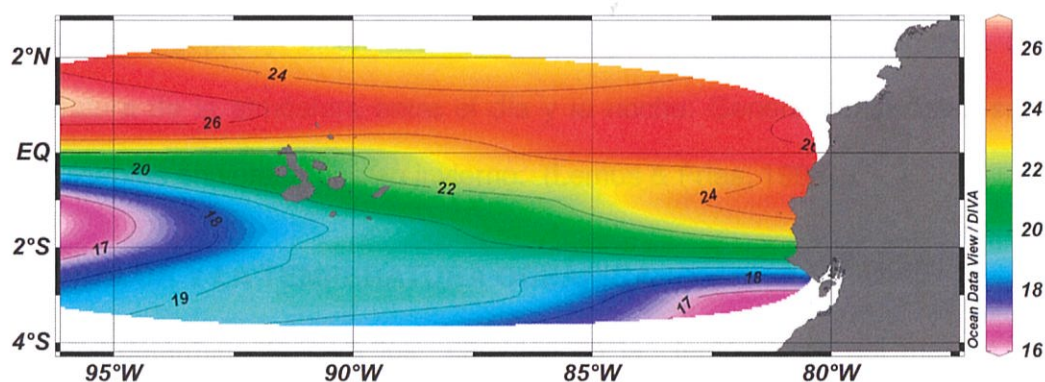


Grafico 2.4 Distribución de la temperatura a nivel local, variación térmica entre 16-26 °C

2.2.4 OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL OCEANO

También se han presentado variaciones de la temperatura del agua del mar a través de largos periodos en determinadas regiones del océano. Por ejemplo, en el Atlántico norte se ha podido registrar un ligero calentamiento de sus aguas que se inició a partir del año de 1900 (Lemus & Frías, 1995)

Otro tipo de cambios en la temperatura del agua del mar son las variaciones diurnas, que sólo se notan en las capas superficiales, ya que en la profundidad son prácticamente nulas. En pleno océano, oscilan de 2 a 4 décimas de grado centígrado, pero cerca de algunas costas pueden llegar a ser varios grados. Las variaciones diurnas dependen de las condiciones meteorológicas locales siendo mayores cuando el día presenta un cielo limpio y sin viento, disminuyendo

cuando éste sopla y existe nubosidad al igual que por los cambios de temperatura de la atmósfera entre el día y la noche. Generalmente éstas son más evidentes en verano que en invierno. (Lemus & Frías, 1995)

2.3 EL CALOR Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA

Un factor determinante para los cambios en la temperatura del mar es la cantidad de calor que recibe. Las aguas oceánicas tienen la capacidad para almacenar calor y por esta propiedad puede actuar como un gigantesco moderador del clima. La Característica de los océanos para conservar el calor permite que la temperatura sea más estable en el mar que en los continentes.

Las principales fuentes de calor en los océanos son:

- Las radiaciones energéticas que llegan del sol
- La energía solar reflejada por el cielo (albedo)
- El calor del interior de la tierra
- Energía derivada de procesos químicos y biológicos que se dan en el océano

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol que llegan hasta la tierra y atraviesan la atmosfera; estas radiaciones pueden pasar de forma directa a los océanos o pueden ser reflectados por las nubes o la tierra (albedo). Las radiaciones y su influencia se distribuyen en la

columna de agua a profundidades medias, sin embargo se pueden extender hasta los mil metros, la penetración de estas radiaciones va directamente relacionada con la turbidez de la columna de agua.

Una fuente ocasional y puntual de aporte de calor a los océanos es la que proviene del interior de la corteza terrestre, la misma que se da a través de los procesos de divergencia, fumarolas hidrotermales, volcanes marinos todo esto en general en zonas geológicamente activas. Los aportes de calor producidos por este tipo de actividad podrían afectar las mediciones de temperatura siempre y cuando estén lo suficientemente cerca.

La energía que es absorbida por los primeros eslabones de la cadena trófica y transformada en alimento y energía química no influencia para nada el entorno por lo que no se contabiliza a la hora de realizar un recuento energético en las zonas circundantes.

Los incrementos o disminuciones de la temperatura en el mar pueden afectar diversos parámetros en los océanos; entre los más importantes están:

La Densidad que disminuye cuando la temperatura aumenta

El oxígeno disminuye conforme aumenta la temperatura

La salinidad que se incrementa con el aumento de temperatura debido a la evaporación del agua.

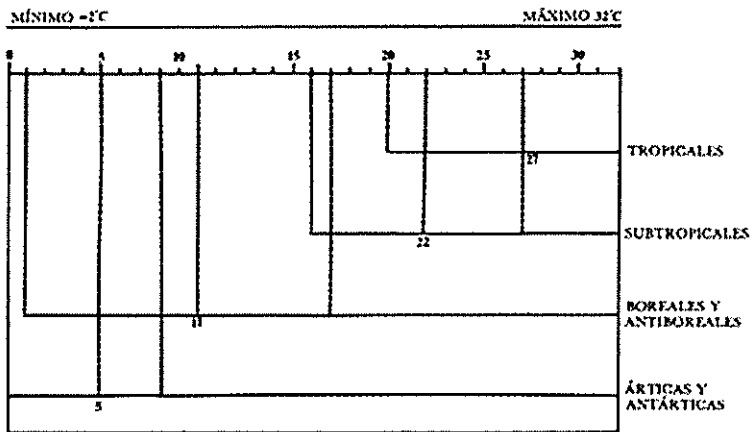


Gráfico 2.5 Distribución de la temperatura en aguas marinas superficiales

En el gráfico se puede observar un rango de temperatura que va desde -2°C hasta 32°C lo que permite clasificar los tipos de masas de aguas superficiales.

2.4 LA EVAPORACIÓN Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA

Otro proceso que interviene en la dinámica de la temperatura oceánica es la evaporación. Esta variable desempeña un papel principal en los cambios térmicos entre la atmósfera y el mar. La evaporación aumenta de acuerdo con el calentamiento que ejerce el Sol sobre la superficie del agua del mar y

representa el 55 por ciento del calor que pasa del océano a la atmósfera. (Lemus & Frías, 1995)

Desde el punto de vista meteorológico, la evaporación causa la formación de nubes, nieblas, precipitaciones atmosféricas y las variaciones térmicas del aire. El oceanógrafo alemán Wüst obtuvo, en 1936, el valor medio de la evaporación en la superficie del mar, al que asignó la cifra de 93 centímetros por año; para toda la masa oceánica este valor representa 334 000 kilómetros cúbicos de agua por año, de los cuales retornan al mar, directamente en forma de precipitaciones atmosféricas, 297 kilómetros cúbicos, mientras que los otros 37 caen sobre los continentes, para volver, por las corrientes fluviales, al mar, de donde la evaporación los vuelve a transformar en nubes (Lemus & Frías, 1995)

Existe una hipótesis de que el mayor regulador de las temperaturas oceánicas es a través de la formación de nube, la misma que crece dramáticamente cuando la temperatura del agua es mayor de 27.5° (Graham and Barnett, 1987). El incremento de la concentración de nubes incrementa el efecto del albedo (reflectividad de la tierra, atmosfera o espacio), el que reduce la radiación solar alcanzando la superficie (Ramanathan and Collins, 1993), lo que mantiene la temperatura superficial a un límite evitando que se incremente (Lemus & Frías, 1995)

En las regiones templadas y polares, tanto la evaporación como la transferencia de calor son mayores en invierno que en verano, ya que en esa época el mar es más caliente que la atmósfera. (Lemus & Frías, 1995)

2.5 MASAS DE AGUA Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA

Como se mencionó con anterioridad la temperatura se distribuye tanto a nivel vertical como horizontal en el planeta debido a la proximidad con los polos y diversos procesos naturales, sin embargo existe procesos particulares como las masas de agua que distribuyen temperaturas específicas a través de los océanos. Las masas de agua tienen salinidad y temperatura específicas, por lo que pueden ser identificadas mediante la medición de estos dos parámetros.

La distribución de las masas de agua del océano se establece primordialmente por su densidad, la que es condicionada fundamentalmente por la temperatura y la salinidad. La temperatura influye en el sentido de que, cuanto mayor es su calor, menos densa es el agua, por lo que las aguas más calientes se encuentran en la superficie. Estas variaciones en temperatura y densidad tienen una influencia trascendental en todos los procesos físicos, químicos y biológicos. En las altas latitudes el enfriamiento de las aguas superficiales hace aumentar su peso y, por lo tanto, se hunden haciendo aflorar las aguas más

templadas, ocasionando con ello movimientos llamados procesos convectivos, lo que produce la homogeneidad de las temperaturas

2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS DE AGUA

Las masas de agua se dividen en 3 capas que se diferencian con la profundidad (Emery, 2002):

1. Aguas superficiales de 0 – 500 metros
2. Agua intermedias 500 – 1500 metros
3. Aguas profundas y abisales 1500 – al fondo.

Se puede afirmar que las distintas masas de agua se forman de dos maneras (Salas, 2014):

1. Por procesos físicos meteorológicos en la superficie (enfriamiento, calentamiento por radiación, evaporación o precipitación, fusión de hielo, etc.).
2. Por mezcla subsuperficial de las masas de agua que se transportan por efecto de las corrientes.
 - a. Fenómeno de Convergencia
 - b. Fenómeno de Divergencia y Sugerencia

- c. Topografía de la Termoclina
- d. Convección y Recirculación.

a.- Fenómeno de Convergencia.- Se producen en zonas donde convergen las corrientes; esto provoca el hundimiento de grandes cantidades de agua de la superficie. Son llamados frentes. Las más notables en el mundo son (Salas, 2014):

- Convergencia Antártida, entre 50º y 60º Lat. Sur rodean al globo (masas de agua intermedias).
- Convergencia Ártica, en las zonas occidentales del Pacífico y el Atlántico (masas de agua profundas).
- Convergencias subtropicales, se les encuentra entre los 35º y 45º de latitudes Norte y Sur (aguas superiores).
- Convergencias Tropicales, que se forman en la zona ecuatorial (determinan la formación de aguas superiores).

b.- Fenómenos de Divergencia.- Como el nombre lo sugiere, es el efecto contrario al anterior, donde las corrientes que divergen ocasionan un vacío momentáneo que ocasiona un movimiento vertical de aguas de fondo hacía arriba produciendo un afloramiento.

Las zonas de la Antártida son las más notables, sin embargo, por efecto de la fuerza de Coriolis, la divergencia puede no ser entre dos corrientes sino entre una corriente y las Costas Occidentales de los continentes; en este caso se denomina surgencias o más como afloramiento.

Las zonas de afloramiento más importantes son precisamente aquellas frentes a las costas de California, Perú, África Nor-Occidental y Sur-Occidental (Salas, 2014).

c.- Topografía de la Termoclina (factores ambientales).- Es posible identificar una serie de capas ubicadas a diferentes profundidades, éstas son diversas masas de agua y son (Salas, 2014):

- Agua superficial, hasta 150 m. de profundidad aproximadamente. Está muy influenciada por los factores externos.
- Agua superior, suele encontrarse de 150 a 700 m. de profundidad. Está determinada por la temperatura y por las corrientes.

Por debajo de estas dos capas, los fenómenos ambientales afectan poco en la determinación de las masas de agua. Las que están por debajo de las ya mencionadas son:

- Agua intermedia, proviene de las aguas de las cuencas que descargan por encima del umbral y se vierten al Océano buscando su nivel correspondiente de densidad (700-1500 m.)
- Aguas profundas, se encuentran entre 1500 y 3000 m de profundidad. Se originan del hundimiento de las aguas en altas latitudes.
- Aguas de fondo, se encuentran a partir de los 3000 m. hacía abajo. Proviene del hundimiento de aguas muy densas derivadas de la formación de hielos.

d.- El Fenómeno de convección y recirculación.- Este fenómeno generalmente se presenta en zonas subtropicales donde los cambios estacionales de temperatura son muy pronunciados.

A pesar del alto calor específico del agua, el agua superficial está más expuesta a los cambios estacionales de temperatura; luego un agua superficial que se enfría aumenta su densidad y tiende a hundirse más rápidamente que un agua menos superficiales.

Además de los cuatro factores mencionados, cabe citar que las barreras físicas cumplen un rol importante en determinación de las características del agua contenida en una cuenca. Un peñón puede prevenir la entrada de agua densa y fría y así, la cuenca, aún a profundidad, puede ser llenada con agua

relativamente cálida, la que fluye sobre la cima del peñón tal como es el caso de los fiordos y de otras configuraciones topográficas similares (Salas, 2014).

2.5.2 DISTRIBUCIÓN DE LAS MASAS DE AGUA DEBIDO A TEMPERATURA

Existen a nivel mundial identificadas 37 masas de agua principales donde: 17 son superficiales, 12 intermedias y 8 profundas (Emery, 2002).

Masas de Agua del Océano Pacífico

El Océano Pacífico se extiende aproximadamente 15 000 km desde el mar de Bering y el Ártico por el norte, hasta los márgenes congelados del mar de Ross en la Antártida por el sur.

El Océano Pacífico se encuentra dividido en dos cuencas por la línea ecuatorial y el Ecuador se encuentra influenciado por ambas.

Dentro de la cuenca del Pacífico se encuentran 15 de las 37 masas de agua mundiales las que se diferencian entre sí por la temperatura, salinidad y profundidad a la que se presentan. A continuación un cuadro con el detalle. (Emery, 2002)

Tabla I Masas de Agua del Océano Pacífico

Nombre	Temperatura (°C)	Salinidad (%)
Agua Sub-Ártica Superficial del Pacífico	3,0 - 15,0	32,6 - 33,6
Agua Nor-Occidental Central del Pacífico	10,0 - 22,0	34,2 - 35,2
Agua Nor-Oriental Central del Pacífico	12,0 - 20,0	34,2 - 35,0
Agua Nor-Oriental de Transición del Pacífico	11,0 - 20,0	33,8 - 34,3
Agua del Pacífico Ecuatorial	7,0 - 23,0	34,5 - 36,0
Agua Sur Occidental Central del Pacífico	6,0 - 22,0	34,5 - 35,8
Agua Sur Oriental Central del Pacífico	8,0 - 24,0	34,4 - 36,4
Agua Sur Oriental de Transición del Pacífico	14,0 - 20,0	34,6 - 35,2
Agua Sub Ártica intermedia del Pacífico	5,0 - 12,0	33,8 - 34,3
Agua Intermedia de California	10,0 - 12,0	33,9 - 34,4
Agua Intermedia del pacifico sur oriental	10,0 - 12,0	34,0 - 34,4
Agua Antártica Intermedia	2,0 - 10,0	33,8 - 34,5
		34,62 -
Agua Circumpolar Profunda	0,1 - 2,0	34,73
Agua Sub-Antártica superficial	3,2 - 15,0	34,0 - 35,5
Agua Antártica Superficial	1,0 - 1,0	34,0 - 34,6

2.6 PROCESOS OCEANOGRÁFICOS Y LA TEMPERATURA OCEÁNICA EN EL ECUADOR

El sistema oceánico frente a las costas ecuatorianas y la región en general es complejo, en esta zona convergen masas de agua (superficiales y subsuperficiales), surgencias, frentes oceánicos y corrientes. Cada uno de estos sistemas tiene características únicas que influyen de manera directa en el entorno y lo más importante cada una de estas se encuentra asociada a parámetros específicos como temperatura, salinidad, etc.

El conocimiento de las características físicas permite determinar si un proceso oceánico que se está dando es normal o existe algún tipo de anomalía.

2.6.1 MASAS DE AGUAS SUPERFICIALES:

En la superficie del mar en la región cercana al Ecuador se distinguen las siguientes masas de aguas (Wyrky, 1967):

Aguas Tropicales Superficiales: Se caracterizan por su alta temperatura (mayores de 25°C) y baja salinidad (menores de 34 ppt). Se presentan al norte de los 4°S. Las más bajas salinidades se hallan en el Golfo de Panamá y frente a las costas de Colombia, donde las salinidades varían de 34 ppt a menos de 30 ppt al final de la estación de lluvia (Bennet, 1963)

Aguas Subtropicales Superficiales: Se caracterizan por un rango variable de temperatura (entre 28° a 15°C) y alta salinidad (mayores de 35 ppt) que se incrementa debido al exceso de evaporación sobre la precipitación. Las mayores concentraciones de salinidad se encuentran entre latitudes 12°S y 25°S y longitudes 100°W y 150°W.

Aguas Ecuatoriales Superficiales: se encuentran entre las Aguas Subtropicales Superficiales y las Aguas Tropicales Superficiales, se forman de la unión de estas masas de agua frente a las costas de Ecuador. Se presenta generalmente al norte de los 6°S, con salinidades <34.8 ppt (Zuta & Guillén, 1970)

2.6.2 MASAS DE AGUAS SUBSUPERFICIALES:

Se ha realizado un estudio detallado sobre las masas de agua en la sub-superficie y señala que las Aguas Subtropicales Subsuperficiales caracterizadas por capas mínimas de oxígeno disuelto son las únicas formadas en la región. Las otras masas de agua son formadas fuera de la región y penetran dentro de ellas por medio del flujo horizontal y en gran escala debido a las mezclas horizontales. (Wyrky, 1967)

Las Aguas Subtropicales, formadas en el medio del Pacífico Ecuatorial, se encuentran a lo largo del Ecuador como una lengua de máxima salinidad

centrada aproximadamente entre los 100 m - 200 m de profundidad, las que son atrapadas por la Sub-corriente Ecuatorial (Corriente de Cromwell) y llevadas hacia el este. Cerca de las Islas Galápagos presenta un máximo cerrado de salinidad, el cual hace contraste con el agua subsuperficial menos salina del norte y sur del Ecuador ((Guillén, 1983).

La capa mínima de oxígeno disuelto frente al Perú se encuentra entre 15°C y 50°C, y tiene casi las mismas características de temperatura y salinidad señaladas para la masa del Pacífico Ecuatorial (Sverdrup, Johnson, & Fleming, 1942). Esta misma agua fue llamada por Agua Ecuatorial Subsuperficial (Wyrki, 1963) . Frente al Perú, hacen una diferencia denominando Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales a las aguas asociadas con valores relativamente altos de salinidad (34.9–35.1 0/00) y de oxígeno, vinculados a la extensión de la Corriente de Cromwell y Aguas Ecuatoriales Profundas a las aguas con salinidades de 34.9 – 34.0 0/00 y que coinciden con el mínimo de oxígeno y fluyen hacia el sur. (Zuta & Guillén, 1970).

La capa superior de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales presenta dos máximos de salinidad con sus correspondientes mínimos de oxígeno: uno costero asociado a la Contra- corriente Subsuperficial Peruano-Chilena, la cual avanza hasta más allá de 41°S (Alarcón & Pineda, 1969.); (Wooster &

Gilmartin., 1961), y otro oceánico más atenuado relacionado con la Contracorriente Oceánica Peruana y que llega más allá de los 33°S. (Wyrki, 1963)

Las aguas con salinidades menores de 34 0/00 y temperaturas menores de 15°C que fluyen hacia el norte de las costas de Chile cerca de la Convergencia Subtropical (Latitud 35°S) se hunden por debajo de las Aguas Subtropicales Superficiales que tienen salinidad y temperatura ligeramente mayor. Dicho flujo puede ser seguido por la salinidad mínima a 100 m de profundidad que se dirige hacia el norte de Chile y sur del Perú hasta cerca de los 15°S. (Guillén, 1983)

El Agua Antártica Intermedia se forma cerca del Frente Antártico Polar y se extiende hacia el norte entre las profundidades de 500 y 1500 m (Wyrky, 1967) ; y (Robles, 1966) y se caracteriza por su mínima salinidad. Al sur de los 15°S la salinidad es menor de 34.5 ppt y el contenido de oxígeno es alto. Al sur de 20°S la salinidad mínima coincide más o menos con la máxima de oxígeno (1.0 - 2.0 ml/L).

2.6.3 FRENTE ECUATORIAL

El Frente Ecuatorial es el resultado de la convergencia de las aguas frías de la Corriente Peruana que viene del norte del continente y las Tropicales Superficiales que fluyen hacia el sur. Dicho frente ocupa una banda cuasizonal

de cerca de 3° de latitud de ancho localizado entre los 0° y 5°S cerca del continente y se extiende en sentido oeste-noreste cerca de las Islas Galápagos, hallándose entre los 0° y 3°N . El frente se distingue con temperaturas desde 19° hasta 25°C y salinidades desde 35 a 33.5 ppt de sur a norte, respectivamente (Guillén, 1983)

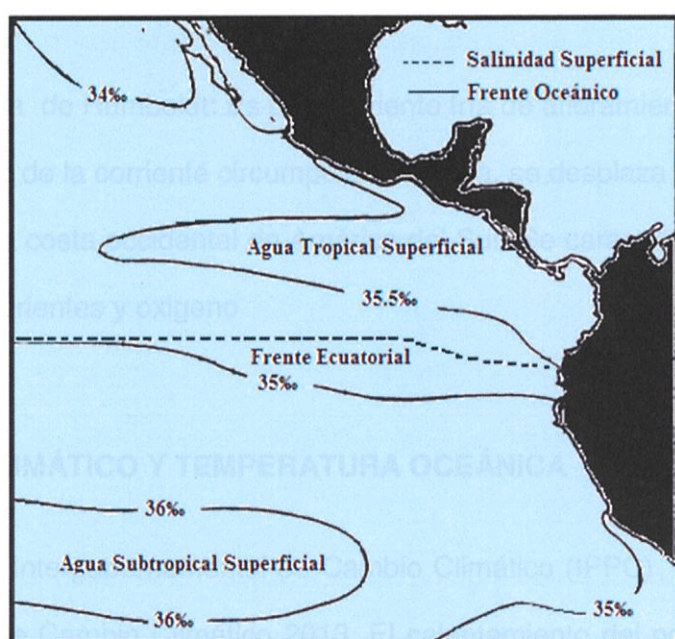


Figura 2.1 Distribución de las masas de agua en las zonas circundantes a Ecuador

2.6.4 CORRIENTES

Corriente del Niño o Corriente Cálida de Panamá: Es una corriente cálida que se desplaza desde la cuenca de Panamá en la parte del Pacífico hacia el sur, aparece generalmente entre los meses de diciembre a abril. Esta corriente

provoca el aumento de la temperatura superficial del mar y sus meses de mayor intensidad son de febrero y marzo que se asocian en parte a la época de lluvias en el Ecuador. En su máximo desplazamiento se extiende hasta las costas peruanas. Al ser una corriente cálida es pobre en nutrientes lo que causa impactos en el sector pesquero durante el tiempo de su presencia.

Corriente costera de Humboldt: Es una corriente fría de afloramiento que resulta de la bifurcación de la corriente circumpolar antártica, se desplaza de sur a norte en la costa en la costa occidental de América del Sur. Se caracteriza por su alto contenido en nutrientes y oxígeno

2.7 CAMBIO CLIMÁTICO Y TEMPERATURA OCEÁNICA

Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPPC) en su informe Bases Físicas de Cambio Climático 2013. El calentamiento del océano domina el incremento de la energía almacenada en el sistema climático, contabilizando más del 90% de la energía acumulada entre 1971 y 2010 (con alta confianza) Esto es un dato virtualmente certero ya que la capa superficial del océano (0-700m) ha estado caliente desde el 1971 hasta el 2010. Y probablemente caliente entre 1870 y 1971A escala global, el calentamiento del océano se concentra más en la superficie, y sobre los 75m el calentamiento es en

alrededor de 0.11 [0.09 a 0.13] °C por década sobre el período 1971 a 2010. Desde el Cuarto Informe del IPCC sesgos en las mediciones de temperatura almacenadas han sido identificadas y reducidas, aumentando el nivel de confianza en la evaluación del cambio. . (IPCC & Stocker, 2013)

Es probable que el calentamiento del océano entre los 700 y 2000m venga desde 1957 al 2009. Observaciones suficientes se encuentran disponibles en el periodo 1992 al 2005 para una apreciación global del cambio de la temperatura cambio por debajo de los 2000m. No se han observado tendencias significativas entre los 2000 y 3000 m. es probable que el océano se haya calentado desde los 3000m al fondo en este periodo, con el gran calentamiento observado en el Océano Austral. . (IPCC & Stocker, 2013)

Más del 60% del incremento en la red de energía del sistema climático es guardada en el océano superficial (0-700 m) Durante el periodo de muestreo de 40 años de 1971 a 2010, cerca del 30 % es almacenada en la capa del océano por debajo de los 700m. El incremento en el contenido de calor en la capa superficial del océano en este periodo de tiempo se estima de una tendencia lineal $17 [15 \text{ a } 19] \times 10^{22} \text{ J7}$. (IPCC & Stocker, 2013)

CAPITULO 3

3.1 EQUIPOS Y METODOLOGÍAS PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

3.1.1 INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior se realizó la descripción de la variable Temperatura, su comportamiento y relación con otros parámetros. En éste se detallará los equipos y metodologías que se utilizan en Ecuador para realizar las mediciones.

Cabe mencionar que a través de los años los equipos y metodologías de medición han cambiado considerablemente, con esto se han reducido los tiempos para los muestreos y se ha profundizado la toma de los parámetros, lo que ha ayudado a que se pueda definir mejor el comportamiento e impacto de la temperatura en las costas ecuatorianas y el mundo.

3.1.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA.

La medición de la temperatura en el océano utiliza diferentes técnicas entre convencionales y especializadas, como las que se usan para las mediciones a gran profundidad donde las presiones hidrostáticas son altas y se debe proteger el sistema de medición de los cambios que se producen en la columna de agua cuando se regresa el sistema a la embarcación.

En la mayoría de las técnicas de detección, el cambio de temperatura a medida que aumenta la profundidad es pequeño, por lo que es necesario hacer detectable la medición de la temperatura mediante métodos de amplificación que difieren con cada instrumento.

A nivel internacional existen en la actualidad una serie de equipos para medición de temperatura, sin embargo en esta tesis el enfoque será en los equipos y metodologías de las campañas que se realizan en Ecuador.

Equipos usados:

- Termómetros de Balde
- Equipos de Medición de Conductividad, Temperatura y Profundidad (CTD)
- Vehículos autónomos submarinos (Gliders)
- Sensores meteorológicos satelitales (imágenes satelitales)

Termómetro de balde

El termómetro es uno de los instrumentos más sencillos que existe para la medición de temperatura, usa el método de expansión de líquidos, en este caso el mercurio para detectar el cambio de temperatura mediante un sensor

El termómetro de balde o fuera de borda sirve para la medición de la temperatura del agua en la superficie y la extracción de muestras de agua que se llevan a bordo de una embarcación. La estructura del balde está hecha de latón a fin de evitar en su mayor parte el intercambio de temperatura con el ambiente y recubierto de goma para protegerlo de los golpes por movimiento de la embarcación, en el centro de la estructura va el termómetro recubierto por un tubo protector de latón con escala de visualización exterior que va de -10 a $+40^{\circ}\text{C}$ con divisiones de 0.5°C



Figura 3.1 Termómetro de Balde.

(Vista superior)



Figura 3.2 Termómetro de Balde.

(Vista frontal)

Equipos de Medición de Conductividad, Temperatura y Profundidad (CTD)

Es un equipo para determinar propiedades físicas esenciales del agua de mar que tiene como función primaria detectar como la conductividad y la temperatura de la columna de agua va cambiando con la profundidad. La conductividad es una medición de que tan bien una solución conduce la electricidad; la conductividad está relacionada directamente a la salinidad que es la concentración de la sal y otros componentes orgánicos en el agua de mar. La salinidad es una de las mediciones básicas usada por los investigadores y cuando se combina con los datos de temperatura, las mediciones de salinidad pueden ser usadas para determinar la densidad del agua de mar que es la fuerza primaria que maneja los movimientos de las corrientes oceánicas

El CTD mide en tiempo real o demorado las propiedades del agua de mar, los datos son transferidos a través de un cable conductor a una computadora en donde previamente se ha instalado el software de visualización y captura de datos.

Los CTDS pueden proveer perfiles de parámetros físicos y químicos a través de la columna de agua. Por el análisis de estos parámetros, los científicos pueden diferenciar acerca de la ocurrencia de ciertos procesos biológicos, así como blooms de algas. Cambios repentinos o anomalías en una o más propiedades pueden ser medidas y pueden alertar a los científicos de un fenómeno inusual.

Generalmente el CTD se adjunta a la roseta multimuestreadora (equipo para toma de muestras de agua) lo que permite determinar las profundidades a las que se colectan las muestras

El conocimiento obtenido ayuda a los científicos a un mejor entendimiento de los factores que influyen la distribución y abundancia de las especies en áreas particulares del océano

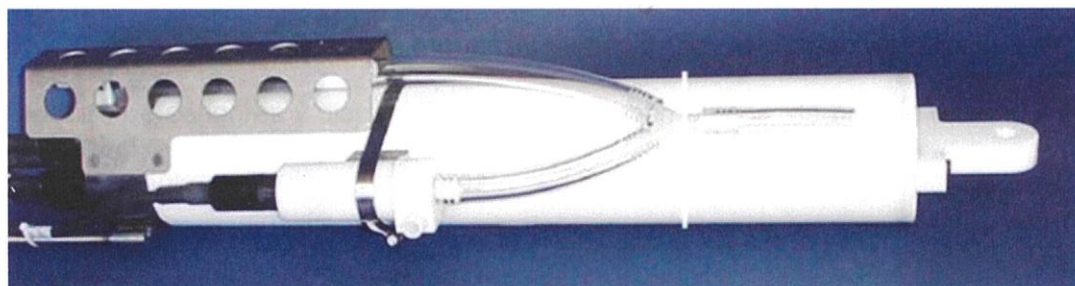


Figura 3.3 Equipo CTD

Vehículos autónomos submarinos (AUV)

Son robots submarinos con capacidad de movimiento y desarrollo de misiones bajo el agua sin que sean comandados directamente por un operador ni que estén asociados a embarcaciones, los investigadores programan la ruta de interés lo que les permite explorar áreas difíciles a las cuales otros equipos no podrían acceder. Usan cambios en su boyantes para sumergirse y emerger, alas para maniobrar y un sistema de propulsión de bajo poder por lo tanto los AUV disponen de autonomía energética e inteligencia suficiente para llevar a cabo las tareas programadas

Estos equipos mantienen la información almacenada hasta que emergen, una vez en la superficie mandan los datos a través de satélites o vía telefónica. Pueden ser programados para navegar durante semanas o meses debido a su autonomía y pueden incluir una variedad de sensores.

La instrumentación que puede montar el vehículo (payload) la integra un amplio espectro de sensores y dispositivos: sónares (batimétricos, de barrido lateral, de apertura sintética, etc.), sensores CTD (Conductividad, Temperatura y Profundidad), ecosondas, videocámaras, etc. Normalmente los AUV tienen un diseño modular para que pueda instalarse un tipo u otro de sensores, dependiendo de la misión, proporcionando así una gran versatilidad de uso

Las dimensiones de un AUV van desde el metro y medio a los siete metros, siendo los mayores normalmente aquellos diseñados para operar a mayor profundidad. La velocidad máxima en inmersión ronda los cuatro u ocho nudos, según el modelo.



Figura 3.4 Glider INOCAR en Tierra

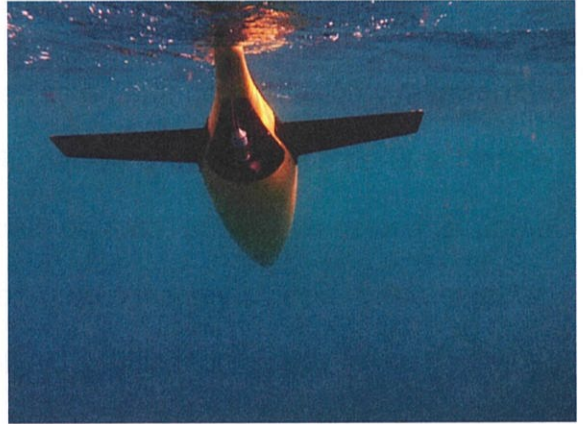


Figura 3.5 Glider INOCAR sumergido

Sensores meteorológicos satelitales (teledetección)

Los sistemas de teledetección adquieren información de temperatura y otras variables de manera remota, es decir sin que exista contacto con la superficie que se mide, usando instrumentos llamados sensores. Estos dispositivos pueden detectar varios tipos de energía, como la radiación electromagnética, gravedad, magnetismo, geofísica y ondas de radio. Pero por lo general, la fuente de energía más común que la mayoría de los dispositivos o sensores remotos

utilizan, para registrar los datos de la superficie terrestre, es a partir de las distribuciones de energía dentro del “Espectro Electromagnético” (EEM).

La manera en que trabajan los sensores es a partir de la emisión y reflexión de la “Radiación Electromagnética” (REM), debido a los atributos de la superficie terrestre. La fuente de energía generadora de datos puede ser natural (el Sol) o artificial (generada por el propio sensor). Los sensores activos, como el radar, generan la radiación directa hacia un objeto, registrando de esa forma los datos. Estos sistemas de sensores llamados activos, operan en los espectros de microonda y ondas de radio dentro del Espectro Electromagnético (EEM) en cambio los sensores pasivos, registran la radiación del sol. Dentro del EEM, captan el visible, el infrarrojo cercano, infrarrojo medio, y las longitudes de onda del infrarrojo termal. Algunos sensores de microonda son pasivos.

Los datos que registran los sensores pueden grabarse en formato fotográfico o digital (numérico).

Los datos deben estar en formato digital para procesarlos en computadora, por lo que cualquier dato grabado fotográficamente, necesita ser convertido a formato digital (numérico).

Los sensores remotos capaces de obtener datos a partir de la energía electromagnética, son instrumentos que pueden ser colocados en plataformas orbitales, llamados “satélites” o, ser aerotransportados, “aviones”. Estas características van a determinar la resolución (espacial y espectral) produciendo una amplia variedad en los datos, para ser utilizados desde la confección de un mapa, cuantificar o monitorear los diferentes recursos de la Tierra, hasta determinar la química de los materiales. Lo que les da una ventaja debido a la cobertura global debido al posicionamiento de los satélites, la programación de la frecuencia temporal de captura de datos y la homogeneidad de los datos adquiridos.



Figura 3.6 TeraScan receptor de datos satelitales proyecto MOSARG- INOCAR

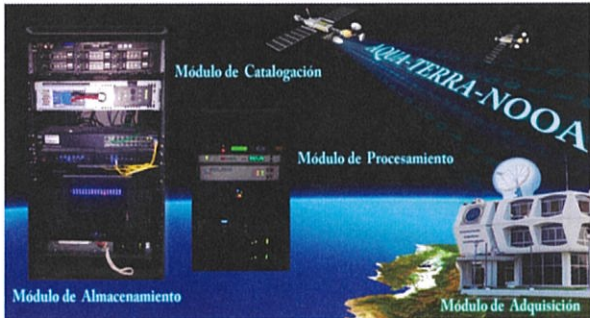


Figura 3.7 Módulos de procesamiento de datos satelitales proyecto MOSARG- INOCAR

3.1.2 Metodologías de medición

A pesar de la importancia de los datos de temperatura para el estudio del comportamiento oceánico y su impacto en el entorno, existen pocas metodologías descritas que estandaricen los procesos de toma de temperatura. Realmente las metodologías encontradas se basan en las recomendaciones del fabricante o en la clasificación de la calidad del dato mediante banderas de calidad después del proceso de adquisición y almacenaje

En el capítulo 4 de esta tesis se describirá una metodología en base a la información obtenida a la investigación y al uso común de equipos CTD que se da en las instituciones de investigación en el país y la región.

CAPITULO 4

4.1 METODOLOGÍA

4.1.1 GENERALIDADES

Para definir esta metodología se ha recopilado información nacional e internacional acerca de estándares y guías metodológicas, además se realizó también un levantamiento de información en las siguientes instituciones nacionales con injerencia en el ámbito marino:

- Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
- Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)
- Instituto Nacional de Pesca (INP)
- CONSULSUA C. LTDA.

Es importante mencionar que actualmente en el Ecuador tanto las instituciones de investigación públicas como privadas tienen equipos CTD SEA Bird Electronic por lo que resulta más fácil desarrollar una metodología que pueda ser usada a nivel local y que ayudaría a homogenizar los resultados de las investigaciones y poder intercambiar sin problema en algún momento la data entre instituciones enfocándose en un bien común.

Tabla II Listado de Equipos CTD por institución consultada.

Nombre de Institución	Tipo de Institución	Marca	Modelo	Sensores Extra
ESPOL	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19 Plus V2	Clorofila y Turbidez
ESPOL	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19 Plus V2	Clorofila y Turbidez
INOCAR	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19	

INOCAR	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19	
INOCAR	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19 Plus	
INOCAR	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19 Plus V2	Ph, Oxígeno, Fluorometro de Clorofila
INP	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19 Plus	Fluorometro/ Turbidimetro
INP	Publica	Sea Bird Electronics	SBE 19 Plus	
CONSULSUA	Privada	Sea Bird Electronics	SBE 19 Plus V2	Oxígeno/Ph

4.2 CALIBRACIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS EQUIPOS CTD SEA BIRD

Todas las etapas dentro de la investigación son importantes, sin embargo la de calibración y preparación de los equipos CTD´s resulta crítica, debido a que esta asegura la veracidad de la calidad de los datos. Un equipo mal calibrado puede dar mediciones erróneas que influirán directamente en la credibilidad de la investigación.

Según las recomendaciones que realiza la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura (UNESCO) mediante su manual de

Adquisición, Calibración y Análisis de Datos de CTD, los países deben contar con laboratorios de calibración y preparación de equipos a fin de reducir considerablemente los márgenes de error en las campañas de investigación dando especial énfasis a los siguientes puntos:

- La calibración de los equipos se debe realizar antes y después de cada medición.
- Cada proceso de calibración debe ser documentado y almacenado para ir construyendo curvas de comportamiento de los equipos y sensores a fin de poder comparar comportamientos de las variables y sus mediciones en laboratorio e in situ.

Sin embargo, la realidad presupuestaria de las instituciones de investigación en Latinoamérica no hace posible invertir para implementar un laboratorio de calibración, por lo que es comúnmente aceptado que los equipos CTD SEA Bird sean enviados a la matriz de SEA Bird Electronics en Estados Unidos. Atendiendo a un plan de calibraciones que se diseña con la casa comercial a fin de minimizar al máximo los errores que los equipos puedan tener debido al tiempo de uso.

La corroboración de esta situación se realizó mediante conversaciones con personal de las siguientes instituciones

- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México (CICESE)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- Universidad de Concepción, Chile.

En vista de lo antes mencionado una de las instituciones de Investigación Oceanográfica del Ecuador (INOCAR) ha implementado un sistema de registro (Kardex de Equipos) en donde consta toda la información de calibración de cada equipo que regresa al Ecuador lo que se puede observar en el Anexo A . Esta información es valiosa debido a que con cada calibración los valores de las constantes de medición cambian y cada equipo tiene su configuración particular debido al proceso. Detalle que puede ser apreciado en el Anexo B

Por lo antes mencionado en Ecuador la preparación comienza directamente por la prueba de equipos previo a la medición y el investigador confía estrictamente en el conocimiento que tiene sobre la zona y sus rangos de temperatura en el momento del procesamiento y validación de data.

4.3 METODOLOGIA PROPUESTA

El presente trabajo tiene como finalidad sugerir una metodología que ayude a homogenizar el proceso de toma de datos de temperatura con equipos CTD en el país, enfocándose principalmente en las Instituciones que realizan

investigación en el campo oceanográfico. La metodología se encuentra dividida en siete pasos básicos que se ilustran en el grafico 4.1

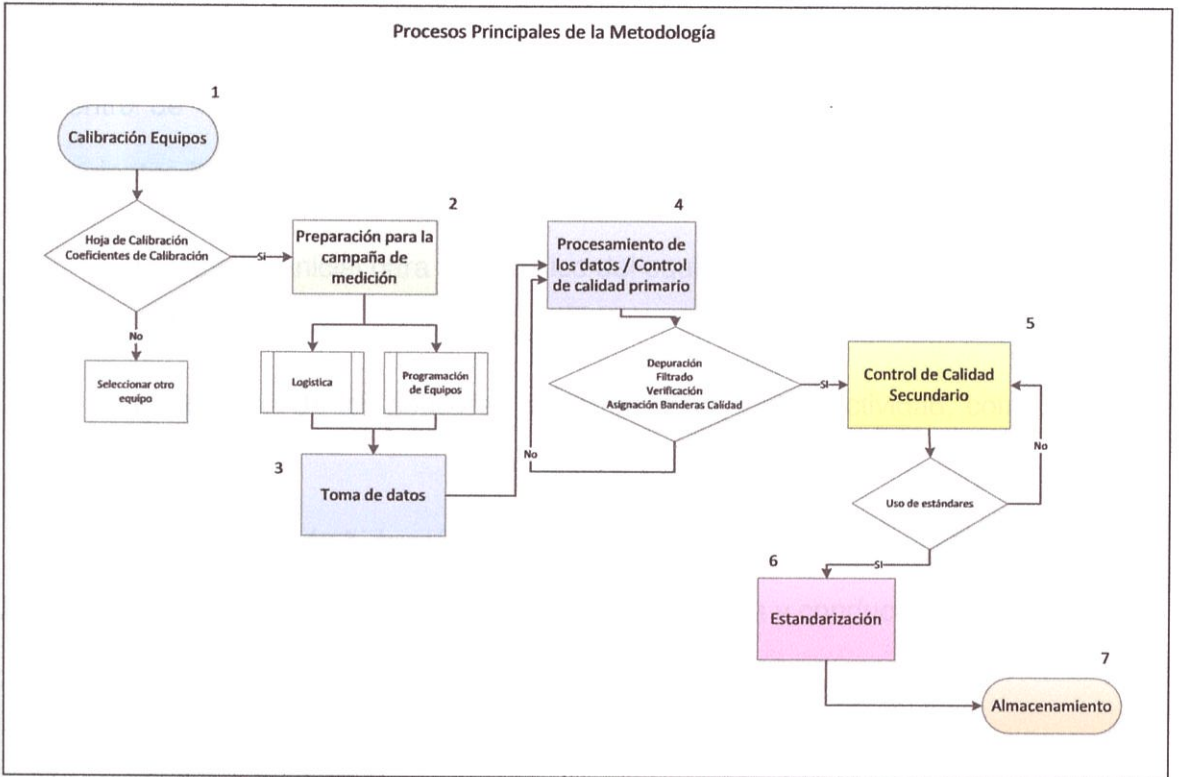


Gráfico 4.1 Diagrama del Procesos de la Metodología sugerida

4.3.1 CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.

Como se mencionó en las generalidades de este capítulo, la calibración de los equipos no se puede realizar en el país por lo que se envían a los laboratorios de la Sea Bird Electronics en Estados Unidos. Los mantenimientos son

planificados para realizarse cada 3-4 años o dependiendo del uso del equipo (mayor uso requiere calibración más temprana) y el proceso de calibrado en laboratorio dura alrededor de un mes.

Dentro de los principales pasos dentro del proceso de calibración están los siguientes ítems:

- Evaluación Inicial para diagnóstico del equipo
- Calibración del sensor de presión
- Calibración de los sensores de temperatura y conductividad, como post crucero.
- Test de presión hidrostática
- Calibración final de los sensores de temperatura y conductividad.
- Evaluación completa del sistema y diagnostico final.
- De ser necesario reemplazo de partes particulares en los equipos

Cada proceso de calibración es documentado y entregado con los equipos calibrados, en este documento constan los pasos seguidos, las curvas de calibración, coeficientes de calibración usados y los nuevos archivos de configuración. En los Anexos B y C se puede observar lo descrito en esta sección

4.3.2 PREPARACIÓN DE CAMPAÑA DE MEDICIÓN Y EQUIPOS

4.3.2.1 Preparación de la campaña de Medición.

A fin de obtener datos que resulten confiables para generar productos o investigaciones es necesario minimizar el riesgo de posibles errores en la logística que puedan afectar las mediciones, por este motivo se recomienda hacer una lista de chequeo con los siguientes puntos:

- Definir el área donde se van a realizar las mediciones (cuadrante, coordenadas). Recabar información acerca de las características del cuerpo de agua, patrones de temperatura para épocas seca, húmeda y eventos extremos a fin de tener una idea acerca de las condiciones generales del sector.
- Detallar el plan de mediciones: cuánto se medirá, cada cuánto se medirá, hasta que profundidad, si existe una zona de interés respecto a la profundidad (este detalle se trasladará luego al software del equipo) además se debe verificar también el buen estado de los sensores, puntos de conexión, sellos o tapas y baterías.

- En lo posible se debe proteger el equipo con jaula especialmente diseñada para aislarlo y evitar que sus partes entren en contacto directo con el entorno
- Revisar la logística de transporte del equipo con el fin de preservar la calibración y su seguridad.
- Si el equipo no es usado por mucho tiempo, es recomendable realizar una limpieza con un cepillo y gran cantidad de agua dulce.
- Instalar el software del equipo y los diferentes programas para manejarlo.

4.3.2.2 Programación de Equipos

Así como la preparación de la campaña de medición, la programación de los equipos es otro paso importante previo a la realización de las mediciones. En esta etapa se pone en práctica el diseño que se realizó anteriormente y además se colocan los detalles en el software SeaTerm para el uso del equipo. A continuación los pasos más importantes:

- Identificar el Modelo del CTD a fin de usar los valores correctos de configuración (Información que debe estar almacenada en un Kardex). Realizar pruebas de comunicación.

- Con la ayuda del programa definir la tasa de almacenamiento, cuantos datos serán tomados por minuto según la modalidad que se haya elegido para hacer la medición.
- Programar el equipo para que en la cabecera muestre los nombres de los parámetros que se van a medir.
- Asegurarse de que los datos de las mediciones anteriores han sido descargados, a fin de contar con el espacio suficiente para el almacenaje de los datos de la nueva campaña de medición.
- Se deben almacenar todos los archivos que se generen y usen para la configuración del equipo (.hex, .cnv, .con)

4.3.3 TOMA DE DATOS

4.3.3.1 Según el objetivo

Los equipos CTD se pueden sumergir para la medición de dos maneras:

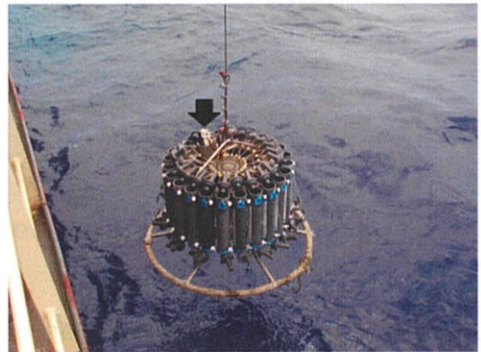
- a) Acoplados a una roseta multimuestreadora.
- b) Independientes

4.3.3.1.1 CTD Acoplados a una roseta multimuestreadora.

Los equipos CTD se acoplan a una roseta multimuestreadora (Figuras 4.2 - 4.3) cuando se desea realizar una comparación entre varios parámetros en la columna de agua. Mientras que con el CTD se mide la temperatura y conductividad, la roseta toma muestras de agua a diferentes profundidades lo que permite estudiar parámetros químicos como nitritos, nitratos, silicatos, pH, etc.



Figuras 4.2 CTD en Roseta Multimuestreadora sobre cubierta



Figuras 4.3 CTD sumergiéndose acoplado en la Roseta Multimuestreadora

4.3.3.1.2 Independientes

Los CTD se bajan de manera independiente (Figura 4.4) cuando se desean estudiar básicamente los parámetros físicos en la columna de agua, con énfasis en el estudio de la estructura térmica de un lugar.



Figura 4.4 CTD listo para medición

4.3.3.2 Según el Modelo de Toma de Datos

Dependiendo de la urgencia de obtención de los datos y la obtención de los resultados se pueden definir las siguientes formas de toma de datos:

- a. En Tiempo Real transmitiendo la data a través del cable conductor
- b. Modo Autocontenido, el equipo realiza las mediciones y las almacena para ser descargadas en el momento que el investigador lo desee.

La toma de datos en tiempo real se realiza básicamente cuando se necesita obtener resultados inmediatos con el fin de analizar el comportamiento de un sector específico en un lapso de tiempo determinado. Un ejemplo de esto son los cruceros regionales que realiza el INOCAR con el fin de monitorear y determinar la presencia de anomalías en el mar Ecuatorial.

Por el contrario las mediciones en el modo autocontenido se caracterizan por almacenar los datos en la memoria del equipo por el tiempo que el investigador estipule, para ser descargados al final de una campaña o de un día de medición.

En esta opción se puede presentar de dos maneras:

- a) Como perfilador, dónde el equipo toma la temperatura en la columna de agua a medida que desciende y asciende, a una tasa de cuatro mediciones por segundo de manera continua hasta una profundidad definida. Promediando los datos en tiempo real y almacenándolos en la memoria. (Emery & Thomson, 2001).
- b) Como Punto fijo (amarrado): El Equipo permanece en un solo punto de la columna de agua y realiza las mediciones una vez cada 10 segundos cada cuatro horas. (Emery & Thomson, 2001)

4.3.3.3 Recomendaciones Generales para la toma de Datos con equipos CTD

Externalidades/Incidentes /Factores Mecánicos que se deben prevenir a fin de que la calibración sea lo más estable posible

- Proteger el equipo de temperaturas extremas, y solo permitir cambios pequeños más allá de los rangos normales. Solo equipos especialmente adaptados deben ser expuestos a temperaturas extremas o para los viajes en avión de gran altitud en bodega de carga sin calefacción. (Emery & Thomson, 2001)
- El sensor de temperatura debe estar colocado de manera en que se evite los golpes con superficies duras, un termómetro doblado trabajará probablemente pero su calibración puede haber cambiado en muchos milímetros (Emery & Thomson, 2001)
- Llevar el equipo con cuidado desde los laboratorios hasta las embarcaciones
- La duración de las baterías para las mediciones con el equipo en modo localizado/ o punto fijo depende de varios factores, entre ellos el tipo de sensor de presión y la configuración de la duración de las mediciones. Sin embargo en general 9 baterías alcalinas tamaño D proveen 60 horas de

operación en el modo perfilador, la memoria RAM de 64 Mbyte almacena en promedio 400 horas de mediciones de conductividad, temperatura, y presión en el intervalo de 4 mediciones por segundo (Emery & Thomson, 2001)

- Aislar el equipo de la vibración de la nave cuando este en la cubierta o en el almacenamiento.

Recomendaciones Al momento de realizar la maniobra de Inmersión y extracción del Equipo

- Colocar a la estructura protectora del CTD un peso extra, entre 15 a 30 Kg para reducir la inclinación del cabo con relación con la vertical y también para reducir el efecto de péndulo del SBE 19, dicho peso debe encontrarse por lo menos a más de 5 m de distancia del equipo. (Pacífico, 2010)
- Verificar que no haya redes, cables, cualquier objeto en que pueda engancharse el CTD al momento de sumergirlo. (Pacífico, 2010)
- Muchos circuitos disipan suficiente calor para influenciar el agua circundante, es importante que el equipo no sea sumergido en las zonas en las que se detecten este tipo de transferencias de calor porque podría alterar las mediciones (Emery & Thomson, 2001)

- Proteger el equipo de choques violentos que se puedan dar contra las bandas del buque o embarcación al momento de sumergirlo
- Lavar el equipo con agua dulce después de cada sumergida y cada vez que haya estado en contacto con agua salada. El equipo por ninguna razón deberá quedar sumergido en agua salada después de las mediciones o dejarse secar sin haberlo enjuagado. (Pacífico, 2010)
- Almacene la información en el disco duro para su posterior procesamiento. Se recomienda utilizar los datos registrados durante el descenso del equipo y no los de subida. (Pacífico, 2010)
- Antes de comenzar con la maniobra de descenso se debe comprobar que el equipo este encendido. Si esta acoplado a la roseta multimuestreadora debe estar transmitiendo en tiempo real, lo que se puede verificar en el monitor de la computadora que tiene el software instalado
- Para iniciar la medición se debe estabilizar el equipo respecto al entorno, por lo que se coloca en la capa superficial del cuerpo de agua por unos minutos especialmente si el equipo ha estado bajo el sol o si la diferencia entre la temperatura del aire y el mar es grande.
- La estabilización dependerá también de las condiciones del entorno, ya que en un cuerpo de agua calmado las probabilidades de que el equipo se golpee contra la embarcación son pocas respecto a si se realiza la medición

cuando se están presentando condiciones agitadas. Si el mar se encuentra agitado se recomienda ubicar el equipo por debajo del casco a fin de que no se golpee, una vez que el equipo se haya estabilizado se puede regresar a la superficie e iniciar la medición. (Pacífico, 2010)

- Dependiendo de la profundidad, la logística y modo de medición la inmersión y ascenso del equipo variarán.
- Una vez que el equipo se encuentra en la plataforma, se procede a apagarlo y de estar acoplado a la roseta se realiza la desconexión y se lava con agua dulce, se espera que se seque y se procede al almacenaje o descarga de datos según corresponda.

Se debe registrar en la bitácora cualquier evento que pueda afectar la medición del CTD (metadato), entre los más comunes se encuentran: (Emery & Thomson, 2001):

- Maniobras que realiza la embarcación
- Si existe alguna descarga de aguas con diferencia de temperatura cercana.
- Si está lloviendo fuerte

- Si alguna parte del buque emite calor al exterior por medio de máquinas que puedan cambiar la temperatura del agua circundante.

4.3.4 PROCESAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD PRIMARIO

Un set de datos almacenados por un equipo CTD es básicamente voltajes y frecuencias que fueron medidas en intervalos y profundidades predeterminadas. Si se desea visualizarlos y manipularlos, estos registros deben ser procesados después de la descarga. (Emery & Thomson, 2001)

El archivo que genera el CTD en primera instancia es un hexagesimal (.HEX) que no puede ser manipulado por el investigador, por lo que debe ser convertido a un archivo Ascii (.CNV) con la ayuda del programa de Procesamiento de Datos SBE, solo así podrá ser leído y manipulado ya que el programa convierte los voltajes y las frecuencias en variables de unidades conocidas.

Para realizar el procesamiento de los datos y control de calidad primario se debe trabajar con una copia, los archivos originales .HEX y .CNV deben ser conservados sin modificaciones en caso de que se requiera reprocesar la información.

Los datos que contiene el archivo .CNV deben ser observados para luego pasar por controles de calidad primarios y secundarios. El procedimiento de control de

calidad para datos oceánicos y meteorológicos comprende dos aspectos distintos (Emery & Thomson, 2001)

- a) Control automático de la calidad, que consiste en revisar puntos de datos individuales o la consistencia interna de la data. Estas revisiones son mayormente aplicadas por computadora y provee una prueba de errores en los tiempos de muestreo, límites físicos de la data, valores constantes, tasas de cambio y la identificación de vacíos.
- b) Evaluación Oceanográfica y Meteorológica, se trata de inferir la coherencia del set de datos y comprende la revisión de los patrones o tendencias esperadas, correlaciones esperadas entre variables y comparación con otras fuentes de datos

Sin embargo, podríamos agregar que se debe tener en cuenta un tercer aspecto en cuanto al control de calidad, en donde se revisa básicamente la presentación de la información (formatos y metadatos) que en la presente tesis será abordado como control de calidad secundario.

4.3.4.1 PROCESAMIENTO - CONVERSIÓN A UNIDADES FÍSICAS

Para descargar los datos (archivo .HEX) se recomienda crear un directorio con el nombre de la campaña en ejecución. (Ej. M:\Mediciones_CTD), cuyo nombre debe ser corto y sin espacios entre caracteres.

Una vez que se obtiene el archivo .HEX el procesamiento de los datos de CTD se puede realizar de dos maneras:

1. Usando el procesador de datos SBE que viene con el equipo. En donde el dato original del perfil de bajada debe ser convertido a .CNV para luego pasar por una serie de filtros a fin de obtener datos depurados y en un formato usable con herramientas como Excel o Word Pad.
2. El investigador puede desarrollar su propio script en un programa especializado como Matlab o R, en donde trabajará con el archivo .CNV

Para fines de estandarización y debido a que la mayoría de las instituciones que realizan algún tipo de investigación oceanográfica en el Ecuador usa CTD de la casa Sea Bird, esta tesis recopila los pasos básicos para trabajar con datos de este tipo de equipos.

4.3.4.2 PROCESAMIENTO - CONTROL DE CALIDAD PRIMARIO

4.3.4.2.1 Control de Calidad Primario

El control de calidad primario consiste básicamente en la depuración y filtrado de los datos descargados del CTD, para esto se realiza una observación del

comportamiento de la data mediante el ploteo de perfiles. Se identifican datos errados y se aplican filtros para mejorar su calidad.

a) Depuración

Previo al paso de los filtros se debe observar el estado de los datos y el perfil de medición en general, por lo que se debe abrir el archivo .CNV con la opción SEA Plot del Programa de procesamiento de datos SBE y graficar las variables de interés para observar su comportamiento.

El primer paso para depurar el archivo es encontrar las mediciones referentes al tiempo de estabilización del equipo, para reprocesar el archivo .HEX y generar un nuevo archivo .CNV omitiendo esas lecturas que no son necesarias. En los gráficos 4.2, y 4.3 se puede observar la zona de estabilización del equipo mientras que en el gráfico 4.4 se observa la curva sin los datos de la zona de estabilización.

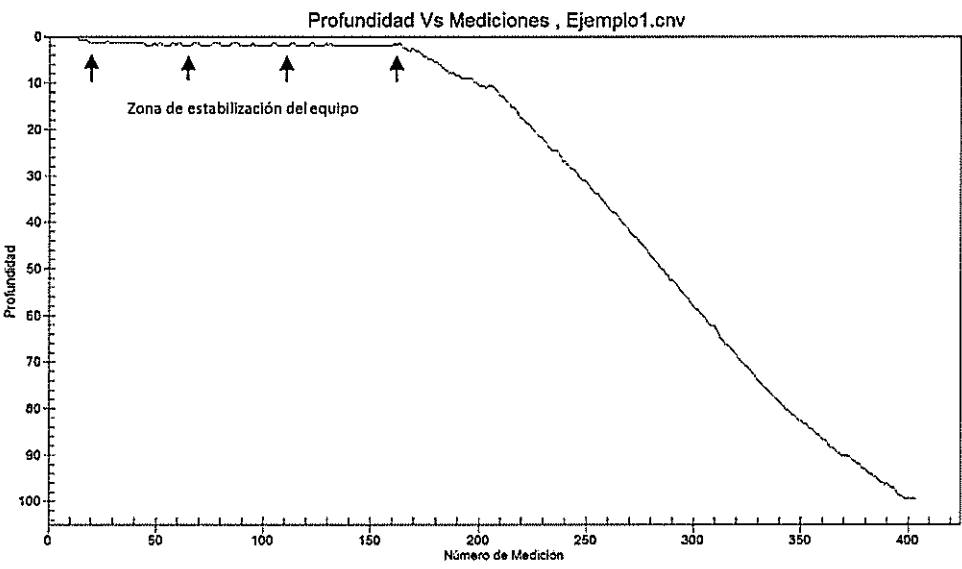


Gráfico 4.2 Perfil de mediciones versus profundidad.

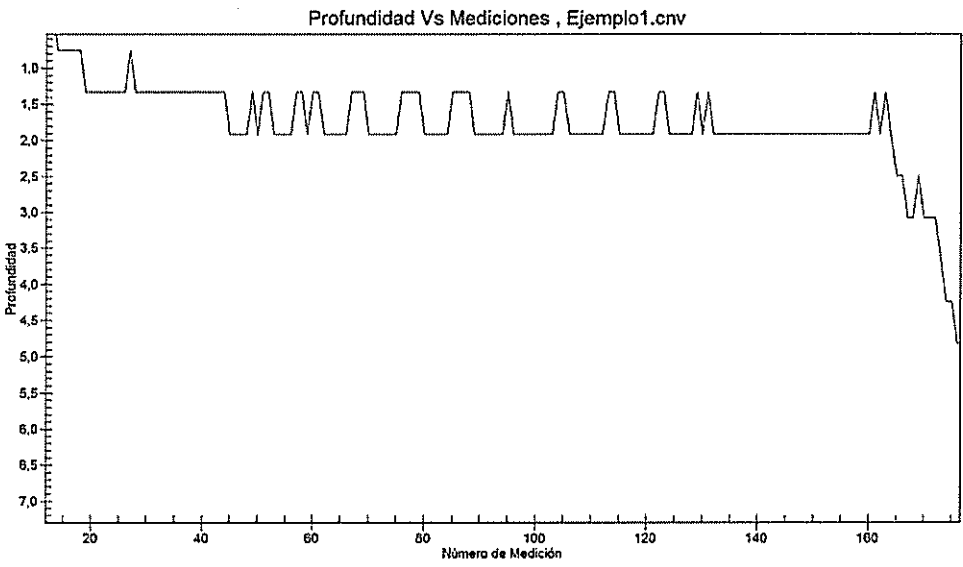


Gráfico 4.3 Zona de estabilización ampliada.

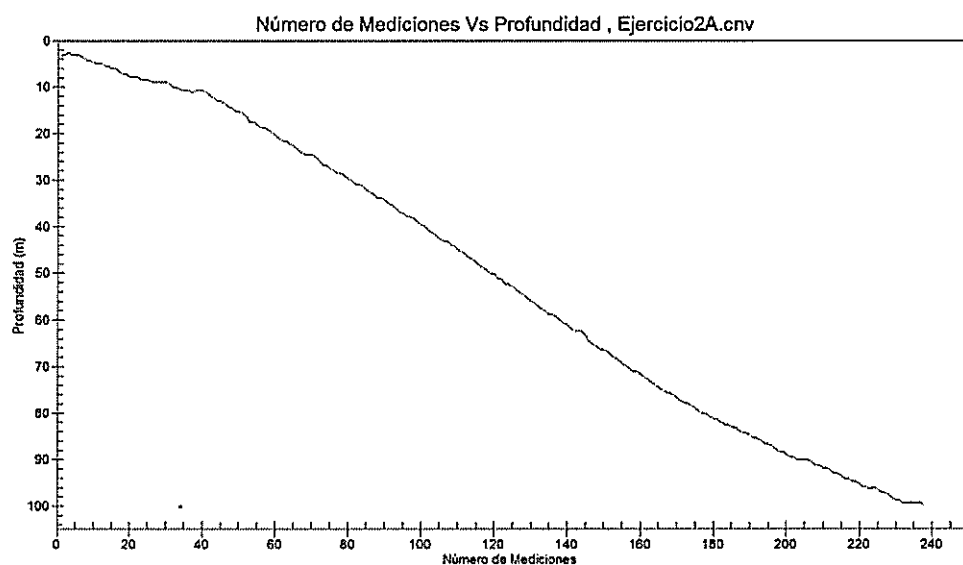


Gráfico 4.4 Perfil de mediciones versus profundidad depurado.

Una vez reprocesado el archivo .HEX y obtenido el nuevo .CNV sin las mediciones de la zona de estabilización; se puede observar con la herramienta Sea Plot del programa de procesamiento de datos SBE como se están comportando nuestras variable antes de recurrir al filtrado (gráficos 4.5 y 4.6)

La temperatura que es nuestra variable de interés debe ser cotejada con otras variables (conductividad y salinidad) a fin de validar su comportamiento.

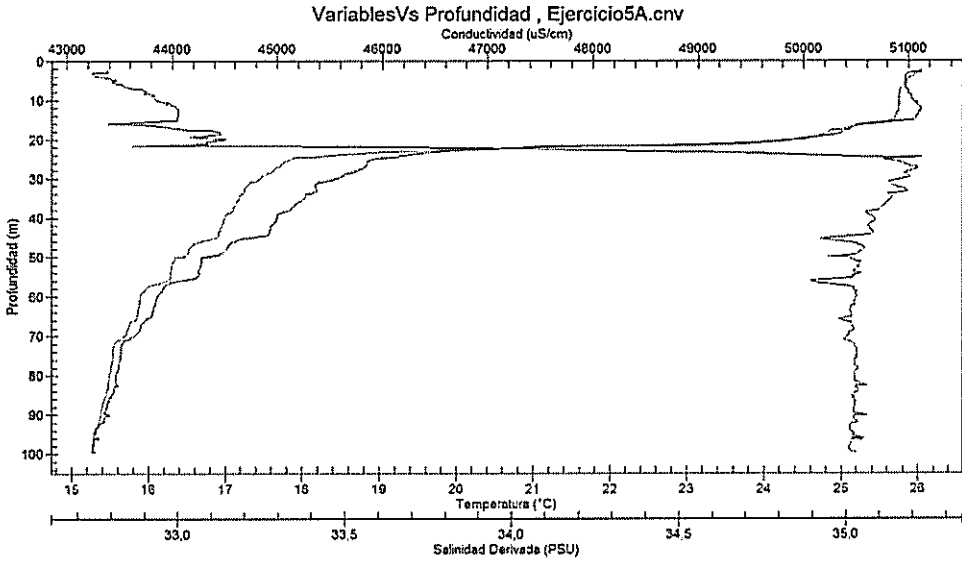


Gráfico 4.5 Perfiles de Temperatura, Conductividad y Salinidad Derivada versus la Profundidad realizado con la opción SEA Plot.

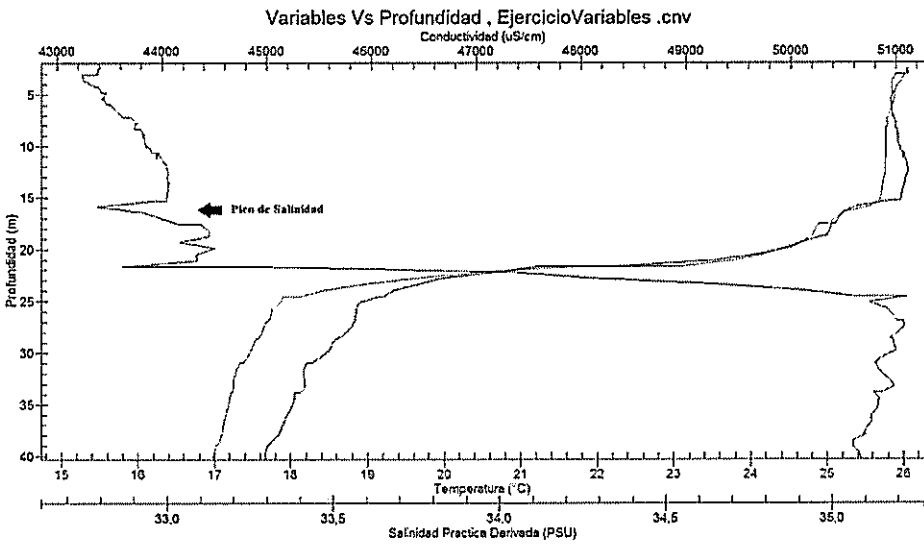


Gráfico 4.6 Acercamiento de Perfiles de Temperatura, Conductividad y Salinidad Derivada versus la Profundidad.

b) Filtrado

Después de observar el comportamiento de las variables con la ayuda de la herramienta SeaPlot y con el fin de homogenizar la data, se deben pasar al archivo .CNV algunos filtros para mejorar la calidad del dato, sin embargo se debe tomar en cuenta que el Manual de Adquisición, Calibración y Análisis de Datos de CTD de la UNESCO recomienda que la data sea manipulada lo menos posible para no alterar los resultados.

Al realizar una revisión de los filtros que recomiendan 3 instituciones de investigación en la región, a saber:

- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCCP), Colombia
- Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Ecuador
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico De La Armada (SHOA), Chile,

Se constató que cuatro de los diez filtros que tiene el programa de procesamiento de datos SBE son usados en las tres instituciones (Tabla III).

A fin de determinar si existía una variación significativa en los resultados se realizó una comparación entre los filtros sugeridos por cada institución. Se graficó también los resultados del paso de los cuatro filtros en común. Los

resultados se pueden observar en los gráficos 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10 respectivamente.

Tabla III Filtros del programa de Procesamiento de datos SBE

Filtros Programa SBE	CCCP Colombia	INOCAR Ecuador	SHOA Chile
Align CTD	X	X	X
Bin Average	X	X	X
Buoyancy			
Cell Thermal Mass		X	
Derive	X	X	
Derive TEOS-10			
Filter	X	X	X
Loop Edit	X	X	X
Wild Edit			
Window Filter			X

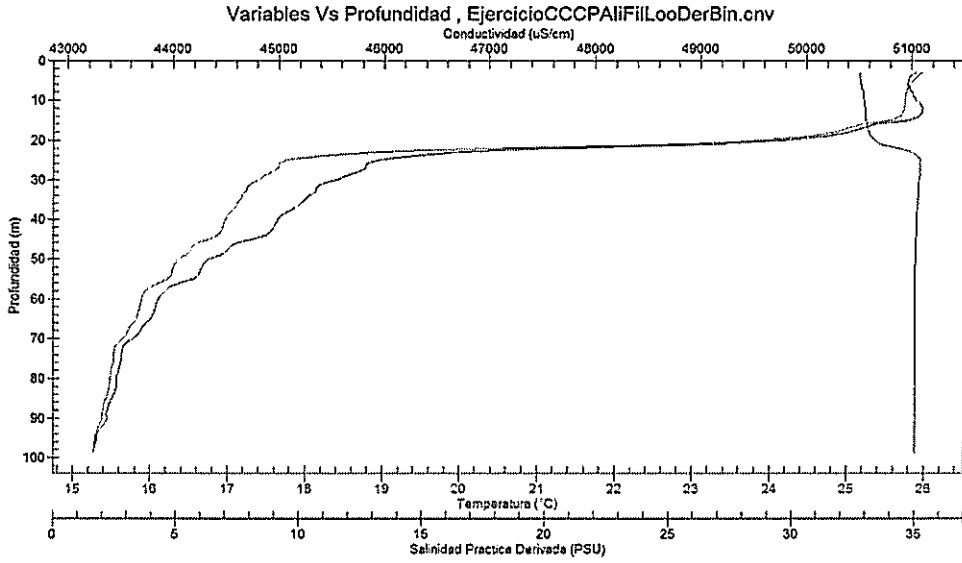


Grafico 4.7 Resultado del uso de los filtros que recomienda la CCCP - Colombia

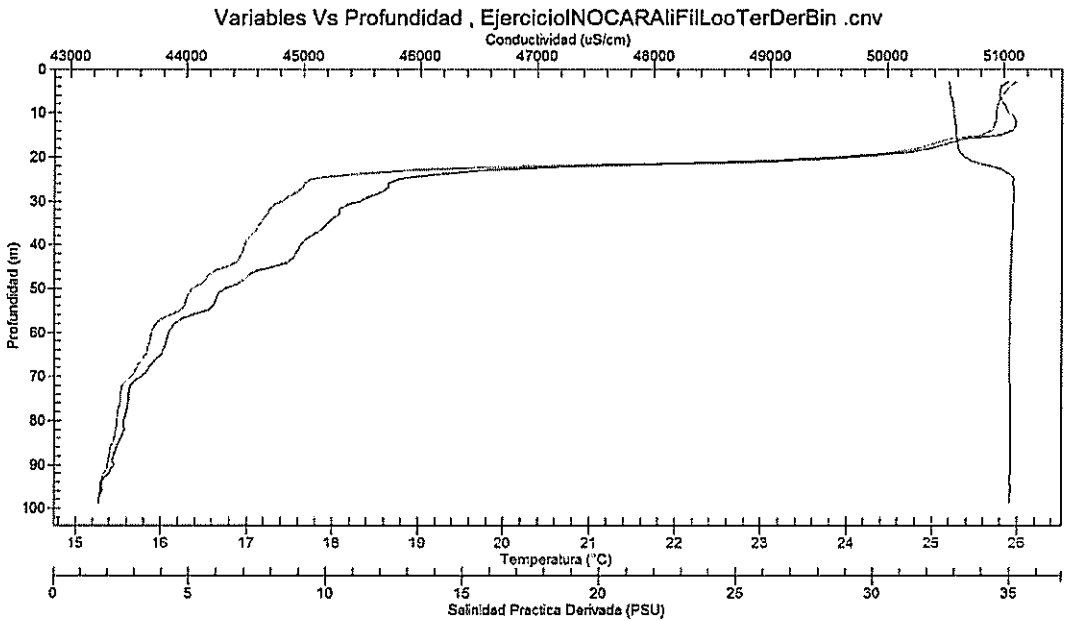


Grafico 4.8 Resultado del uso de los filtros que recomienda el INOCAR - Ecuador

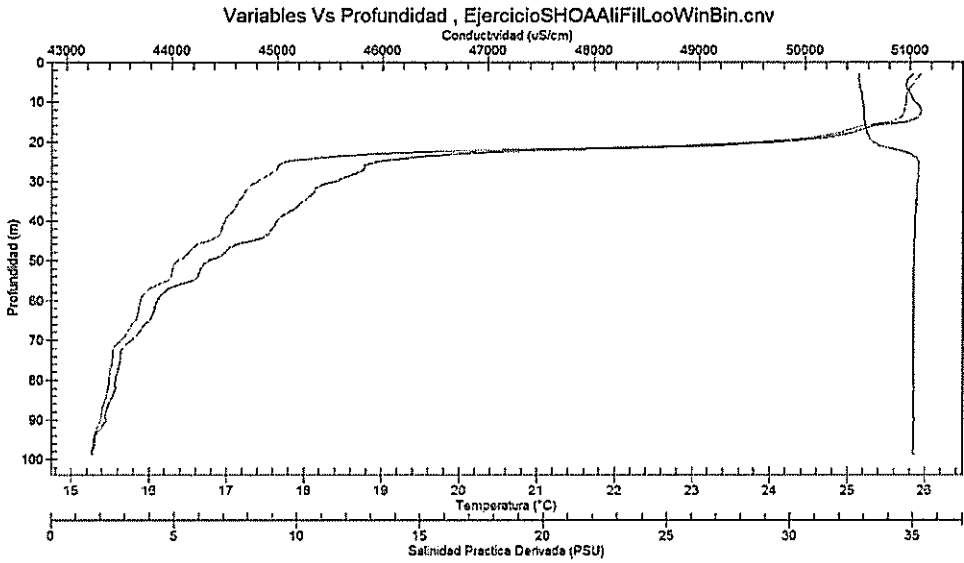


Grafico 4.9 Resultado del uso de los filtros que recomienda el SHOA - Chile

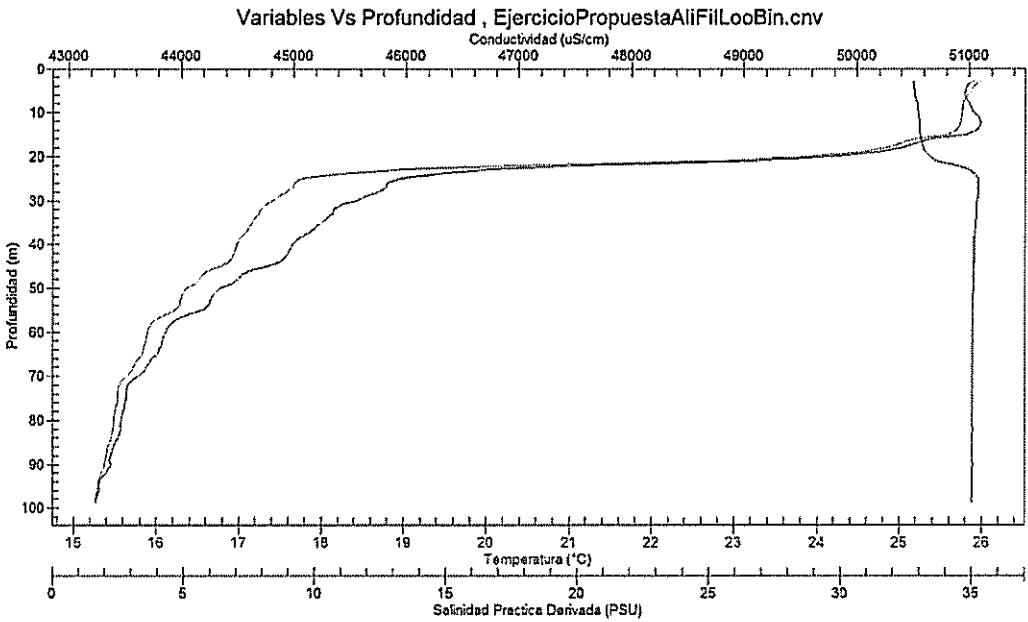


Grafico 4.10 Resultado del uso de los filtros simplificados que se proponen.

Una vez graficados los perfiles se observó que no existían diferencias en los resultados a pesar de que los filtros variasen de institución a institución por lo que la sugerencia es utilizar los cuatro filtros en común. Una guía detallada de la aplicación de los filtros comunes se encuentra en el Anexo G.

Una vez pasados los filtros, el archivo .CNV podrá ser abierto en cualquier herramienta que permita su manipulación (Notepad, Wordpad, Excel, etc.). El archivo generado constará con una cabecera extensa donde se describen las variables medidas, la programación del equipo, el nombre correspondiente a cada columna y los datos obtenidos, lo que se puede observar en el Anexo F

Los datos obtenidos con los equipos deben ser corregidos usando calibración y fuentes de errores conocidos. En general debido a que los equipos no son calibrados en el país se deberá trabajar con los datos de la última calibración realizada por la casa comercial. (Emery & Thomson, 2001) Información con la que debe contar el investigador.

c) Revisión final de Datos filtrados.

Una vez que el archivo .CNV ha pasado por los filtros especificados y se obtiene el archivo final, se debe realizar una verificación del estado de los datos. La tabla IV es una copia de los datos resultantes de un archivo .CNV que ha

pasado por los filtros indicados. En este archivo se observa en la fila cinco que los datos erróneos han sido cambiados por banderas de calidad del programa.

Tabla IV Datos de CTD con error en medición

	Conductividad	Profundidad	Presión	Salinidad	Temperatura
1	5,10E+08	5.967	6.000	34.466	23.708
2	5,11E+08	6.962	7.000	34.544	23.709
3	5,12E+08	7.955	8.000	34.566	23.709
4	5,11E+08	8.950	9.000	34.561	23.707
5	5,11E+08	9.945	10.000	34.564	23.705
6	-9,99E-29	-9,99E-29	17.000	-9,99E-29	-9,99E-29
7	5,07E+08	17.980	18.000	34.652	23.145
8	5,08E+08	18.894	19.000	34.927	22.903
9	5,04E+08	19.891	20.000	35.001	22.413
10	5,00E+08	20.883	21.000	35.148	21.828

Se debe realizar una comparación entre la data final y la información que ha sido anotada en la bitácora durante la maniobra de descenso del equipo, de esta forma se podrían identificar los posibles eventos que dieron origen a esos datos considerados erróneos por el programa de procesamiento de datos SBE.

Otra forma de verificar los datos de una medición es compararla con los datos históricos de la zona, ya que pueden presentarse patrones especiales debido a características únicas del entorno.

d) Clasificación del dato con Banderas De Calidad

El marcaje de los datos depende del proceso integral de medición, contemplando las etapas previas y posteriores a la captura del dato. El investigador debe marcar cada dato o set de datos con una bandera de calidad (número o símbolo) a fin de especificar la calidad del mismo. (Emery & Thomson, 2001). Para realizar el marcado se debe abrir el archivo .CNV en Excel y analizar el conjunto de datos para luego colocar las banderas.

Existen varios modelos de banderas de calidad usados en las investigaciones oceanográficas, y generalmente dependen del proyecto que recolecta los datos o del programa con el que se realizará los gráficos.

A nivel regional el programa Ocean Data View es uno de los más usados a la hora de generar productos oceanográficos, este programa usa los valores mostrados en la tabla V para calificar los datos.

Tabla V Esquema de Banderas de calidad del Ocean Data View

	Banderas de Calidad del Programa Ocean Data View (ODV) para visualización de Datos
0	Sin control de calidad
1	Dato confiable
2	Probable dato confiable
3	Probable dato malo que puede ser potencialmente corregible
4	Dato Malo
5	Valor cambiado
8	Valor interpolado
9	Valor faltante.

El uso de banderas de calidad permite a los investigadores decidir con que datos desea trabajar y estar consciente de los posibles errores que se pueden presentar en los resultados y gráficos al tomar los datos.

Como se mencionó anteriormente ciertos proyectos, instituciones y programas para graficar datos usan banderas de calidad, ejemplos se presenta en el anexo H.

4.3.5 CONTROL DE CALIDAD SECUNDARIO

Una vez que los datos de las variables están completos se procede a verificar los datos administrativos que también son necesarios para estandarizar la data. La Comisión Oceanográfica Intergubernamental a través de su portal web <http://www.oceandatastandards.org> realiza recomendaciones para el uso de estándares y buenas prácticas Oceanográficas. En la tabla VI se puede observar los campos que debe contener un archivo de datos.

Tabla VI Compilación de Normas ISO usadas para estandarizar datos Oceanográficos

Campo	Definición	Formato/Unidades	Valor Ausente
Fecha	Fecha ISO -8601	AAAA-MM-DD	-1
Hora	Zona horaria ISO-8601	HH:MM:SS	-1
Latitud	Latitud Norte (WGS84) ISO-6709	+/-, DDD.ddddd	-99
Longitud	Latitud Este (WGS84) ISO-6709	+/-, DD.ddddd	-999
Profundidad	Profundidad a la que se tomó la muestra	Metros	-1

4.3.6 ESTANDARIZACIÓN DE LOS ARCHIVOS FINALES

Una vez que los datos han sido procesados y han pasado los controles de calidad respectivos, y previo a su almacenamiento, el archivo de datos debe contener los siguientes datos:

TablaVII Formato de Estandarización

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Número De Estación	Modelo CTD	Temperatura (°C)	Bandera de calidad
2015- 02-27	16:05:01	00.10433	-80.50666	18	2	SBE 19	24,8586	1
2015- 02-27	16:05:02	00.10433	-80.50666	19	2	SBE 19	24,5292	1
2015- 02-27	16:05:03	00.10433	-80.50666	20	2	SBE 19	23,8846	1
2015- 02-27	16:05:04	00.10433	-80.50666	21	2	SBE 19	22,8307	1
2015- 02-27	16:05:05	00.10433	-80.50666	22	2	SBE 19	20,3414	1
2015- 02-27	16:05:06	00.10433	-80.50666	23	2	SBE 19	18,9963	1
2015- 02-27	16:05:07	00.10433	-80.50666	24	2	SBE 19	18,2389	1
2015- 02-27	16:05:08	00.10433	-80.50666	25	2	SBE 19	17,7611	1

Cada institución de investigación está en su derecho de agregar columnas para detalle de información, sin embargo estas son las principales según las normas revisadas.

4.3.7 ALMACENAMIENTO DE LA DATA

Después de la calibración y el control de calidad los datos deben ser almacenados en un repositorio permanente (base de datos) para su uso posterior. Almacenar la data en un repositorio permite usar de diferentes maneras la data de las investigaciones generadas

El manual de Intercambio de datos Internacional del Programa de Intercambio de datos de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental recomienda que la data generada en las instituciones de investigación deben ser remitidas a sus Centros de Datos Oceanográficos Nacionales a fin de almacenarla y que este a su vez la envíe a los centros de datos mundiales en Rusia, Estados Unidos o China.

4.4 VALIDACIÓN DE LOS DATOS:

Los 3 aspectos principales en la validación de los datos oceánicos son: (Emery & Thomson, 2001):

- a) Revisión y calibración de los instrumentos lo que incluye la revisión de los sensores de respuesta, prueba de los instrumentos o sistemas electrónicos, y revisión de los equipos de procesamiento y almacenamiento
- b) Documentación del despliegue de los parámetros que incluya la definición de la ubicación y duración de las mediciones, métodos de despliegue de los instrumentos, y esquema de muestreo usado para mediciones.
- c) Control de calidad automático de la data que comprende una serie de pruebas con la data para identificar valores o errores anómalos a fin de establecer si la data ha sido dañada en alguna forma tanto en las mediciones iniciales o la transferencia a los usuarios.

La evaluación oceanográfica incluye una evaluación de los resultados de las condiciones a – c y una evaluación de la razonabilidad de la data, comprendiendo la revisión y comparación de patrones y tendencias esperadas, con otras fuentes de datos. Dos niveles de evaluación oceanográfica son reconocidos; el nivel bajo en el cual la evaluación es mayormente aplicada

manualmente a los sets de datos y un nivel alto comprende una investigación y análisis de la data más detallada (Emery & Thomson, 2001)

Los métodos de medición y los procedimientos de control de calidad de datos para un parámetro dependen de otros parámetros porque cada método de medición y cada tipo de parámetro necesitan un procedimiento especial de control de calidad además de las revisiones genéricas de los tiempos, posiciones, etc. Los procedimientos de control de calidad de datos pueden ser divididas en dos procedimientos (Emery & Thomson, 2001):

- Los que son aplicados por el generador o dueño del dato para la mejorar la consistencia del set de datos
- Los que son aplicados por el administrador de los datos para mejorar la consistencia de los mismos respecto a la base de datos o un set de datos múltiples.
- En lo que respecta a las mediciones de control de calidad de datos, el originador es responsable de :

- Uso de documentos o estándares de medición internacionales y equipos recomendados
- Calibración de métodos de mediciones y equipos nacionales e internacionales
- Validación de la data acorde con los resultados de las calibraciones así como la comparación con métodos estándar

Información temporal y espacial del muestreo (Emery & Thomson, 2001):

- Prueba de los límites fijados y calculados, diferencias y valores constantes
- Detección, corrección y marcado de picos
- Detección, corrección y marcado de errores de posición y tiempo.
- Documentación del proceso de muestro de datos y su validación, incluyendo cualquier algoritmo aplicado
- Documentación de la revisión de los controles de calidad usados y sus resultados

Los procesos de calidad de datos aseguran la consistencia del dato con el banco de datos. Estos incluyen procedimientos para:

- Prueba de codificación de formato
- Prueba de recepción del set datos en contraste con la ubicación e identificación de errores;
- Prueba de límites fijos y calculados
- Prueba acorde de estándares climatológicos (Levitus, Asheville)
- Inspección visual
- Verificación de duplicados
- Visualización de parámetros
- Evaluación oceanográfica.

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 CONCLUSIONES

La metodología para estandarizar la adquisición de datos de temperatura oceánica sugerida en esta tesis es una recopilación de estándares y directrices que se usan a nivel regional e internacional. La necesidad de normar los procesos de adquisición de datos de temperatura en el país tiene como base el posible desarrollo de proyectos interinstitucionales.

Debido a que las instituciones en su mayoría no cuentan con metodologías detalladas para captura, procesamiento y almacenaje de datos de temperatura el uso de una metodología estándar en instituciones que realizan investigación oceanográfica en el país ayudará a unificar los esfuerzos de investigación.

Se estima que con la metodología sugerida en la tesis se logrará un importante paso para el logro de la homogenización de las formas de adquisición y procesamiento de los datos de temperatura oceánica entre las instituciones que realizan investigación marina en el país, así como una referencia a nivel regional ya que se ha compilado información de todas las fases del proceso de datos que generalmente se encuentran dispersos o no existen. Lo que permitirá mejorar el proceso de investigación de cambio climático a largo plazo.

Debido a que cada institución de investigación tiene una zona de influencia en particular, la estandarización de la metodología de adquisición de datos de temperatura, ayudará a que los productos derivados de las mediciones de temperatura puedan ser integrados para la consecución de productos en común.

La metodología sugerida consta de varios pasos a seguir, solo la implementación de todos los pasos asegurará la confiabilidad de los datos finales.

La aplicación de una metodología estándar ayudará a mejorar las mediciones de la temperatura oceánica dentro de los rangos medidos en el país y por ende el entendimiento de los procesos oceanográficos y patrones inusuales en las costas ecuatorianas.

Cuando los procesos oceanográficos como masas de aguas, corrientes y afloramiento circundantes a la costa Ecuatoriana estén plenamente identificados se podrá incursionar de mejor manera en el estudio del cambio climático.

El uso de CTD modelos 19, 19 plus y 19plus V2 proveniente de la misma casa comercial (SEA BIRD) representa un avance en proceso de estandarización de adquisición de datos de temperatura oceánica en vista del uso del mismo software y sensores.

La comparación entre las metodologías usadas en la fase de filtrado de los datos de CTD con el programa de Procesamiento SBE entre tres instituciones de investigación de la región dio como resultado que el procesamiento es similar. Por lo que se sugiere solo el uso de los 4 filtros comúnmente usados.

El aporte de este trabajo es identificar la correcta metodología a usar para el tratamiento de datos de temperatura, lo que en el futuro repercutirá

directamente en las investigaciones oceanográficas y la determinación de cambios anormales en los patrones de temperatura locales.

5.1.2 RECOMENDACIONES

Aplicar la metodología sugerida en las instituciones de investigación y ponerla a consideración de otras instituciones de investigación oceanográfica en diferentes regiones.

Poner en consideración esta revisión metodológica para que se incluya en los syllabus de las asignaturas de oceanografía en los centros de educación superior del país, de tal manera de difundirla y estar dispuesta a ser mejorada en el futuro.

Socializar la metodología a través de un organismo intergubernamental como la Comisión Permanente del Pacífico Sur con énfasis especial en el Programa Para El Estudio Regional Del Fenómeno El Niño En El Pacífico Sudeste (ERFEN) a fin de que pueda ser considerada como base en los diferentes proyectos regionales y locales que envuelven la temática del estudio de la variabilidad climática.

Promover la realización de talleres de socialización de la metodología entre las instituciones que realizan investigación oceanográfica en el Ecuador a fin de homogenizar la toma de datos para los diferentes proyectos que involucran variabilidad climática.

Realizar los nexos respectivos entre el centro ecuatoriano de datos marino costero y las instituciones que desarrollan investigación marino-costera en el país, a fin de difundir los procesos relacionados a la estandarización de metodologías de toma de datos que sean desarrollados en el Instituto Oceanográfico de la Armada que puedan ser de interés general.

ANEXOS

Anexo A Modelo de Kardex

EQUIPOS CTD – División Oceanografía Física

CANTIDAD: 4 Operativos

Fecha de Actualización: 30/12/2014

MARCA	MODELO	No SERIE	Estado actual	Ubicación
SEA BIRD ELECTRONICS	SBE19	192511-0309	Operativo	Oce. Física
SEA BIRD ELECTRONICS	SBE19	195877-1160	No Operativo	SEABIRD, ELECTRONICS USA
SEA BIRD ELECTRONICS	SBE19	196647-1077	Operativo	SEABIRD ELECTRONICS USA
SEA BIRD ELECTRONICS	SBE19 plus	19p45843-5034	Operativo	En proceso de envío a la EIMAGA – Contenedor meteorología
EQUIPO SENESCYT				
SEA BIRD ELECTRONICS	SBE19 plus V2	19P69375-7196	Operativo	Contenedor Meteorología

Modelo de Kardex Ampliado.

Marca	Modelo	No. Serie	Ubicación	Última Calibración	Fecha Reemplazo de baterías	Estado de Actual
Sea Bird Electronics	SBE 19	XXXXX	Guayaquil	20/06/2014	20/03/2015	Operativo.

Anexo B Hojas de Calibración de equipo CTD



SEA-BIRD ELECTRONICS, INC.

13431 NE 20th St. Bellevue, Washington 98005 USA

Phone: (425) 643-9866 Fax: (425) 643-9954 www.seabird.com

Service

Report

RMA Number

69790

Customer Information:

Company ARMADA DEL ECUADOR

Date 7/26/2013

Contact Sonia Recalde

PO Number TBD

Serial Number 192511-0309

Model Number SBE 19-01

Services Requested:

1. Evaluate/Repair Instrumentation.
2. Perform Routine Calibration Service.

Problems Found:

1. 4ea analog board relays were found to have failed and have been replaced.
2. Component Q7 on the analog board was found to failed and was replaced.

Services Performed:

1. Performed initial diagnostic evaluation.
2. Calibrated the pressure sensor.
3. Performed "Post Cruise" calibration of the temperature & conductivity sensors.
4. Replaced the analog board reference control relays.
5. Performed internal inspection and O-ring replacement.
6. Performed hydrostatic pressure test.
7. Performed "Final" calibration of the temperature & conductivity sensors.
8. Performed complete system check and full diagnostic evaluation.

Special Notes:

Sea-Bird Electronics, Inc.

13431 NE 20th Street, Bellevue, WA 98005-2010 USA
 Phone: (+1) 425-643-9866 Fax (+1) 425-643-9954 Email: seabird@seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 0309
 CALIBRATION DATE: 29-Jun-13

SBE19 TEMPERATURE CALIBRATION DATA
 ITS-90 TEMPERATURE SCALE

ITS-90 COEFFICIENTS

g = 4.20995239e-003
 h = 5.80640771e-004
 i = 1.12472143e-007
 j = -2.37726840e-006
 f0 = 1000.0

IPTS-68 COEFFICIENTS

a = 3.64764041e-003
 b = 5.73815508e-004
 c = 7.07060660e-006
 d = -2.37708481e-006
 f0 = 2644.218

BATH TEMP (ITS-90)	INSTRUMENT FREQ (Hz)	INST TEMP (ITS-90)	RESIDUAL (ITS-90)
1.0000	2644.218	0.9996	-0.00041
4.5000	2865.191	4.5008	0.00076
15.0000	3606.012	14.9994	-0.00061
18.5000	3880.417	18.4998	-0.00024
24.0000	4340.838	24.0006	0.00062
28.9999	4791.380	29.0001	0.00016
32.4999	5125.582	32.4996	-0.00027

Temperature ITS-90 = $1/\{g + h[\ln(f_0/f)] + i[\ln^2(f_0/f)] + j[\ln^3(f_0/f)]\} - 273.15$ (°C)

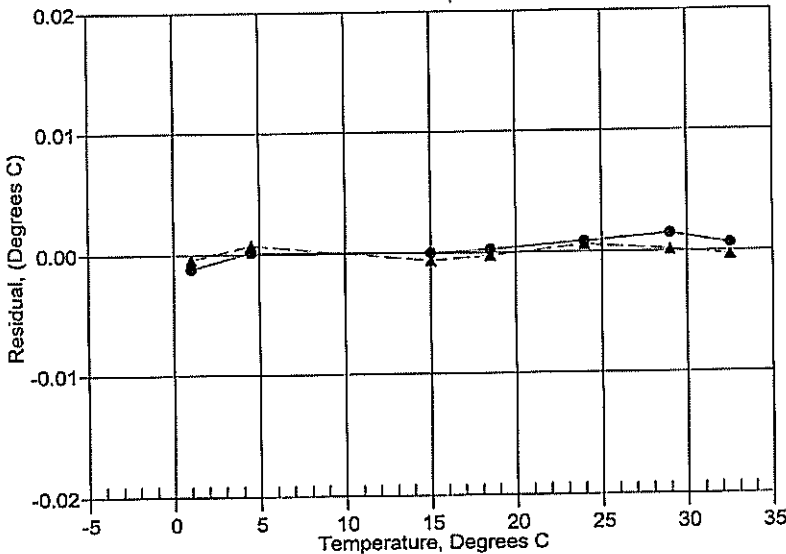
Temperature IPTS-68 = $1/\{a + b[\ln(f_0/f)] + c[\ln^2(f_0/f)] + d[\ln^3(f_0/f)]\} - 273.15$ (°C)

Following the recommendation of JPOTS: T_{68} is assumed to be $1.00024 * T_{90}$ (-2 to 35 °C)

Residual = instrument temperature - bath temperature

Date, Offset(mdeg C)

● 30-Dec-10 0.34
 ▲ 29-Jun-13 -0.00





SEA-BIRD ELECTRONICS, INC.

13431 NE 20th St. Bellevue, Washington 98005 USA

Phone: (425) 643-9866 Fax: (425) 643-9954 www.seabird.com

Temperature Calibration Report

Customer:	ARMADA DEL ECUADOR		
Job Number:	69790	Date of Report:	7/1/2013
Model Number	SBE 19-01	Serial Number:	192511-0309

Temperature sensors are normally calibrated 'as received', without adjustments, allowing a determination sensor drift. If the calibration identifies a problem, then a second calibration is performed after work is completed. The 'as received' calibration is not performed if the sensor is damaged or non-functional, or by customer request.

An 'as received' calibration certificate is provided, listing coefficients to convert sensor frequency to temperature. Users must choose whether the 'as received' calibration or the previous calibration better represents the sensor condition during deployment. In SEASOFT enter the chosen coefficients. The coefficient 'offset' allows a small correction for drift between calibrations (consult the SEASOFT manual). Calibration coefficients obtained after a repair apply only to subsequent data.

'AS RECEIVED CALIBRATION'

☐ Performed ☒ Not Performed

Date:

Drift since last cal: Degrees Celsius/year

Comments:

'CALIBRATION AFTER REPAIR'

☒ Performed ☐ Not Performed

Date:

Drift since Last cal: Degrees Celsius/year

Comments:

Sea-Bird Electronics, Inc.

13431 NE 20th Street, Bellevue, WA 98005-2010 USA

Phone: (+1) 425-643-9866 Fax (+1) 425-643-9954 Email: seabird@seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 0309
CALIBRATION DATE: 29-Jun-13

SBE19 CONDUCTIVITY CALIBRATION DATA
PSS 1978: C(35,15,0) = 4.2914 Siemens/meter

GHIJ COEFFICIENTS

g = -4.03897094e+000
h = 4.82233776e-001
i = 1.11728004e-003
j = -2.00541888e-005
CPcor = -9.5700e-008 (nominal)
CTcor = 3.2500e-006 (nominal)

ABCDM COEFFICIENTS

a = 1.22612038e-002
b = 4.66765648e-001
c = -4.02285020e+000
d = -9.20573693e-005
m = 2.3
CPcor = -9.5700e-008 (nominal)

BATH TEMP (ITS-90)	BATH SAL (PSU)	BATH COND (Siemens/m)	INST FREQ (kHz)	INST COND (Siemens/m)	RESIDUAL (Siemens/m)
22.0000	0.0000	0.00000	2.88493	0.00000	0.00000
1.0000	34.7795	2.97312	8.30066	2.97311	-0.00001
4.5000	34.7598	3.27992	8.66707	3.27992	0.00001
15.0000	34.7166	4.26068	9.74497	4.26071	0.00004
18.5000	34.7076	4.60550	10.09615	4.60549	-0.00002
24.0000	34.6975	5.16290	10.63900	5.16287	-0.00003
28.9999	34.6920	5.68424	11.12244	5.68426	0.00002

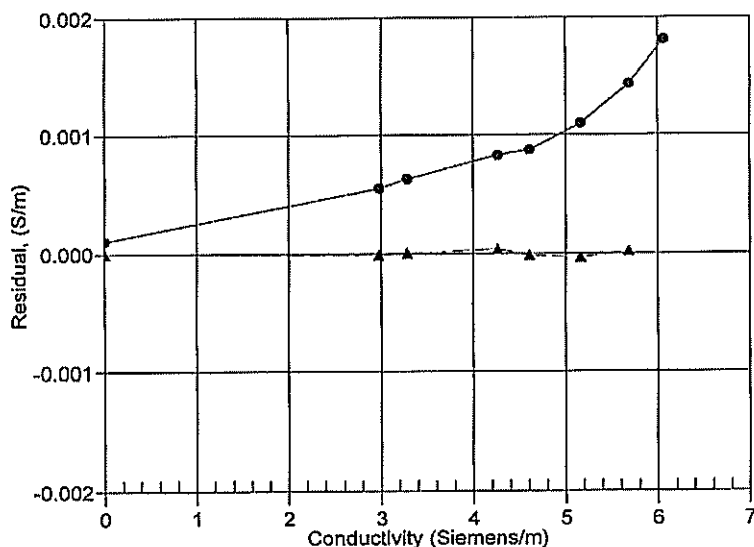
Conductivity = $(g + hf^2 + if^3 + jf^4) / (10(1 + \delta t + \epsilon p))$ Siemens/meter

Conductivity = $(af^{10} + bf^2 + c + dt) / [10(1 + \epsilon p)]$ Siemens/meter

t = temperature[°C]; p = pressure[decibars]; δ = CTcor; ϵ = CPcor;

Residual = (instrument conductivity - bath conductivity) using g, h, i, j coefficients

Date, Slope Correction





SEA-BIRD ELECTRONICS, INC.

13431 NE 20th Street Bellevue, Washington 98005 USA

Phone: (425) 643-9866 Fax: (425) 643-9954 www.seabird.com

Conductivity Calibration Report

Customer:	ARMADA DEL ECUADOR		
Job Number:	69790	Date of Report:	7/1/2013
Model Number:	SBE 19-01	Serial Number:	192511-0309

Conductivity sensors are normally calibrated 'as received', without cleaning or adjustments, allowing a determination of sensor drift. If the calibration identifies a problem or indicates cell cleaning is necessary, then a second calibration is performed after work is completed. The 'as received' calibration is not performed if the sensor is damaged or non-functional, or by customer request.

An 'as received' calibration certificate is provided, listing the coefficients used to convert sensor frequency to conductivity. Users must choose whether the 'as received' calibration or the previous calibration better represents the sensor condition during deployment. In SEASOFT enter the chosen coefficients. The coefficient 'slope' allows small corrections for drift between calibrations (consult the SEASOFT manual). Calibration coefficients obtained after a repair or cleaning apply only to subsequent data.

'AS RECEIVED CALIBRATION'

☐ Performed ☒ Not Performed

Date:

Drift since last cal: PSU/month*

Comments:

'CALIBRATION AFTER REPAIR'

☒ Performed ☐ Not Performed

Date: 6/29/2013

Drift since Last cal: -0.00020 PSU/month*

Comments:

*Measured at 3.0 S/m

Cell cleaning and electrode replatinizing tend to 'reset' the conductivity sensor to its original condition. Lack of drift in post-cleaning-calibration indicates geometric stability of the cell and electrical stability of the sensor circuit.

Sea-Bird Electronics, Inc.

13431 NE 20th Street, Bellevue, WA 98005-2010 USA

Phone: (+1) 425-643-9866 Fax (+1) 425-643-9954 Email: seabird@seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 0309
CALIBRATION DATE: 07-Jun-13

SBE19 PRESSURE CALIBRATION DATA
5076 psia S/N 3188374 TCv: 15

QUADRATIC COEFFICIENTS:

PA0 = 3.007074e+003
PA1 = -8.333582e-001
PA2 = -1.867886e-006

STRAIGHT LINE FIT:

M = -8.360866e-001
B = 3.001042e+003

PRESSURE PSIA	INST OUTPUT(N)	COMPUTED PSIA	ERROR %FS	LINEAR PSIA	ERROR %FS
14.64	3562.0	14.95	0.01	22.90	0.16
1026.76	2364.0	1026.58	-0.00	1024.53	-0.04
2039.05	1160.0	2037.86	-0.02	2031.18	-0.15
3050.96	-54.0	3052.07	0.02	3046.19	-0.09
4063.25	-1271.0	4063.25	0.00	4063.71	0.01
5075.20	-2495.0	5074.67	-0.01	5087.08	0.23
4063.28	-1271.1	4063.34	0.00	4063.79	0.01
3050.83	-54.0	3052.07	0.02	3046.19	-0.09
2038.87	1160.0	2037.86	-0.02	2031.18	-0.15
1026.74	2364.0	1026.58	-0.00	1024.53	-0.04
14.64	3562.0	14.95	0.01	22.90	0.16

Straight Line Fit:

Pressure (psia) = M * N + B (N = binary output)

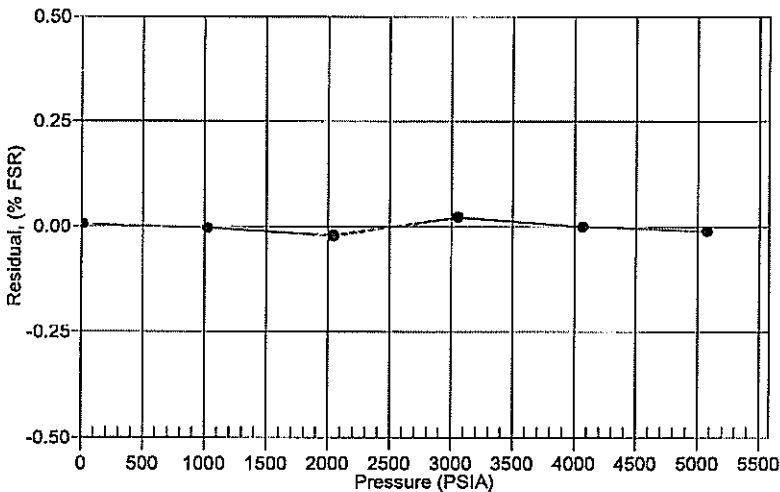
Quadratic Fit:

pressure (psia) = PA0 + PA1 * N + PA2 * N²

Residual = (instrument pressure - true pressure) * 100 / Full Scale Range

Date, Avg Delta P %FS

07-Jun-13 -0.00





SEA-BIRD ELECTRONICS, INC.

13431 NE 20th St. Bellevue, Washington 98005 USA

Phone: (425) 643-9866 Fax: (425) 643-8954 www.seabird.com

Pressure Test Certificate

Customer ARMADA DEL ECUADOR
Job Number 69790
Date 6/20/2013
Technician JW

Serial Number 192511-0309

Low Pressure (PSI) 50 PSI

Time (Minutes) 15 Minutes

High Pressure (PSI) 5000 PSI

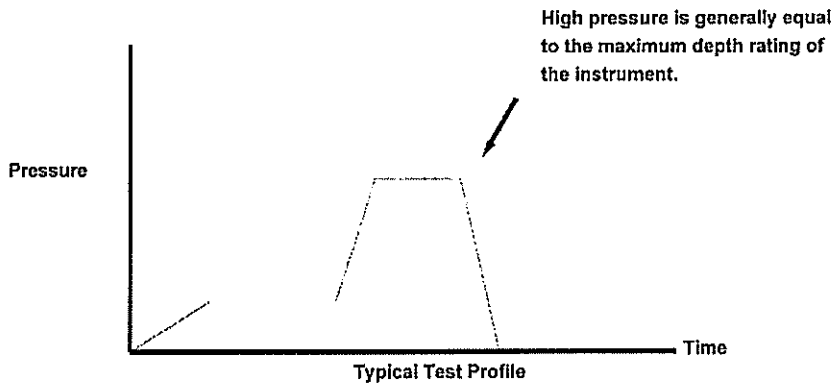
Time (Minutes) 30 Minutes

Pass ☒

Fail ☐

Comments

Replaced the main piston "O"-Rings.



Anexo C Hoja de coeficiente de calibración

Report - Page 1 of 2

Date: 11/28/2013

Instrument configuration file: Y:\10 millas\CTD_historia
995.con

Configuration report for SBE 19 Seacat CTD

Pressure sensor type : Strain Gauge
External voltage channels : 0
Firmware version : Version >= 3.0
0.5 second intervals : 1
NMEA position data added : No
NMEA depth data added : No
NMEA time added : No
Surface PAR voltage added : Yes
Scan time added : No

1) Frequency 0, Temperature

Serial number : 309
Calibrated on : 08-dec-1995
A : 3.67463962e-003
B : 5.76369152e-004
C : 5.74893131e-006
D : -3.01984982e-006
F0 : 2396.474
Slope : 1.00000000
Offset : 0.0000

2) Frequency 1, Conductivity

Serial number : 309
Calibrated on : 08-dec-1995
A : 6.45785209e-004
B : 4.86862357e-001
C : -4.06844039e+000
D : 8.63351883e-004
M : 3.0
CPcor : -9.57000000e-008
Slope : 1.00000000
Offset : 0.00000

3) Pressure voltage, Pressure, Strain Gauge

Serial number : 8H405
Calibrated on : 11-dec-1995
A0 : 2.680604e+003
A1 : -7.181953e-001
A2 : 1.628142e-008
Offset : -5.60000

4) SPAR voltage, Unavailable

5) SPAR voltage, SPAR/Surface Irradiance

Serial number :
Calibrated on :

Conversion factor : 2.00000000
Ratio multiplier : 0.00000000

Scan length : 18

Anexo F Archivo .CNV

```
* Sea-Bird SBE19 Data File:
* FileName = C:\Users\10 Millas y Cruceros\Desktop\10 MILLAS 2015\DATOS 10MN FEBRERO
2015\ESMERALDAS FEB_2015 10MN.hex
* Software Version 1.59
* Temperature SN = 0309
* Conductivity SN = 0309
* System UpLoad Time = Feb 03 2015 23:41:46
** ESTACIÓN 10 MN 2015ESMERALDAS
** LAT:0°55'16"N
** LON:80°06'24"W
** LANCE 02
* ds
* SEACAT PROFILER V3.1d SN 0309 02/03/15 23:41:29.991
* strain gauge pressure sensor: SN = 3188374, range = 5076 psia, tc = 15
* clk = 32767.391 iop = 129 vmain = 8.4 vlith = 5.3
* mode = PROFILE ncasts = 3
* sample rate = 1 scan every 0.5 seconds
* samples = 2564 free = 171564 lwait = 0 msec
* SW1 = C3 battery cutoff = 5.8 volts
* number of voltages sampled = 0
* logdata = NO
* S>
* dh
* cast 2 02/03 14:24:07 samples 1522 to 2563 sample rate = 1 scan every 0.5 seconds
stop = switch off
* S>
# nquan = 6
# nvalues = 238
# units = specified
# name 0 = c0uS/cm: Conductivity [uS/cm]
# name 1 = depSM: Depth [salt water, m], lat = 0.00
# name 2 = prSM: Pressure, Strain Gauge [db]
# name 3 = sal00: Salinity, Practical [PSU]
# name 4 = t090C: Temperature [ITS-90, deg C]
# name 5 = flag: 0.000e+00
# span 0 = 4.3241e+04, 5.1115e+04
# span 1 = 2.495, 99.965
# span 2 = 2.509, 100.542
```

```

# span 3 = 32.7433, 35.2244
# span 4 = 15.2703, 26.0421
# span 5 = 0.0000e+00, 0.0000e+00
# interval = seconds: 0.5
# start_time = Feb 03 2015 14:24:07 [Instrument's time stamp, header]
# bad_flag = -9.990e-29
# <Sensors count="3" >
#   <sensor Channel="1" >
#     <!-- Frequency 0, Temperature -->
#     <TemperatureSensor SensorID="55" >
#       <SerialNumber>0309</SerialNumber>
#       <CalibrationDate>29-Jun-13</CalibrationDate>
#       <UseG_J>1</UseG_J>
#       <A>0.00000000e+000</A>
#       <B>0.00000000e+000</B>
#       <C>0.00000000e+000</C>
#       <D>0.00000000e+000</D>
#       <F0_Old>0.000</F0_Old>
#       <G>4.20995239e-003</G>
#       <H>5.80640771e-004</H>
#       <I>1.12472143e-007</I>
#       <J>-2.37726840e-006</J>
#       <F0>1000.000</F0>
#       <Slope>1.00000000</Slope>
#       <Offset>0.0000</Offset>
#     </TemperatureSensor>
#   </sensor>
#   <sensor Channel="2" >
#     <!-- Frequency 1, Conductivity -->
#     <ConductivitySensor SensorID="3" >
#       <SerialNumber>0309</SerialNumber>
#       <CalibrationDate>29-Jun-13</CalibrationDate>
#       <UseG_J>1</UseG_J>
#       <!-- Cell const and series R are applicable only for wide range sensors. -->
#       <SeriesR>0.0000</SeriesR>
#       <CellConst>2000.0000</CellConst>
#       <ConductivityType>0</ConductivityType>
#       <Coefficients equation="0" >
#         <A>0.00000000e+000</A>
#         <B>0.00000000e+000</B>
#         <C>0.00000000e+000</C>
#         <D>0.00000000e+000</D>

```

```

# <M>0.0</M>
# <CPcor>-9.57000000e-008</CPcor>
# </Coefficients>
# <Coefficients equation="1" >
# <G>-4.03897094e+000</G>
# <H>4.82233776e-001</H>
# <I>1.11728004e-003</I>
# <J>-2.00541888e-005</J>
# <CPcor>-9.57000000e-008</CPcor>
# <CTcor>3.2500e-006</CTcor>
# <!-- WBOTC not applicable unless ConductivityType = 1. -->
# <WBOTC>0.00000000e+000</WBOTC>
# </Coefficients>
# <Slope>1.00000000</Slope>
# <Offset>0.00000</Offset>
# </ConductivitySensor>
# </sensor>
# <sensor Channel="3" >
# <!-- Pressure voltage, Pressure, Strain Gauge -->
# <PressureSensor SensorID="49" >
# <SerialNumber>0309</SerialNumber>
# <CalibrationDate>07-Jun-13</CalibrationDate>
# <A0>3.007074e+003</A0>
# <A1>-8.333582e-001</A1>
# <A2>-1.867886e-006</A2>
# <Offset>0.00000</Offset>
# </PressureSensor>
# </sensor>
# </Sensors>
# datcnv_date = Feb 21 2015 10:53:01, 7.23.2 [datcnv_vars = 5]
# datcnv_in = M:\Escritorio Maux. M\Ejercicio\2do Ejercicio\Ejercicio1.hex M:\Escritorio Maux.
M\Ejercicio\com\SBE19_0309 Ene2014.xmlcon
# datcnv_skipover = 166
# file_type = ascii
*END*
5.1103e+04 3.076 3.093 32.7861 26.0401 0.000e+00
5.1107e+04 3.076 3.093 32.7878 26.0421 0.000e+00
5.1105e+04 2.495 2.509 32.7888 26.0395 0.000e+00
5.1103e+04 3.076 3.093 32.7870 26.0388 0.000e+00
5.1054e+04 3.076 3.093 32.7555 26.0342 0.000e+00
5.1009e+04 3.076 3.093 32.7433 26.0054 0.000e+00
5.0965e+04 3.656 3.677 32.7465 25.9562 0.000e+00

```

5.0966e+04	4.237	4.260	32.7830	25.9063	0.000e+00
5.0965e+04	4.237	4.260	32.7928	25.8912	0.000e+00
5.0965e+04	4.817	4.844	32.7997	25.8813	0.000e+00
5.0982e+04	4.817	4.844	32.8153	25.8767	0.000e+00
5.0979e+04	4.817	4.844	32.8147	25.8747	0.000e+00
5.0958e+04	5.398	5.428	32.8024	25.8701	0.000e+00
5.0955e+04	5.398	5.428	32.8074	25.8603	0.000e+00
5.0959e+04	5.979	6.012	32.8160	25.8524	0.000e+00
5.0965e+04	5.979	6.012	32.8281	25.8412	0.000e+00
5.0966e+04	6.559	6.595	32.8445	25.8195	0.000e+00
5.0973e+04	7.140	7.179	32.8660	25.7965	0.000e+00
5.0985e+04	7.140	7.179	32.8861	25.7801	0.000e+00
5.0999e+04	7.720	7.763	32.9019	25.7722	0.000e+00
5.1006e+04	7.720	7.763	32.9066	25.7728	0.000e+00
5.1004e+04	7.720	7.763	32.9046	25.7741	0.000e+00
5.0993e+04	8.300	8.347	32.8995	25.7695	0.000e+00
5.0999e+04	8.300	8.347	32.9074	25.7643	0.000e+00
5.1007e+04	8.300	8.347	32.9155	25.7616	0.000e+00
5.1023e+04	8.881	8.930	32.9285	25.7590	0.000e+00
5.1014e+04	8.881	8.930	32.9219	25.7597	0.000e+00
5.1026e+04	8.881	8.930	32.9297	25.7603	0.000e+00
5.1019e+04	8.881	8.930	32.9240	25.7610	0.000e+00
5.1019e+04	8.881	8.930	32.9255	25.7590	0.000e+00
5.1023e+04	9.461	9.514	32.9298	25.7570	0.000e+00
5.1031e+04	10.042	10.098	32.9353	25.7577	0.000e+00
5.1039e+04	10.042	10.098	32.9414	25.7564	0.000e+00
5.1053e+04	10.622	10.681	32.9525	25.7551	0.000e+00
5.1067e+04	10.622	10.681	32.9619	25.7564	0.000e+00
5.1071e+04	10.622	10.681	32.9664	25.7544	0.000e+00
5.1073e+04	11.203	11.265	32.9668	25.7551	0.000e+00
5.1076e+04	10.622	10.681	32.9690	25.7551	0.000e+00
5.1080e+04	10.622	10.681	32.9726	25.7544	0.000e+00
5.1078e+04	10.622	10.681	32.9711	25.7551	0.000e+00
5.1090e+04	11.203	11.265	32.9796	25.7544	0.000e+00
5.1107e+04	11.783	11.849	32.9932	25.7524	0.000e+00
5.1115e+04	12.364	12.432	33.0002	25.7511	0.000e+00
5.1110e+04	12.944	13.016	32.9992	25.7465	0.000e+00
5.1096e+04	12.944	13.016	32.9970	25.7353	0.000e+00
5.1088e+04	13.525	13.600	33.0012	25.7221	0.000e+00
5.1074e+04	14.105	14.184	32.9993	25.7103	0.000e+00
5.1061e+04	14.686	14.767	32.9979	25.6991	0.000e+00
5.1046e+04	15.266	15.351	32.9954	25.6866	0.000e+00

ANEXO D

FILTROS SUGERIDOS POR EL MANUAL DEL CTD SBE

- 1.- ALIGN CTD: alinea la data de parámetros en el tiempo, relativos a la presión (usado típicamente para datos de conductividad, temperatura y oxígeno). Esta función asegura que las mediciones se están realizando en el mismo sector.
- 2.- BIN AVERAGE: promedio de los datos basados en los bins de presión, profundidad, número de medición o rango de tiempo.
- 3.- BOUYANCY: calcula los impactos de la boyantes, la estabilidad y la frecuencia de los valores de presión.
- 4.- CELL TERMAL MASS: Usa filtros recursivos para remover efectos de celdas termales en la conductividad. (No se debe usar para agua dulce)
- 5.-DERIVE: Calcula salinidad, densidad, velocidad del sonido, oxígeno, temperatura potencial, dinámica de altura, etc. a partir del archivo .cnv generado con la primera función.
- 6.-FILTER: Pasa un filtro de baja frecuencia en una o más columnas de datos. Esta función suaviza picos de datos por alta frecuencia

7.-LOOP EDIT: marca características consideradas como malas en las opciones de configuración.

8.- WILD EDIT: Marca el valor de un dato con banderas de mala calidad para eliminar puntos fuera del rango normal.

9.- WINDOW FILTER: provee cuatro tipos diferentes de filtros de ventana y un filtro de mediana para suavizar los datos de los archivos .cnv. Calcula la media ponderada de los valores alrededor de un centro y reemplaza los valores con un promedio. Mientras que el filtro de mediana calcula valores alrededor de un centro y los reemplaza con la mediana calculada.

FILTROS RECOMENDADOS EN EL MANUAL DEL CENTRO DE CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO (COLOMBIA) EQUIPO CTD SEA BIRD 19 PLUS:

1. FILTER: Pasa un filtro de baja frecuencia en una o más columnas de datos. Esta función suaviza picos de datos por alta frecuencia

2. ALIGN CTD: alinea la data de parámetros en el tiempo, relativos a la presión (usado típicamente para datos de conductividad, temperatura y oxígeno). Esta función asegura que las mediciones se están realizando en el mismo sector.
3. LOOP EDIT: marca características consideradas como malas en las opciones de configuración.
4. DERIVE: Calcula salinidad, densidad, velocidad del sonido, oxígeno, temperatura potencial, dinámica de altura, etc. a partir del archivo .cnv generado con la primera función.
5. 2.- BIN AVERAGE: promedio de los datos basados en los bins de presión, profundidad, número de medición o rango de tiempo.

FILTROS RECOMENDADOS EN EL MANUAL DE PROCESAMIENTO DE DATOS OBTENIDOS DESDE PERFILADORES CTD-SBE

1. FILTER: Pasa un filtro de baja frecuencia en una o más columnas de datos. Esta función suaviza picos de datos por alta frecuencia
2. ALIGN CTD: alinea la data de parámetros en el tiempo, relativos a la presión (usado típicamente para datos de conductividad, temperatura y

oxígeno). Esta función asegura que las mediciones se están realizando en el mismo sector.

3. LOOP EDIT: marca características consideradas como malas en las opciones de configuración.
4. DERIVE: Calcula salinidad, densidad, velocidad del sonido, oxígeno, temperatura potencial, dinámica de altura, etc. a partir del archivo .cnv generado con la primera función.
5. WINDOW FILTER: provee cuatro tipos diferentes de filtros de ventana y un filtro de mediana para suavizar los datos de los archivos .cnv. Calcula la media ponderada de los valores alrededor de un centro y reemplaza los valores con un promedio. Mientras que el filtro de mediana calcula valores alrededor de un centro y los reemplaza con la mediana calculada.
6. BIN AVERAGE: promedio de los datos basados en los bins de presión, profundidad, número de medición o rango de tiempo.

ANEXO H

Guía de Procesamiento de datos de CTD Modelos 19, 19 plus y 19 plusV2 de la Marca SeaBird con el Programa de Procesamiento de datos SBE versión 7.23.2

Esta guía presentará los pasos para depurar y graficar los datos de un archivo .CNV, enfocandose en la curva de temperatura.

La guía mostrará paso a paso los campos básicos para obtener el resultado deseado según la recomendación de uso de filtros en el capítulo 4 de esta tesis . Sin embargo no mostrará todas las características que tiene el programa de procesamiento de Datos SBE en vista a lo extenso de las bondades del mismo.

Los valores y selecciones que muestran las figuras son capturas de pantalla con los datos reales a ingresar en el programa de Procesamiento de Datos SBE en el momento del procesamiento.

1 CONVERSIÓN DE ARCHIVO .HEX EN .CNV

1.1- Para convertir el archivo .Hex a .CNV, se utiliza la opción de Conversión de datos del Programa de procesamiento SBE como se muestra en la figura G.1 :

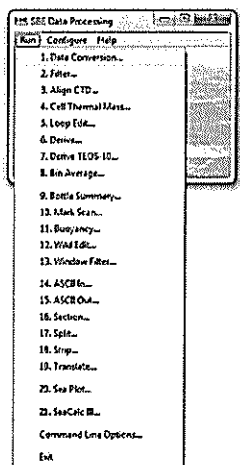


Figura G1. Menú del procesador de datos SBE

1.2.- Dar click en la opción de conversión de datos para visualizar la Pestaña de configuración de archivo. En esta pestaña aparecerán los siguientes campos (Figura G.2):

- a. Directorio donde se encuentra instalado el archivo de instalación del programa.
- b. Directorio donde se encuentra el archivo de configuración del equipo utilizado. Este archivo varía con cada modelo de equipo y calibración.
- c. Directorio donde se encuentra el archivo .HEX a convertir.
- d. Archivo .hex a convertir.
- e. Directorio de salida.
- f. Identificador extra que se le desee colocar al archivo.
- g. Archivo de salida.

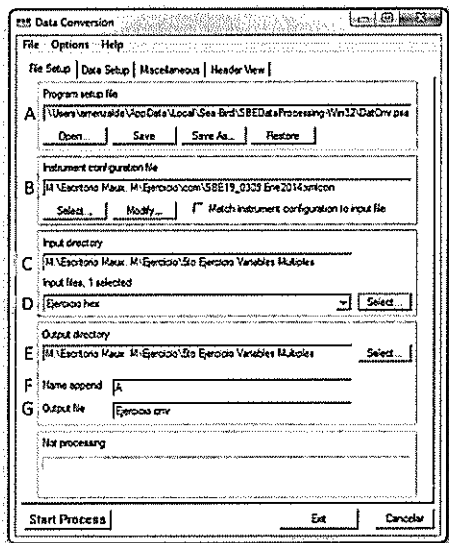


Figura G2. Ventana de conversión de datos

La pestaña de configuración de archivo se presentará en cada opción del programa de procesamiento de datos SBE.

1.3- En la pestaña de Configuración de datos los campos serán los siguientes (Figura G.3):

- a. Procesar las mediciones hasta el final del archivo
- b. Mediciones a obviar
- c. Mediciones a procesar
- d. Formato de salida
- e. Convertir los datos de :
 - 1. Subida y bajada
 - 2. bajada
- f. Crear tipo de archivo:
 - a. Crear solo archivo de datos .CNV
 - b. Crear solo archivo de botellas .ROS
 - c. Crear archivos de datos y botellas
- g. Fuente de las mediciones (Solo aplica para botellas)
- h. Rango de compensación de mediciones (Solo aplica para botellas)
- i. Rango de duración de las mediciones (Solo aplica para botellas)
- j. Unir cabeceras (Solo aplica para mediciones en donde se use botellas y CTD juntos)
- k. Selección de variables deseadas en el .CNV.
- l. Fuente para la hora de inicio en la cabecera de salida del archivo .CNV
 - a. Hora de inicio del Instrumento.
 - b. Hora del Estandar NMEA
 - c. Sistema UTC
 - d. Agregar hora
- m. Solicitar hora de inicio

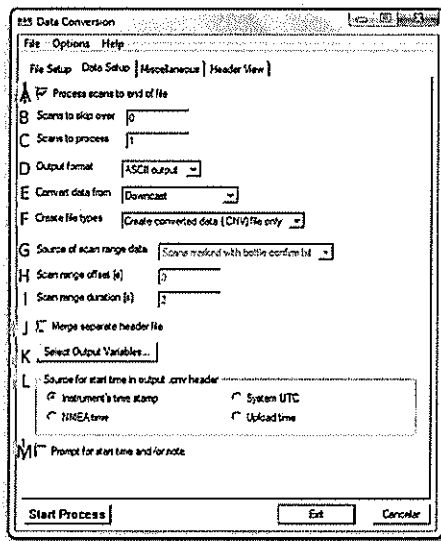


Figura G3. Pestaña de configuración de datos

1.4- Además se deben seleccionar las variables de salida en el campo k. La ventana de selección se muestra a continuación. (Figura G4)

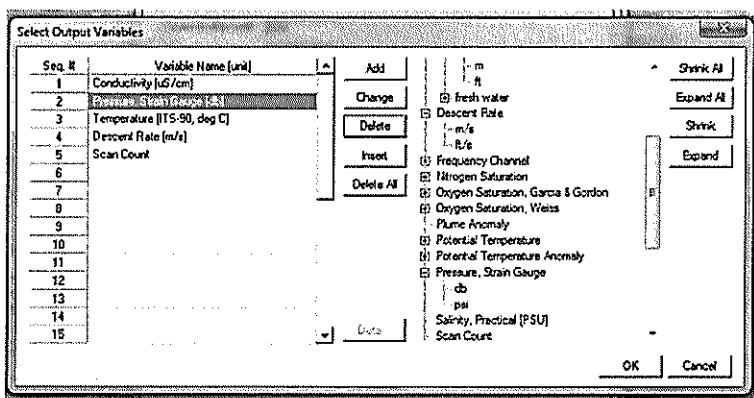


Figura G4. Ventana de variables a seleccionar

La lista de parámetros posibles se muestra en la columna de la derecha, mientras que la lista de variables seleccionadas se muestra a la izquierda.

Los parámetros a seleccionar son:

- Conductividad (uS/cm)
- Presión (db)
- Temperatura (°C, sistema ITS 90)
- Tasa de descenso (m/s)
- Número de mediciones

Una vez seleccionadas las variables se puede iniciar el proceso y crear el archivo .CNV dando click en el boton que indica iniciar proceso.

2. VISUALIZACIÓN Y DEPURACIÓN DEL ARCHIVO .CNV GENERADO.

2.1.- Para realizar la visualización del archivo generado y revisar el comportamiento de las variables. El archivo .CNV creado debe ser abierto con la herramienta SEA Plot (Figura G5)

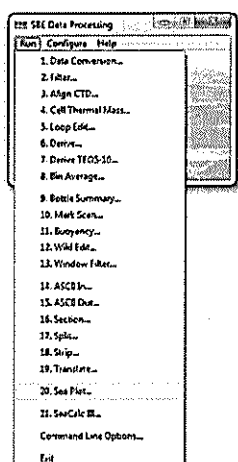


Figura G5. Menú del procesador de datos SBE. Opción Sea Plot

Lo primero que se debe hacer al archivo .CNV es depurarlo. Con seguridad los primeros datos erróneos son los del tiempo de estabilización del equipo. Debido a esto el primer grafico a realizar es el de las mediciones versus la presión, a fin de conocer desde que número de medición se debe tomar para realizar los gráficos posteriores.

La herramienta SEA Plot consta de varias pestañas. En la primera pestaña se deberá ingresar la información de configuración del archivo a graficar, la segunda solicita información acerca de cómo desea el usuario el gráfico y de la

tercera a la séptima pestaña la herramienta solicita información acerca de las variables que se graficarán.

2.2.- Pestaña de Información del archivo a graficar (Figura G6)

- a. Directorio donde se encuentra el archivo de instalación del programa
- b. Directorio donde se encuentra el archivo que se graficará.
- c. Archivo a graficar.
- d. Formato de salida (selección entre .jpeg, mapa de bits, metaarchivo o directo a la impresora)
- e. Directorio de salida.
- f. Identificador extra que se le desee colocar al archivo.
- g. Archivo de salida.

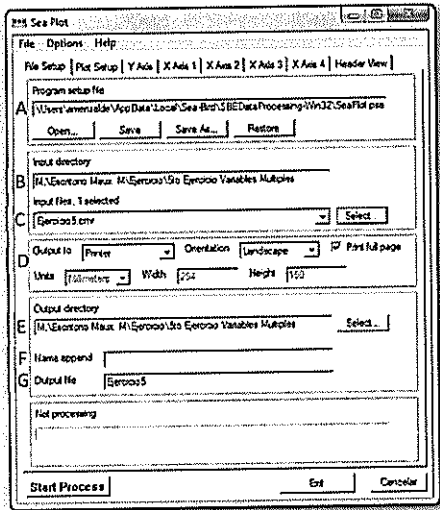


Figura G6. Pestaña de Información del archivo a graficar

2.3 Pestaña de configuración para generación de gráfico (Figura G7)

- a. Tipo de gráfico (Un parámetro en el eje Y y varios en el eje x)
- b. Título del gráfico

- c. Color del título
- d. Tipo de Letra
- e. Tamaño de letra
- f. Líneas de grilla
- g. Estilo de la Grilla
- h. Colores de fondo dentro y fuera del diagrama.
- i. Opciones varias para personalizar el gráfico.

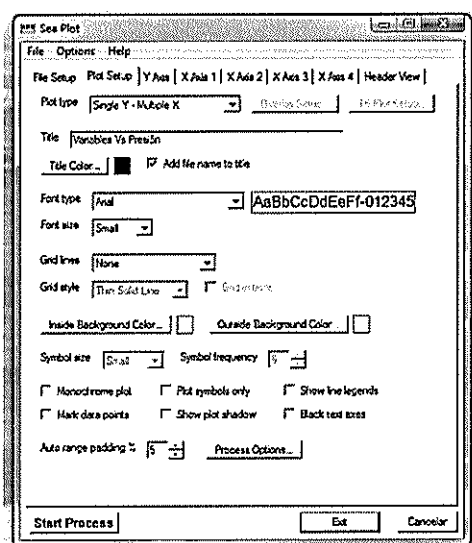


Figura G7. Pestaña de configuración para generación de gráfico

2.4.-Pestañas de Variables graficar (Figura G8)

- a. Selección de la variable a graficar
- b. Presentar el nombre de la variable
- c. Personalizar el nombre de la variable
- d. Tipo de línea
- e. Color de la línea
- f. Tipo de escala
- g. Rango automático o personalizado
- h. Revertir la dirección de la escala

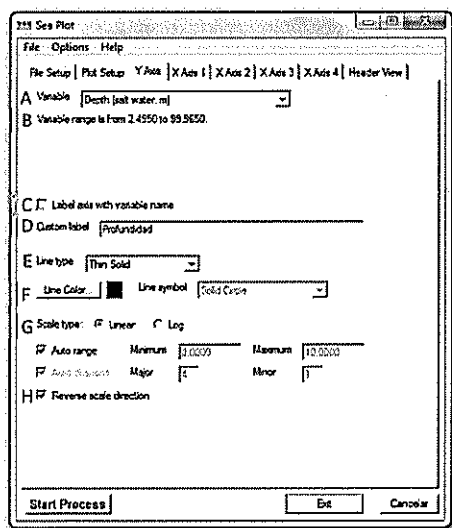


Figura G8. Pestañas de variables a graficar

Para detectar el tiempo de estabilización y sacar el grafico de mediciones las variables a elegir son:

Eje Y: Presión

Eje X: Número de mediciones (Scan Count)

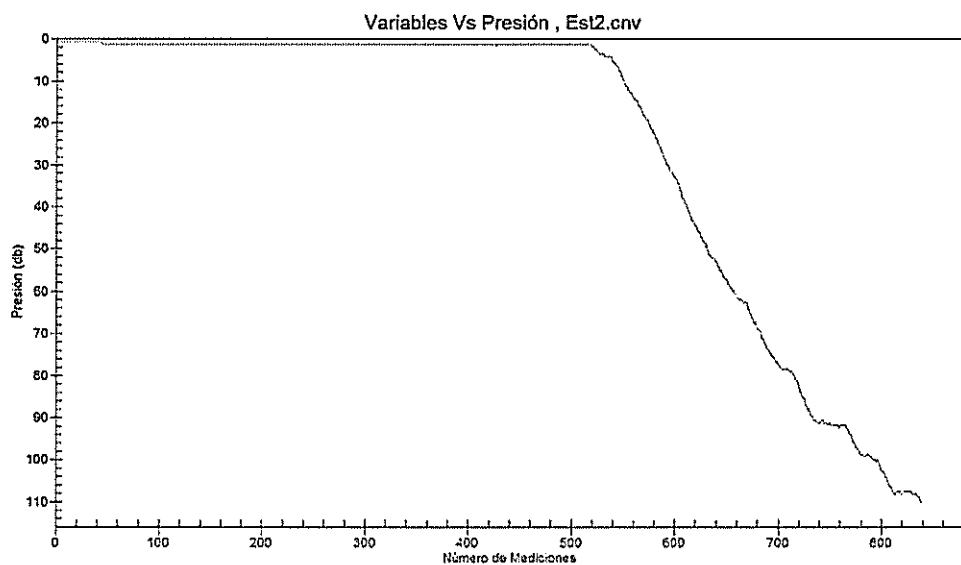


Gráfico G1. Curva de medición con zona de estabilización

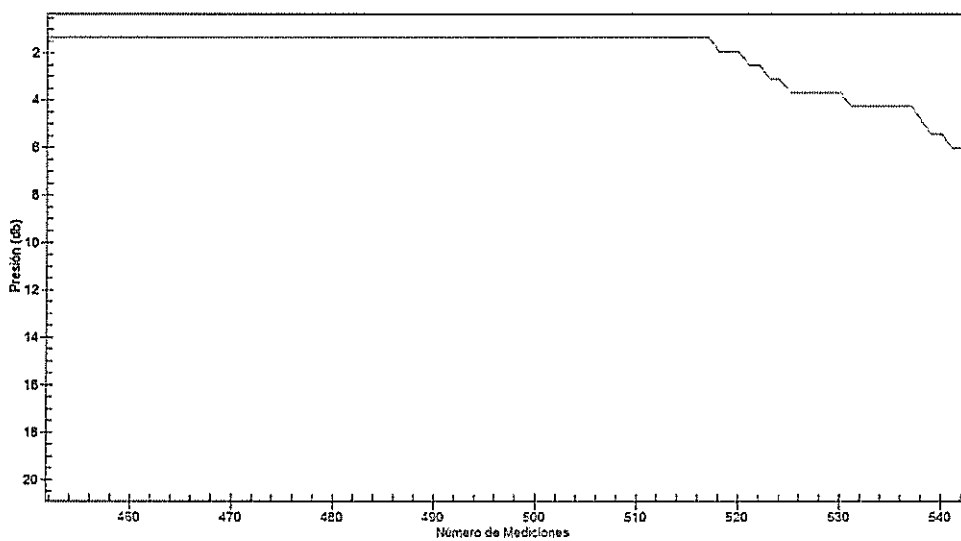


Gráfico G2. Ampliación de la zona de estabilización

Para saltar los datos de la zona de estabilización se debe reprocesar el archivo .HEX en el módulo de Conversión de Datos (Data Conversion) y colocar en la pestaña de configuración de datos en la opción Scans to skip over el número que fue determinado en el paso anterior

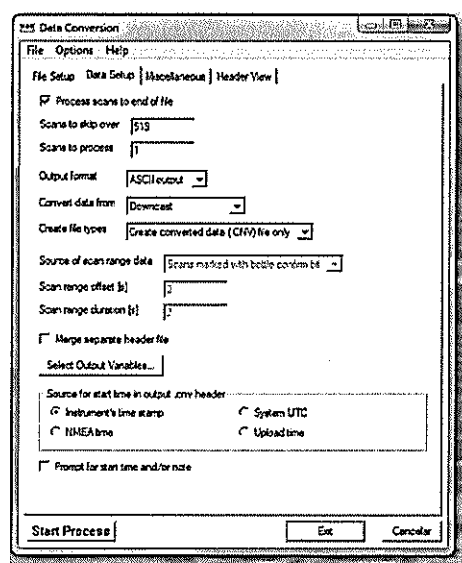


Figura G9. Número de mediciones que serán omitidas

En este caso serán omitidas las mediciones desde la 1 a la 519. Se debe conservar el archivo original por lo que se aconseja cambiar el nombre del archivo.

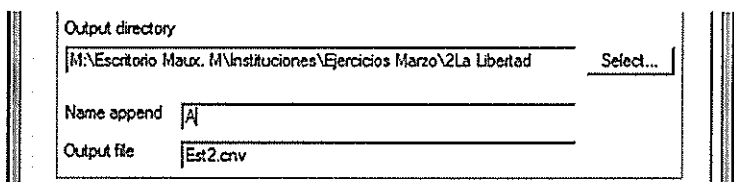


Figura G10. Cambio de nombre al archivo Inicial

A fin de corroborar que los datos de estabilización no han sido tomados en cuenta se debe graficar nuevamente el número de mediciones (scant count)

versus presión. En el nuevo perfil aparecerá la curva desde la medición deseada como muestra el gráfico G3

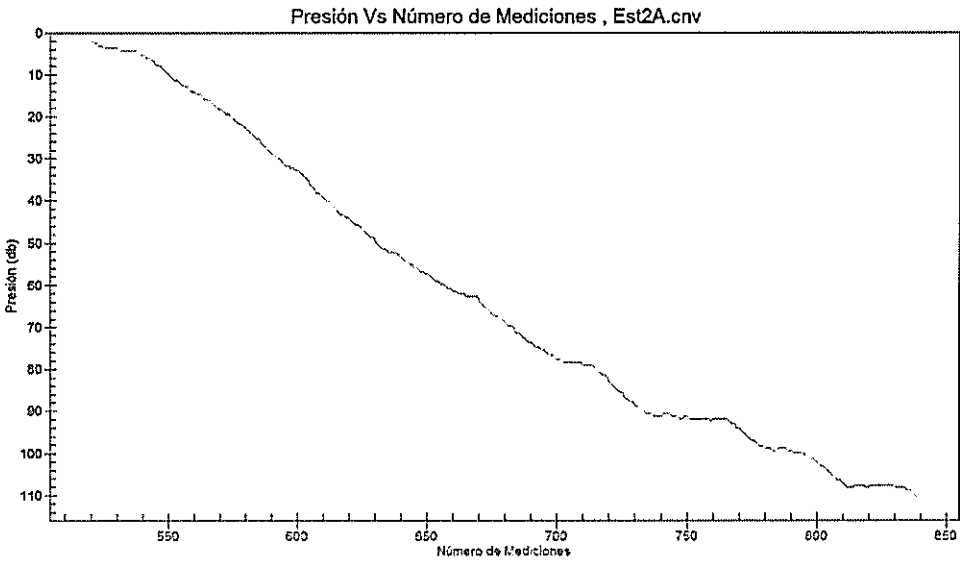


Gráfico G3. Curva de mediciones sin zona de estabilización

3.- GRAFICACIÓN DE LOS PERFILES INICIALES

Con el archivo de datos .CNV depurado se empieza a trabajar en el perfil de temperatura, que es nuestra variable principal. Sin embargo la corroboración de la buena calidad de los datos tomados y la necesidad de aplicar filtros solo se puede realizar graficando también las siguientes variables:

- Conductividad
- Salinidad derivada
- Densidad derivada

Las variables salinidad y densidad son calculadas directamente de los datos obtenidos con el CTD. Por lo que de no requerir más variables derivadas no existe la necesidad de usar el módulo de derivación de variables del programa (Derive).

Usando la opción Sea Plot se grafican los perfiles de temperatura, conductividad, salinidad derivada, densidad derivada (ejes x) versus la presión (eje y). Se obtendrá un resultado parecido al gráfico G4. Se observa que existen picos en la curva de salinidad por lo que es necesario pasar los filtros del programa de procesamiento de datos SBE

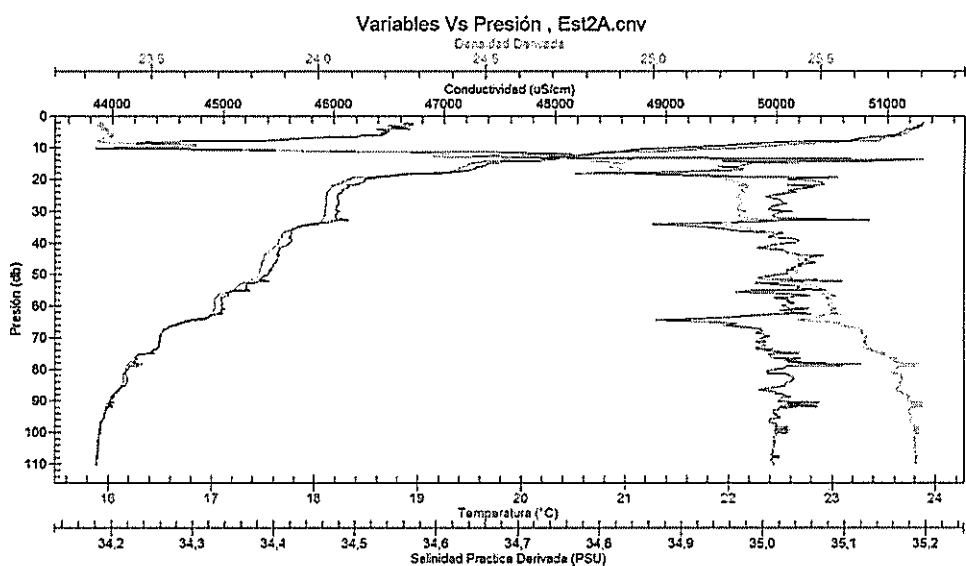


Gráfico G4. Perfiles de variables sin filtros

4.-MÓDULOS DE PROCESAMIENTO

4.1 Módulo de Alineación De CTD (Aling CTD)

Esta opción sirve para alinear parámetros en el tiempo respecto a la presión, esto asegura que los valores medidos de las diferentes variables sean respecto a una misma presión. Esta alineación se logra ingresando valores de adelanto en segundos para las mediciones.

El manual de procesamiento de datos SBE indica que a menudo existe una demora en la medición de la temperatura debido factores como:

- La presión
- El Retardo en la medición por el sensor
- Problema en los equipos con bomba pues tarda en llegar el flujo y esto demora la medición.

Cuando las mediciones están correctamente alineadas los picos u errores en la salinidad y densidad son mínimos. Si han existido picos y después de realizar el paso del filtro estos se minimizan sustancialmente, se puede decir que el parámetro está bien alineado

En el Gráfico G4 se puede observar como el perfil de salinidad presenta el comportamiento mencionado por lo que se debe aplicar el módulo de alineación

4.1.1 Aplicación del Módulo

Se debe ingresar los datos requeridos en la pestaña de configuración de archivo como se ha realizado en pasos anteriores, tomando en cuenta que en el nombre anexo se debe colocar un indicador del filtro que se está usando a fin de no confundir los archivos.

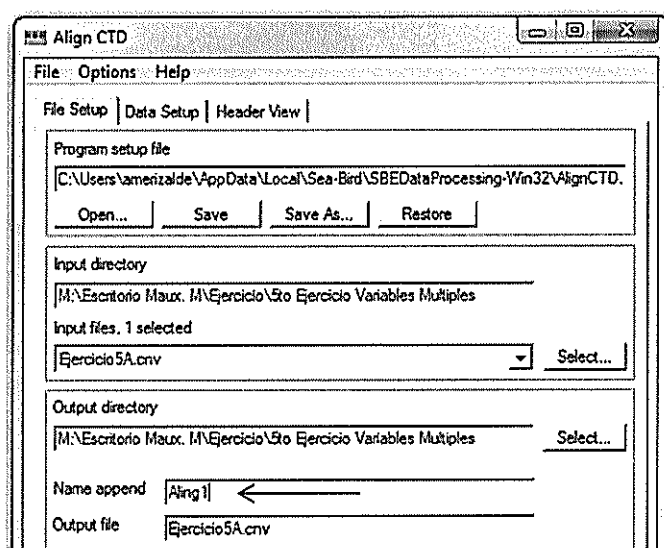


Figura G11 Configuración de módulo Align CTD

El manual de procesamiento de datos SBE indica que dependiendo del equipo se colocarán los valores de adelanto en segundos para las variables. En el caso de la temperatura la tabla G1 detalla por modelo CTD Sea Bird los valores recomendados.

Tabla G1

Modelo	Valor de adelanto relativo a la presión
9 Plus	0
19,19plus o 19 PlusV2	+05
25 o 25plus	0

Los valores de adelanto para las variables se colocan en la ventana de configuración de datos como lo indica la figura G12

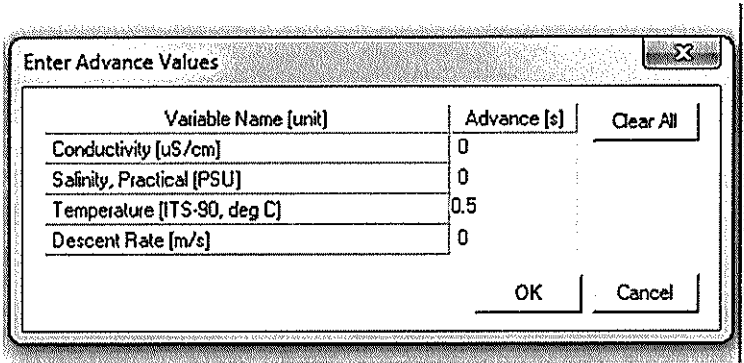


Figura G12. Ingreso de valores de adelanto para alineación

Para visualizar el cambio del comportamiento de la curva de salinidad respecto al grafico G4 se grafica el archivo filtrado. En el grafico G5 se puede observar el resultado del paso del módulo

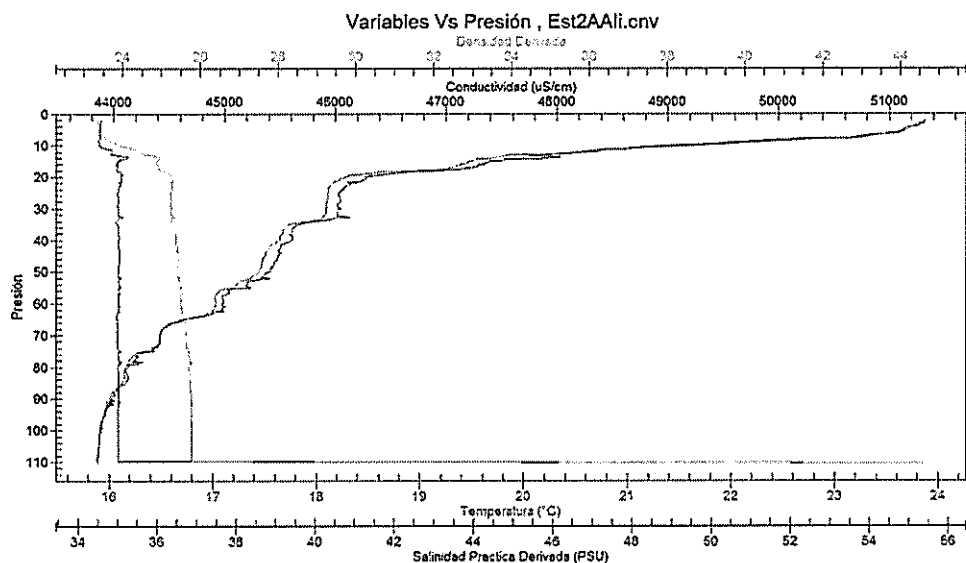


Gráfico G5. Variables después del paso del módulo Aling CTD

4.2 Modulo de Filtrado de Datos (Filter)

Esta opción se utiliza para eliminar los ruidos en las mediciones, los mismos que se pueden observar en las curvas de los parámetros (Gráfico G5). El resultado del filtrado son curvas suavizadas.

Los valores tomados para este ejercicio son los recomendados en el manual de procesamiento de datos SBE. Los filtros a usar dependen del modelo de CTD como muestra la Tabla G2

Tabla G2

Equipo	Temperatura (s)	Conductividad (s)	Presión (s)
SBE 9 plus	-	-	0.15
SBE 19 plus o 19 plus v2	0.5	0.5	1.0
SBE 19 con o sin Bombay ducto TC	0.5	0.5	2.0
SBE 25 o 25 plus	0.1	0.1	0.5

4.2.1 Aplicación del Módulo

Se debe ingresar los datos requeridos en la pestaña de configuración de archivo como se ha realizado en pasos anteriores, tomando en cuenta que en el nombre anexo se debe colocar un indicador del filtro que se está usando a fin de no confundir los archivos.

El archivo a filtrar es el obtenido en el paso anterior.

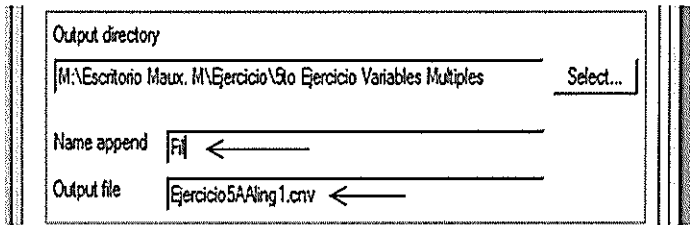


Figura G13. Asignación de nombre para identificación de archivo

Los valores de los filtros recomendados en el manual de Procesamiento de Datos SBE según el equipo usado se presentan en la tabla G3.

Tabla G3

Instrumento	Temperatura (segundos)	Conductividad (segundos)	Presión (segundos)
SBE 19plus o 19plus V2	0.5	0.5	1.0
SBE 19 con o sin canal TC y bomba	0.5	0.5	2.0

En la pestaña de configuración de datos del módulo se debe colocar los valores correspondientes a los filtros que se usarán, lo que se muestra en la Figura G14.

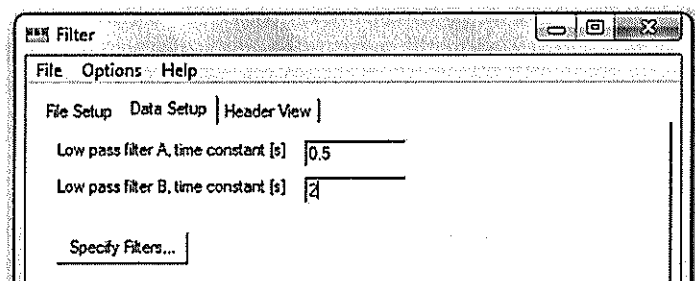


Figura G14. Ingreso de valores de filtros

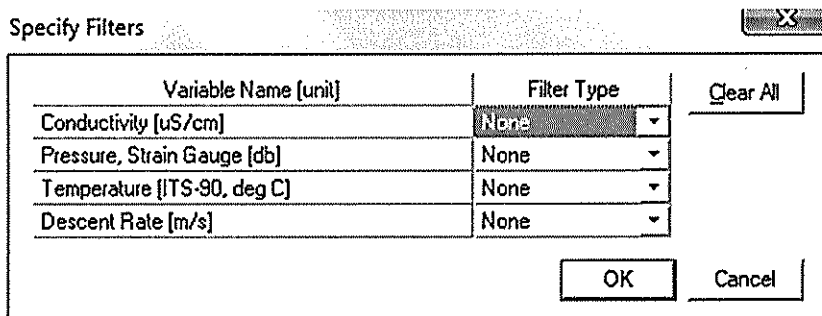


Figura G15. Selección de variables a filtrar

A continuación se debe especificar que filtro se le pasará a cada una de las variables, como se muestra en la Figura G16

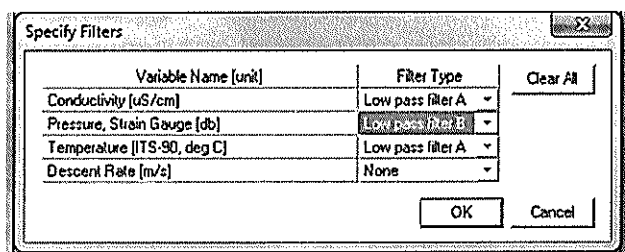


Figura G16. Especificación de los filtros para cada variable

Para visualizar el cambio del comportamiento de las curvas respecto al gráfico G5 se debe graficar nuevamente el archivo filtrado. En el gráfico G6 se puede observar el resultado del paso del filtro

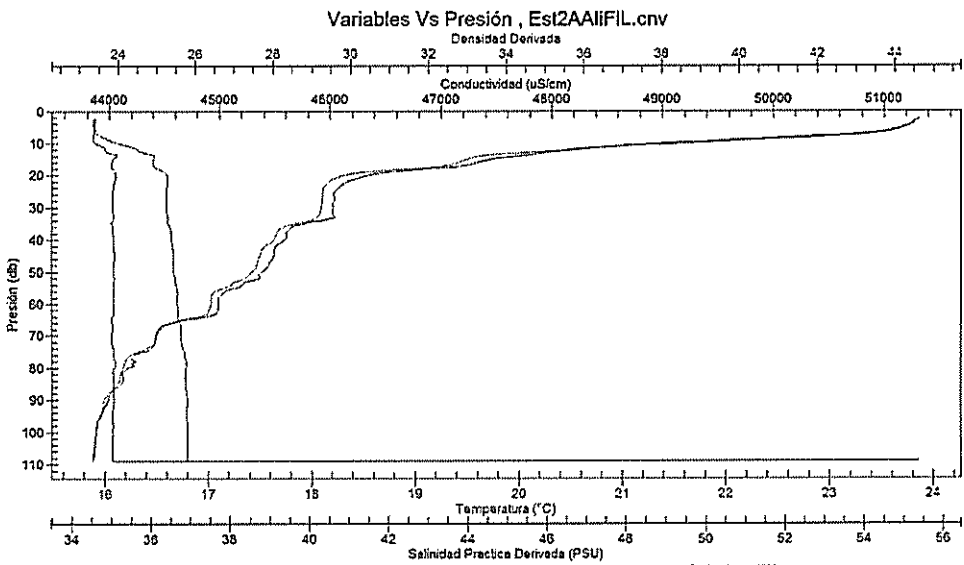


Gráfico G6 Variables después del paso del módulo Filter

4.3 Modulo de Marcado de mediciones erróneas (Loop Edit)

Este módulo marca las mediciones que son consideradas malas asignándoles banderas de calidad que se pueden observar en el archivo resultante. Este módulo va asociado al valor de descenso del equipo por lo que se debe determinar la velocidad media de bajada para poder correr el filtro.

Para determinar la velocidad media del equipo se usa nuevamente la herramienta SEA Plot aplicada al archivo inicial (sin la zona de estabilización). Las variables a graficar son presión versus tasa de descenso. En el gráfico G7 se puede observar el resultado del gráfico de las variables mencionadas. El valor medio en la tasa de descenso es de 0.817 como se muestra en el gráfico G8.

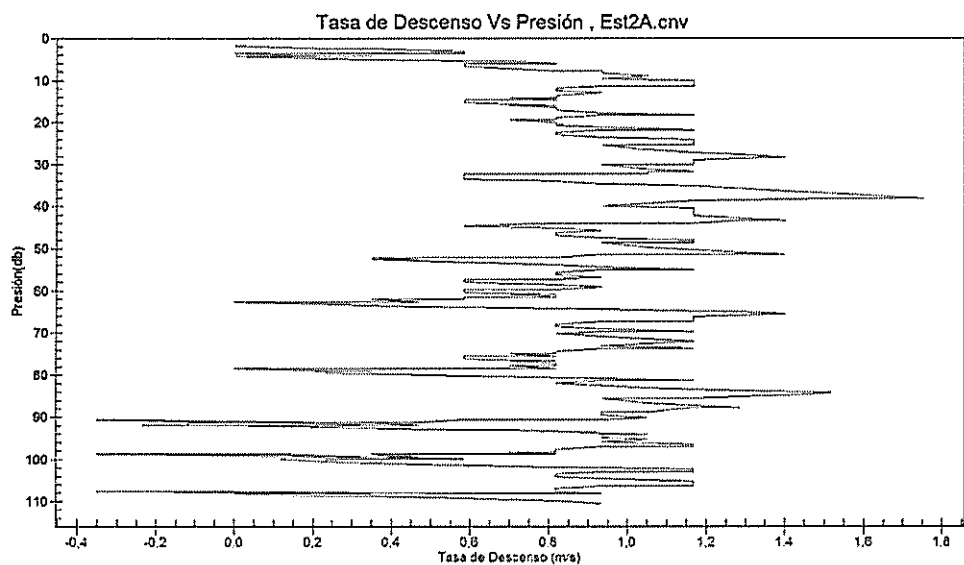


Gráfico G7. Tasa de descenso versus presión

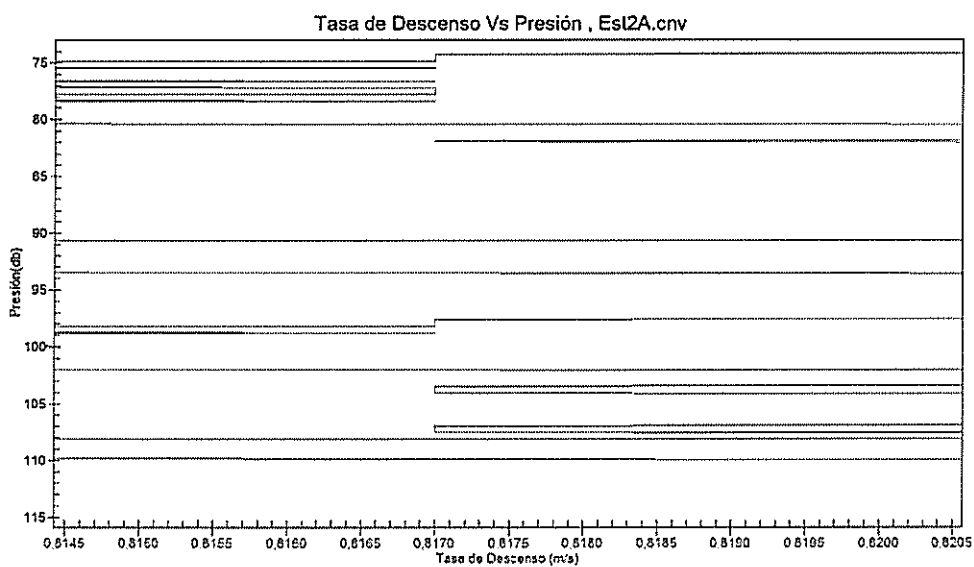


Gráfico G8. Zoom en el gráfico de tasa de descenso

4.3.1 Aplicación del Módulo

Se debe ingresar los datos requeridos en la pestaña de configuración de archivo como se ha realizado en pasos anteriores, tomando en cuenta que en el nombre anexo se debe colocar un indicador del filtro que se está usando a fin de no confundir los archivos. El archivo a filtrar es el obtenido en el paso anterior.

En la pestaña de configuración de datos del módulo se deberá seleccionar la opción de porcentaje de la velocidad media en el ítem de Tipo de velocidad mínima. El valor de la ventana quedará con el valor asignado por el programa y el valor obtenido en el grafico G8 será colocado en el cuadro de porcentaje de la velocidad media, además se excluirán los datos marcados como malos como se aprecia en la figura G17

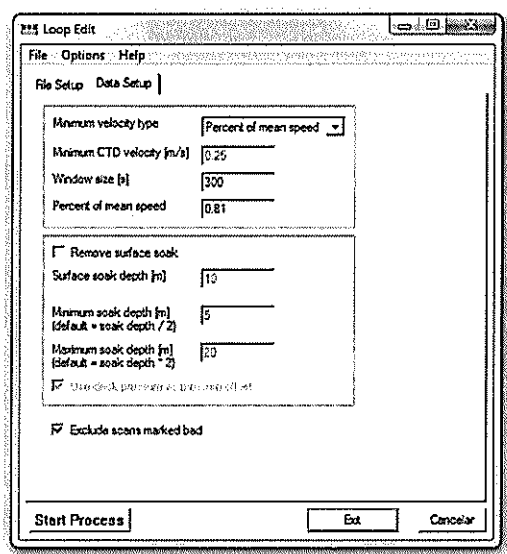


Figura G17. Datos para procesamiento del módulo Loop Edit

Para visualizar el cambio del comportamiento de las curvas respecto al grafico G6 se debe graficar el último archivo filtrado. En el grafico G9 se puede observar el resultado del paso del filtro

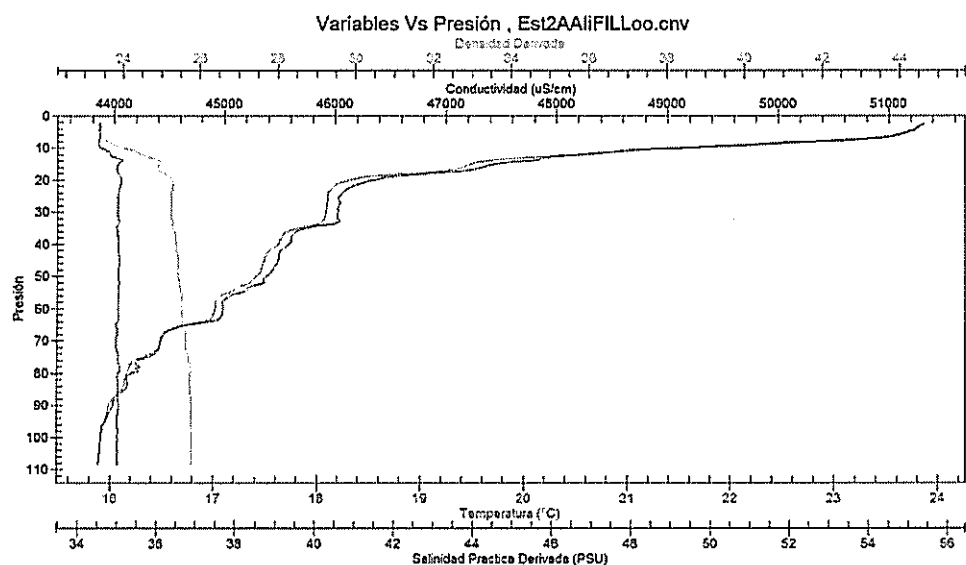


Gráfico G9. Variables después del paso del módulo Loop Edit

4.4 Módulo para promediar por secciones (Bin Average)

Este módulo sirve para realizar promedio de las secciones que pueden ser rangos de: presión, profundidad, numero de mediciones y rangos de tiempo.

4.4.1 Aplicación del módulo

Se debe ingresar los datos requeridos en la pestaña de configuración de archivo como se ha realizado en pasos anteriores, tomando en cuenta que en el nombre anexo se debe colocar un indicador del filtro que se está usando a fin de no confundir los archivos. El archivo a filtrar es el obtenido en el paso anterior.

En la pestaña de configuración de datos del módulo se debe ingresar la variable a la que se le harán los promedios, en este caso la presión, así como el rango en el que se efectuarán los promedios que será de 1 que equivale a 1 metro. Se debe seleccionar la opción de exclusión de los datos marcados como malos, que no se saltará ningún dato y se especificará que el proceso se da para las mediciones que han sido de bajada.

245 Bin Average

File Options Help

File Setup Data Setup

Bin type:

Bin size:

☐ Include number of scans per bin

☒ Exclude scans marked bad

Scans to skip over:

Cast to process:

☐ Include surface bin

Surface bin minimum value:

Surface bin maximum value:

Surface bin value:

Start Process Exit Cancel

Figura G18. Especificación de datos para Modulo Bin Average.

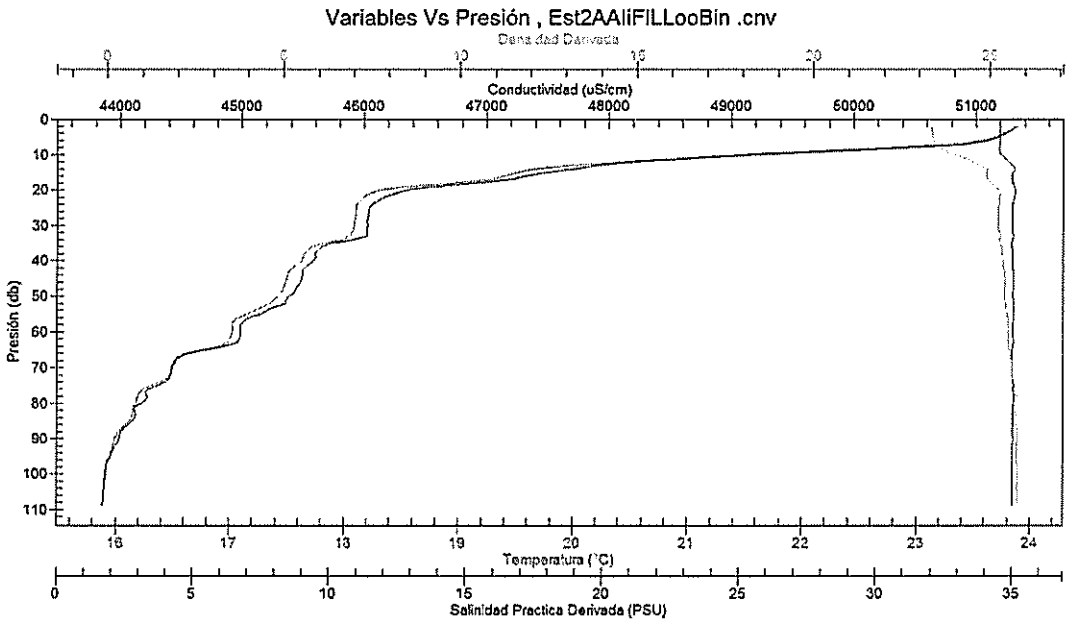


Gráfico G10. Variables después del paso del módulo Bin Average

5.-DIAGRAMA DE PROCESAMIENTO Y PASO DE FILTROS POR MÓDULOS PARA CORROBORACIÓN.

El filtrado de los datos estará completo si el archivo .CNV ha pasado por los 5 módulos que se presentan a continuación.



ANEXO H

Valores de Bandera de Calidad	Red de observación ARGO
0	No se realizó Control de calidad
1	Datos Buenos
2	Probables datos buenos
3	Probables datos malos que son potencialmente corregibles
4	Datos Malos
5	Valores Cambiados
8	Valores interpolados
9	Valores Faltantes

Valores de Bandera de Calidad	Programa Global de perfiles de salinidad y Temperatura. (ARGO)
0	No se realizó Control de calidad
1	Control de Calidad fue realizado; Dato bueno
2	Control de Calidad fue realizado; Probables datos buenos
3	Control de Calidad fue realizado; Probables datos malos
4	Control de Calidad fue realizado; datos malos
5	El valor fue cambiado como resultado del control de calidad
9	Valor faltante

Valores de Bandera de Calidad	Experimento de Circulación Oceánica Mundial (WOCE)
1	No calibrado
2	Medición Aceptable
3	Medición Cuestionable
4	Mala Medición
5	No reportado
6	Interpolado sobre un intervalo de presión mayor que 2 decibares
7	Valor filtrado
9	No Muestreados

Valores de Bandera de Calidad	Programa Ocean Data View (ODV) para visualización de Datos
0	Sin control de calidad
1	Dato confiable
2	Probable dato confiable
3	Probable dato malo que puede ser potencialmente corregible
4	Dato Malo
5	Valor cambiado
8	Valor interpolado
9	Valor faltante.

BIBLIOGRAFIA

Alarcón, E., & Pineda, J. (1969.). Descripción oceanografica estacional de las aguas frente a Valparaíso. *Boletín Científico IFOP*, 11–31.

Bennet, E. B. (1963). An oceanographic atlas of the eastern tropical Pacific Ocean, based on data from EASTROPIC expedition. *Bulletin Inter-American Tropical Tuna Commission*, 33-165.

Dimitri Gutiérrez, A. B.-M. (2011). Sensibilidad del sistema de afloramiento costero del Perú al cambio climático e implicancias ecológicas. *REVISTA PERUANA GEO-ATMOSFÉRICA*, 1-26.

Emery, W. J. (2002). Ocean Circulation/ Water Types and Water Masses. En U. Texas A&M University, *Encyclopedia of Atmospheric Sciences* (págs. 1556-1567).

Emery, W. J., & Thomson, R. E. (2001). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography: Second and Revised Edition*. Elsevier.

Guillén, O. (1983). CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS Y SUS FLUCTUACIONES EN EL PACÍFICO SUR ORIENTAL. *FAO Fishery Reports* , 51-105.

Gutiérrez, A. A. (2008). Efectos del ENOS sobre la temperatura superficial del mar y la abundancia de larvas de peces en aguas oceánicas de Cuba. En P. I. desarrollo, *Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad*.

INOCAR. (2 de Junio de 2014). *Instituto Oceanográfico de la Armada*. Recuperado el 2 de Junio de 2014

IPCC, & Stocker, T. D.-K. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental. Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC, 2. (2007). *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de*. Ginebra, Suiza,.

Lemus, J. L., & Frías, P. T.-G. (1995). <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>. Mexico.

Pacífico, C. D. (2010). *Instrucciones Técnicas Para El Funcionamiento Del Ctd Sea Bird Sbe 19*.

Robles, F. (1966). *graphical description of oceanographic conditions off Tarapaca Province, based upon data from Marchil II Expedition. Instituto Hidrográfico de la Armada. Valparaíso, Chile. Valparaíso*.

Salas, L. A. (06 de Diciembre de 2014). *Oceanografía General*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://tarwi.lamolina.edu.pe/licochea/masas.html>

- Simoncini, M., & Piña, C. I. (2008). Proporción de Sexos de Neonatos de *Caiman latirostris* (Crocodylia: Alligatoridae) Producidos en la Naturaleza. *INSUGEO, miscelaneas*, 231-237.
- Sverdrup, H. U., Johnson, M. W., & Fleming, R. H. (1942). *The Oceans: Their physics, chemistry, and general biology*. New York: Prentice-Hall .
- Wooster, W., & Gilmartin, y. M. (1961). The Peru-Chile Undercurrent. *Journal Marine Research*.
- Wyrtki, K. (1967). Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. 117-147.
- Wyrtki, K. (1963). The horizontal and vertical field of motion in the Peru Current. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, 312 – 346.
- Zuta, S., & Guillén, O. (1970). Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. *Boletín IMARPE*, 193-196.