



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROCEDIMIENTOS:

**LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON ESCÁNER LIDAR
LEVANTAMIENTOS BATIMÉTRICOS CON ECOSONDAS MULTI-HAZ**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

GILBERTO SUÁREZ LÓPEZ

ASESOR

ING. ENRIQUE VILLALOBOS VELÁZQUEZ

MORELIA, MICHOACÁN

JUNIO, 2011





Morelia, Mich. a 1 de Marzo de 2011.

Director: RAMIRO GUZMAN RODRIGUEZ

Facultad de Ingeniería Civil

U. M. S. N. H.

PRESENTE

Asunto: Solicitud de autorización de modalidad de titulación

Por medio de la presente solicito a usted se autorice la modalidad de titulación para presentar el examen de grado, bajo los siguientes términos:

Solicitante: Gilberto Suárez López

Matricula: 8004250C

Programa educativo: Licenciatura en Ingeniería Civil

Modalidad de titulación: Tesis

Título del Trabajo: Procedimientos: Levantamientos Topográficos con Escáner LiDAR
Levantamientos Batimétricos con Ecosondas Multi-haz

Capítulo 1: Introducción y alcance de proyecto
Capítulo 2: Localización y descripción del área de trabajo
Capítulo 3: Especificaciones de Proyecto y reconocimiento de campo
Capítulo 4: Topografía procedimientos
Capítulo 5: Batimetría procedimientos
Capítulo 6: Post-procesamiento de datos
Capítulo 7: Clasificación de datos topográficos-batimétricos
Capítulo 8: Conclusiones
Capítulo 9: Imágenes del área de trabajo
Capítulo 10: Bibliografía
Capítulo 11: Apéndices

Asesor: Ing. Enrique Villalobos Velazquez

Tipo de examen: Tesis-Examen Recepcional

Agradezco su atención prestada

ATENTAMENTE

ENRIQUE VILLALOBOS VELAZQUEZ

Vo Bo Asesor

EDMUNDO ROGELIO EQUIHUA VILLAGOMEZ

Vo Bo Jefe de Depto. de Topografía

GILBERTO SUAREZ LOPEZ

Solicitante



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

Morelia, Mich a 01 de Marzo de 2011

C. GILBERTO SUAREZ LOPEZ
P R E S E N T E

Asunto: Carta de Aceptación
de Inicio de Trabajo.

Por medio de la presente y en atención a su solicitud para iniciar el desarrollo de su trabajo relativo a la Licenciatura en Ingeniería Civil, una vez analizado el tema propuesto, se le comunica la aceptación a fin de que lleve a cabo el desarrollo del trabajo denominado "Procedimientos:

Levantamientos Topográficos con Escaner LIDAR

Levantamientos Batimétricos con Ecosonda Multihaz", mismo que será asesorado por el profesor Enrique Villalobos Velazquez.

Sin más por el momento, me despido enviándole un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

RAMIRO GUZMAN RODRIGUEZ
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Facultad de Ingeniería Civil
U. M. S. N. H.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

Morelia, Mich a 01 de Marzo de 2011

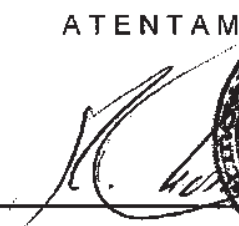
C. GILBERTO SUAREZ LOPEZ
P R E S E N T E

Asunto: Carta de asignación de revisores

Por medio de la presente y en atención a su solicitud de asignación de revisores que debe realizar la evaluación de su trabajo; hago de su conocimiento que se designó a los siguientes profesores que a continuación se citan, a los cuales deberá de presentar el trabajo desarrollado para su revisión:

ASESOR DE TRABAJO ENRIQUE VILLALOBOS VELAZQUEZ

ATENTAMENTE



RAMIRO GUZMAN ROBLES
DIRECTOR
Facultad de Ingeniería Civil
INGENIERÍA CIVIL
U. M. S. N. H.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

Morelia, Mich a 04 de Mayo de 2011

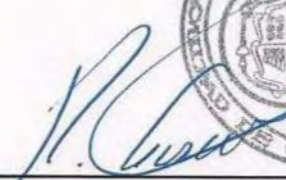
C. GILBERTO SUAREZ LOPEZ
P R E S E N T E

Asunto: Carta de Aceptación
de Impresión de trabajo.

Por medio de la presente, una vez revisado su trabajo denominado "Procedimientos:
Levantamientos Topográficos con Escaner LiDAR
Levantamientos Batimétricos con Ecosonda Multihaz" a fin de obtener el título de INGENIERO
CIVIL en esta Facultad a mi cargo, hago de su conocimiento que no existe inconveniente
alguno para que esta se reproduzca.

Sin más por el momento, me despido enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE



FACULTAD DE
INGENIERIA CIVIL
U. M. S. N. H.
RAMIRO GUZMAN RODRIGUEZ
DIRECTOR
Facultad de Ingeniería Civil



Agradecimientos:

A dios por haberme permitido culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mis padres, Josefina López de Suarez y Gilberto Suarez Aldaco por el apoyo incondicional que me dieron a lo largo de la carrera.

A mi hermana Norma por su apoyo y comprensión durante esos años de mi vida.

A mis tías: Isabel, Amelia y Eloísa por haberme mostrado que nunca es tarde para terminar lo que alguna vez se ha comenzado.

A mi abuelo Jesús Suarez, y mis tíos Jesús, Javier y Juan quienes fueron parte fundamental en mi formación y me ayudaron a seguir adelante.

A mi esposa Angélica y mis hijos Gilberto, Edgard y Alex por apoyarme y soportar todo el tiempo que he estado ausente durante mis viajes laborales, quienes han sido parte fundamental para la elaboración de este trabajo de tesis.

A mi gran amigo y compañero de facultad Ing. Fernando Calderón Morales por su apoyo y consejos durante el desarrollo y elaboración de este trabajo los cuales han sido invaluable.

Al Ing. Enrique Villalobos Velázquez por su asesoría, dirección y corrección de este trabajo.

Al Ing. Joaquín Contreras López por su orientación y apoyo durante este proceso.

A mis amigos y compañeros que de una u otra forma han colaborado o participado en la realización de este trabajo de tesis, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.



INDICE

CAPITULO	Pagina
CAPITULO 1. INTRODUCCION Y ALCANCE DE PROYECTO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Objetivo	4
CAPITULO 2. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	6
2.1 Localización	6
2.2 Descripción del área de estudio	7
CAPITULO 3. ESPECIFICACIONES DE PROYECTO Y RECONOCIMIENTO DE CAMPO	8
3.1 Especificaciones	8
3.2 Acrónimos	9
3.3 Reconocimiento de campo	10
3.4 Referencias de Control Geodésico	10
3.5 Software	11
CAPITULO 4. TOPOGRAFIA PROCEDIMIENTOS	12
4.1 Equipo de Trabajo	12
4.2 Control de Calidad	14
4.3 Trabajo de Campo	17
CAPITULO 5. BATIMETRIA PROCEDIMIENTOS	21
5.1 Equipo de Trabajo	21
5.2 Control de Calidad	23
5.3 Trabajo de Campo	28
CAPITULO 6. POST-PROCESAMIENTO DE DATOS	38
6.1 Topografía	38
6.2 Batimetría	48
CAPITULO 7. CLASIFICACION DE DATOS BATIMETRICOS - TOPOGRAFICOS	58
CAPITULO 8. CONCLUSIONES	62
CAPITULO 9. IMÁGENES DEL AREA DE TRABAJO	67
CAPITULO 10. BIBLIOGRAFIA	68
CAPITULO 11. APENDICES	69



CAPITULO 1. INTRODUCCION Y ALCANCE DE PROYECTO

1.1 Introducción

Topografía

Probablemente desde los tiempos remotos en que el hombre comenzó a deambular por el mundo, ha buscado una manera fácil de saber en qué lugar se encuentra y hacia donde se dirige, o de establecer los límites de su territorio. Estos hombres tal vez utilizaban solamente montones de piedras para marcar sus veredas o caminos. De aquí la necesidad de hacer mediciones y poder plasmar estas en un plano mostrando o describiendo el área aledaña al lugar de interés.

Los orígenes de la profesión datan desde los tiempos de Tales de Mileto y Anaximandro, de quienes se conocen las primeras cartas geográficas y las observaciones astronómicas que añadió Erastogenes. Después guardando la proporción del tiempo Hiparco crea la teoría de los meridianos convergentes, y así como estos pioneros, recordamos entre otros a Estrabon y Plinio, considerados los fundadores de la geografía, seguidos entre otros por el Topógrafo Griego Tolomeo quien actualizo los planos de la época de los Antónimos. Más tarde en Europa, se mejoran los trabajos topográficos a partir de la invención de las cartas planas. Luego en el siglo XIII con la aplicación de la brújula y de los avances de la astronomía, se descubren nuevas aplicaciones a la Topografía.

El Término Topografía se origino en la Antigua Grecia. La palabra proviene de las palabras griegas *topos* (lugar), y *graphia* (escritura o descripción), lo que significa descripción sobre lugar o lugares.

La Topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos por medio de mediciones según los 3 elementos del espacio (X, Y, y Z). Topografía también se le denomina a la superficie o contorno de cierta área, determinando así el relieve y detalle de esta, incluyendo vegetación o estructuras naturales o hechas por el hombre. El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se llama comúnmente *Levantamiento*.



Los levantamientos topográficos convencionales se llevan a cabo de tal manera que la información es representada por un conjunto de puntos cuyos parámetros espaciales son determinados uno a uno por métodos de radiaciones utilizando instrumentos tales como: Planchetas, brújulas, cintas de medir, o más recientemente distanciómetros, estaciones semi-totales, y estaciones totales así como libretas electrónicas.

La topografía ha evolucionado de manera dinámica en las últimas décadas gracias a los últimos adelantos tecnológicos como son el Posicionamiento por medio de Satélites (GNSS), así como también de los sistemas de navegación inercial los cuales hacen posible el desarrollo de sistemas de medición por medio de rayos laser.

En este trabajo nos enfocaremos a *Levantamientos Topográficos* por medio de métodos más avanzados, los cuales nos generan una gran cantidad de información. Los Levantamientos Topográficos por medio de Escáneres LiDAR es un método que ha ido evolucionando rápidamente en los últimos años. Estos escáneres terrestres integrados con sistemas móviles los cuales pueden ser posicionados en un vehículo o embarcación han estado disponibles para uso comercial desde los años 2004-2005. Estos sistemas tienen la ventaja de poder hacer mediciones de 10,000 (10 KHz) hasta 200,000 (200 KHz) mediciones por segundo dependiendo del tipo de sensor utilizado.

Batimetría

La carta de navegación más antigua que se conoce es la carta de Pisano, lleva este nombre porque fue llevada a la Biblioteca Nacional de Paris por una familia de Pisa en 1829. Fue dibujada en una piel animal a finales del siglo XIII, probablemente en Génova en donde había sido establecida una escuela de cartografía marina, así como en Venecia y en la isla de Mallorca también existían escuelas similares. Estas escuelas producían las cartas conocidas como Portulanos que eran similares en estilo y contenido. La característica más llamativa era la interconexión de las líneas de rumbo obtenidas de la rosa de los vientos que representaba 32 direcciones de vientos, cada uno de los cuales se podía utilizar con los divisores para fijar el curso los barcos. Toda la línea de la costa mediterránea fue representada, los nombres de las costas fueron mostrados sobre tierra dejando el área marina libre para el posicionamiento. Había algunos símbolos incluyendo la cruz para la roca sumergida pero no existían sondes de profundidad.



Alrededor de 1975, dos topógrafos británicos, Murdoch Mackenzie y su sobrino del mismo nombre fueron en gran parte responsables de la invención del estimografo o estaciografo (station point), un dispositivo con la cual la posición del buque podía ser ploteada precisamente con la observación de dos ángulos horizontales entre tres marcaciones costeras. Este fue un importante avance técnico que revoluciono los levantamientos marinos a lo largo del siglo XX durante el cual la demanda por cartas de navegación para la guerra y la paz aumento drásticamente.

Batimetría es la medición o representación de la superficie o relieve del fondo de mar, de cursos de agua, embalses, etc. Fundamentalmente un levantamiento Batimétrico tiene dos objetivos, el primero es el de definir las características físicas del fondo de un cuerpo de agua tales como: profundidad, relieve vertical y su configuración la cual puede estar formada por fenómenos naturales, o artificiales formados por el hombre, tomando en consideración al mismo tiempo los fenómenos climatológicos y fluctuaciones en el nivel de agua causadas por el cambio de marea. El segundo es el de referenciar esa información vertical obtenida en un plano horizontal como lo es un sistema de coordenadas geográficas (Latitud y Longitud), o un sistema de coordenadas planas e incorporar esta información en una carta de navegación la cual suplirá al usuario de información en cuanto a profundidades y obstáculos en la navegación.

Las primeras técnicas para hacer estos levantamientos utilizaban segmentos de longitud conocida de cable o cuerda pesada en cuyo extremo llevaba un peso de plomo llamado escandallo descolgado por el lateral de una embarcación. A mediados del Siglo 20 se introducen las sondas con tecnología acústica monohaz, y en los años 80-90 es que se comienzan a utilizar las ecosondas Multi-haz.

En este trabajo nos enfocaremos a levantamientos batimétricos utilizando un ecosonda Multihaz digital, la cual puede generar un barrido de 160 °, proporcionando una alta densidad de datos y un 100% de cobertura de la zona sondeada.

1.2 Antecedentes

El Puerto de Dana Point fue construido entre los años 1963 y 1970, los rompeolas ubicados en la parte Oriente (0.4 Km.) y Occidente (1.65 Km) fueron terminados en el año 1968. La primer evidencia de deterioro en el dique ubicado en la parte Occidente de dicho puerto ocurrió durante las tormentas de 1983. En 1984 se procedió a reparar dichos danos. En el año 1991 se realizo un

estudio completo de estas dos estructuras marinas, en el cual se concluyó que el rompeolas ubicado en la parte Oriente se encontraba en perfectas condiciones y el rompeolas ubicado en la parte Occidental contenía dos áreas susceptibles que generaban preocupación, pero no justificaban acción correctiva inmediata en ese momento.

1.3 Objetivo

En este trabajo se llevaron a cabo levantamientos topográficos e hidrográficos utilizando el sistema de Integración de Escáner LiDAR y Ecosondas Multi-Haz (figura 1-1) en las áreas adyacentes a los rompeolas para poder determinar la ubicación del pie del talud, así como del interior del embarcadero, los canales de acceso, y el exterior de los rompeolas hasta una distancia de 50 metros mar adentro. La adquisición de datos se llevó a cabo a bordo de la embarcación Julie Ann de 8.5m de eslora (figura 1-2). La información obtenida será utilizada para comparar el estado actual de las estructuras con el diseño de construcción de las mismas. La información será presentada en planos con curvas de nivel continuas desde el fondo marino de la parte exterior del puerto, los rompeolas y la parte interior del mismo. Planos con secciones transversales a lo largo de los rompeolas mostrando diseño de construcción y el estado actual. Estos estudios son realizados en forma frecuente en todos los puertos de los Estados Unidos de Norte América por parte del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE).

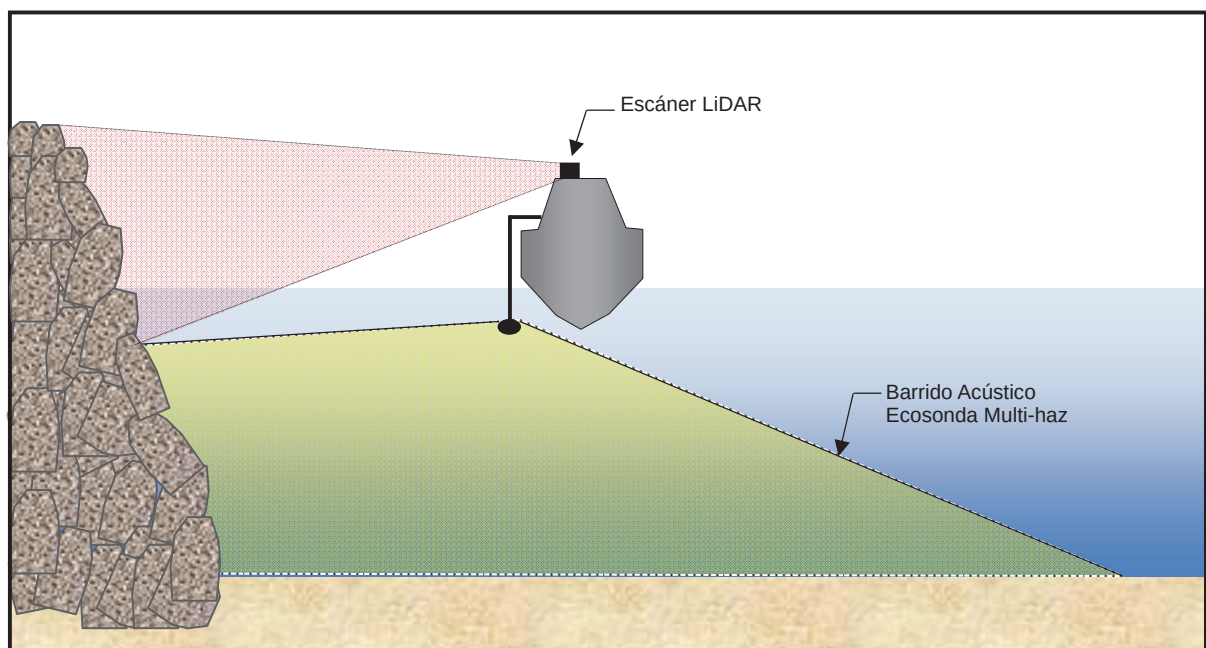


Figura 1-1. Integración de Escáner LiDAR y Ecosondas Multi-haz.



Figura 1-2. Embarcación Julie Ann

CAPITULO 2. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Localización

El puerto de Dana Point se encuentra ubicado en el condado de Orange, en el estado de California con una población de aproximadamente 37,000 habitantes y tiene sus orígenes alrededor del año 1920. Su ubicación geográfica es 33°27'33" Latitud y 117°41'53" Longitud (figura 2-1).



Figura 2-1. Localización de Proyecto



2.2 Descripción del área de estudio

Los trabajos consistieron en realizar levantamientos batimétricos-topográficos los cuales abarcaron el interior del embarcadero, los canales de acceso, y el exterior de los rompeolas hasta una distancia de 50 metros mar adentro (figura 2-2).



Figura 2-2. Área de estudio.



CAPITULO 3. ESPECIFICACIONES DE PROYECTO Y RECONOCIMIENTO DE CAMPO

3.1 Especificaciones

Unidades de referencia:

Horizontal: Sistema de Coordenadas de California NAD-83 (North American Datum de 1983). Zona 6 en pies estadounidenses.

Vertical: Nivel de Bajamar Media Inferior - Mean Lower Low Water (MLLW).

Levantamiento Batimétrico:

Ecosonda Multi-haz y cobertura 100% de lecho marino.

Clasificación de levantamiento Batimétrico:

Orden Especial – Fondo suave

Topografía:

Escáner de alta resolución LiDAR.



3.2 Acrónimos

CCS-83	Sistema de Coordenadas de California NAD-83 – California Coordinate System
ECEF	Sistema de Coordenadas Geocéntricas – Earth-Centered Earth-Fixed
ILRIS	Intelligent Laser Ranging and Imaging System
IMU	Unidad de Medición Inercial - Inertial Measurement Unit
LiDAR	Detección de Luz y Rayos Láser – Light Detection And Ranging
GNSS	Sistema Satelital de Navegación Global – Global Navigation Satellite System
GPS	Sistema de Posicionamiento Global – Global Positioning System
MLLW	Nivel de Bajamar Media Inferior – Mean Lower Low Water
NAD-83	Datum de Norte América de 1983 – North America Datum of 1983
NGS	Instituto Nacional de Geodesia - National Geodetic Survey
OHI	Organización Hidrográfica Internacional – International Hydrographic Organization
POS MV	Sistema de Navegación Inercial - Position and Orientation System for Marine Vessels
RTK	Navegación Cinética Satelital – Real Time Kinematic
USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos – U. S. Army Corps of Engineers
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator



3.3 Reconocimiento de campo

El reconocimiento de campo es importante ya que nos permite determinar con mayor veracidad las condiciones actuales en las que se encuentra el área de trabajo. También podemos localizar puntos de apoyo geodésico existentes en el área los cuales utilizamos para establecer recibidores de señal satelital (GPS), así como para localizar lugares estratégicos para establecer nuevos puntos de apoyo.

En la visita de campo también podemos determinar lugares para establecer sensores de marea, tablas de marea, o puntos fijos que nos puedan ayudar a determinar el comportamiento de las mareas durante los trabajos de batimetría.

3.4 Referencias de Control Geodésico

En el área del embarcadero de Dana Point existen varios puntos de control geodésico establecidos por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, los cuales procedimos a localizar y al mismo tiempo determinar la mejor ubicación para establecer nuestra estación base de receptor de señal GNSS (figura 3-1).

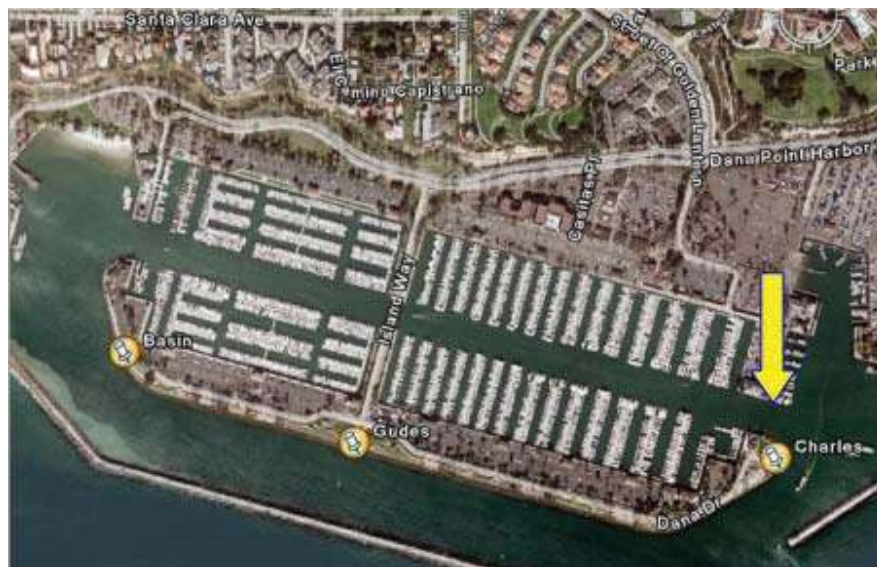


Figura 3-1. Punto Geodésico “Charles”.



Estos puntos cuentan con información geodésica previamente determinada. Las coordenadas horizontales se listan en sistema UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator) y en CCS-83 Sistema de Coordenadas de California NAD-83 (North American Datum de 1983). Zona 6 en pies estadounidenses, y datum vertical en Nivel de Bajamar Media Inferior (Mean Lower Low Water - MLLW), un listado de estos vértices geodésicos se encuentra en el **Apéndice A**.

Estos puntos serán utilizados para correlacionar la posición de la embarcación tanto en el plano horizontal como en el vertical con la información de los vértices geodésicos.

3.5 Software

Adquisición de Datos:

PosView	Sistema de Navegación Inercial
Hypack/Hysweep	Navegación y Adquisición de Datos Batimétricos
ILRIS Controller	Adquisición de Datos Escáner LiDAR
ILRIS Matchview	Calibración de Escáner

Procesamiento de Datos:

MB-MAX	Procesamiento de datos batimétricos
POSPac MMS	Procesamiento de Información de Navegación Inercial
ILRIS Parser	Procesamiento de Datos Escáner LiDAR
Quick Terrain Modeler	Visualizador de Nube de Puntos de Escáner LiDAR / Batimétricos
LAS Edit	Filtrado de Nube de Puntos y Control de Calidad
Arc GIS	Sistema de Información Geográfica – Creación de mapas

CAPITULO 4. TOPOGRAFIA PROCEDIMIENTOS

4.1 Equipo de Trabajo

Escáner LiDAR – El levantamiento topográfico fue llevado a cabo utilizando un escáner Optech ILRIS 3D para obtener información topográfica de alta resolución en infraestructura marina (rompeolas, muelles, playas, etc.), así como para obtener una alta densidad de datos (figura 4-1) y eliminar la interpolación de información que de otra manera se llevaría a cabo al hacer estos levantamientos utilizando métodos topográficos convencionales (estación total, GPS, niveles, etc.).



Figura 4-1. Información Topográfica obtenida con Escáner LiDAR Optech ILRIS 3D.

El Escáner ILRIS mide todos sus puntos en un sistema local de coordenadas las cuales tienen como base de referencia el centro de la plataforma de aluminio en la cual esta ensamblado. Para proyectar estas coordenadas locales a un sistema de coordenadas geográficas se debe tomar en cuenta las distancias de este punto de referencia al sensor inercial de posicionamiento como se muestra más adelante.



Posicionamiento y Navegación - Para obtener información topográfica de alta calidad, utilizamos un sistema de navegación inercial con el cual podemos determinar en todo momento la posición exacta de la embarcación en tiempo real. El sistema de posicionamiento inercial POS M/V es un sensor que monitorea los desplazamientos de la embarcación (balanceo, cabeceo, guiñada), así como el desplazamiento vertical o alteada el cual puede ser medido en tiempo real, o grabado en archivo digital y aplicado en post-procesamiento de datos para eliminar inconsistencias verticales.

Una estación de base con sistema GNSS (Global Navigation Satellite System) establecida en un punto de referencia con información geodésica, la cual está grabando un archivo con información satelital L1/L2 a intervalos de 1 segundo la cual será post-procesada con la información digital grabada por sistema inercial de navegación utilizando el paquete de software **POSPac MMS** y así obtener un archivo SBET (Smooth Best Estimated Trajectory - el cual tendrá información de la posición vertical y horizontal del sensor hasta de 50 Hz por segundo), este archivo (SBET) es utilizado y aplicado en post-procesamiento de datos. La adquisición de datos se llevo a cabo en el sistema de coordenadas UTM-11, la re-proyección de estas al sistema de coordenadas de California NAD-83 se llevara a cabo después de obtener las nubes de puntos, antes de formar los mapas finales (**Apéndice C**).

Procesador de Información Topográfica LiDAR - El sistema de a bordo de la embarcación está compuesto por procesador de datos que controla todos los periféricos necesarios para llevar a cabo las operaciones de adquisición de datos LiDAR (figura 4-2).

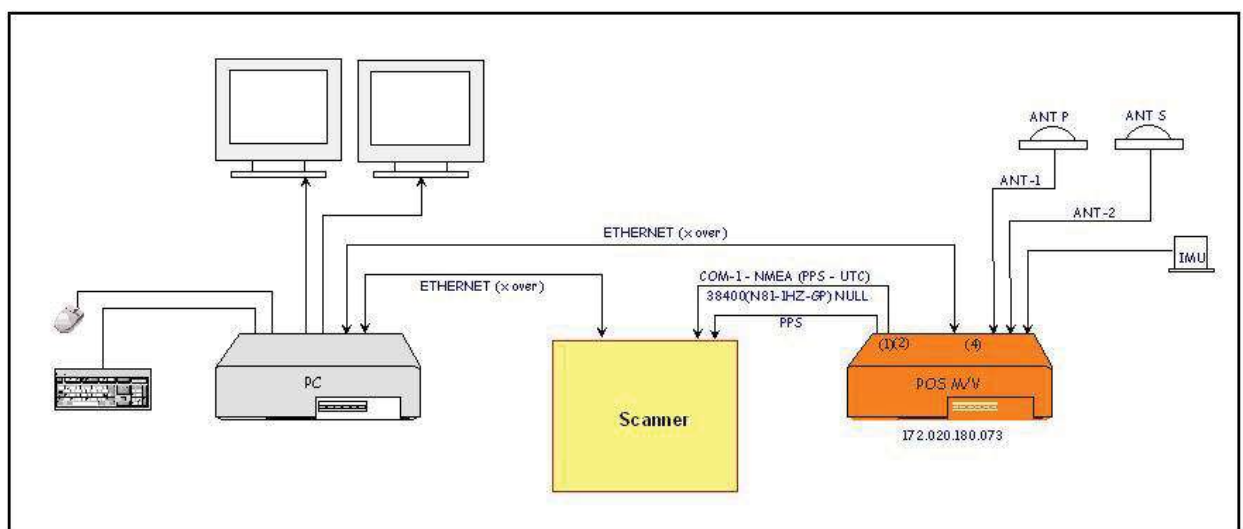


Figura 4-2. Integración de Periféricos Escáner LiDAR

4.2 Control de Calidad

Medición de Distancias relativas de Sensores – La medición de distancias relativas entre los diferentes sensores debe llevarse a cabo al momento de su instalación (figura 4-3). Estas distancias son verificadas por dos personas para eliminar errores y son anotadas en los programas correspondientes.

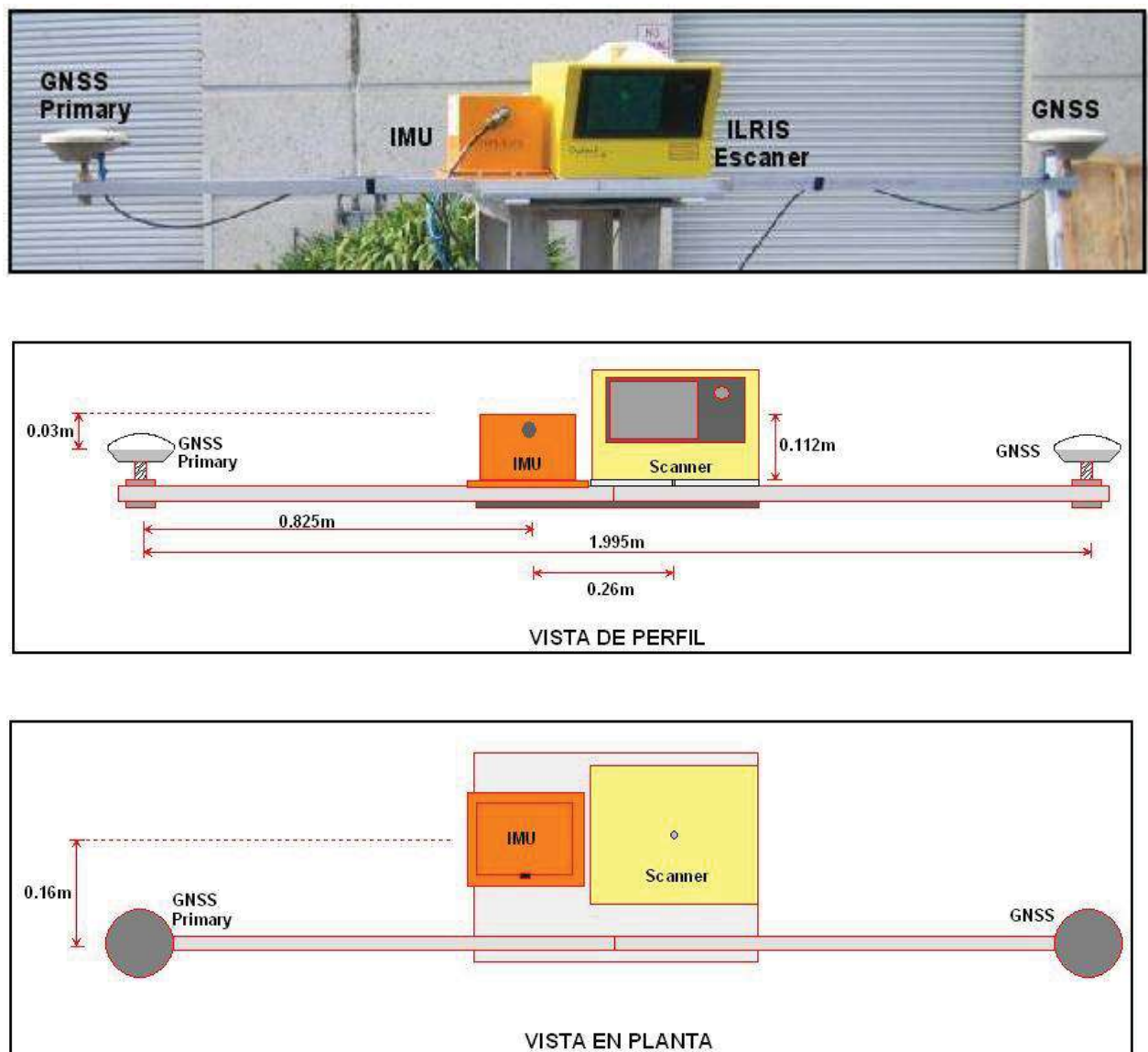


Figura 4-3. Medición de Distancias relativas de Sensores



Calibración de Escáner LiDAR – Las antenas de recepción de señal satelital (GNSS) reciben información de la constelación satelital, la cual es retransmitida al sistema de navegación inercial el cual determina la posición y orientación del vehículo de transporte (embarcación) y del sensor (escáner) durante el levantamiento topográfico. Un componente esencial del sistema de navegación inercial es el IMU (Inercial Measurement Unit) el cual puede determinar internamente la orientación momento a momento. Esta orientación se refiere a los movimientos dinámicos de balanceo, cabeceo, y guiñada, que son ángulos de rotación en los 3 ejes: X, Y, y Z respectivamente.

Al concluir el levantamiento topográfico, utilizando la información satelital contenida en el archivo digital de la estación base y de el sistema de navegación inercial obtenidos durante las actividades de trabajo, el programa de procesado de datos (**ILRIS Parser**) puede procesar la información y así obtener coordenadas geográficas reales de la información obtenida con el escáner. Para obtener información de alta precisión, el programa de procesado debe saber donde está situado el escáner y como está orientado en relación al IMU. Tal información relativa de posición y orientación es conocida como medidas de brazo de palanca (lever arm - X, Y, y Z) y medidas angulares Boresight (balanceo, cabeceo, y guiñada). Este tipo de calibraciones por lo general toma cerca de un día para llevarse a cabo, y por ende se hace en las instalaciones del lugar donde se guarda el equipo de trabajo.

En la figura anterior (4-3) se determinan las mediciones de brazo de palanca IMU - Escáner:

$$X = -0.26\text{m}$$

$$Y = 0.00\text{m}$$

$$Z = 0.112\text{m}$$

Para determinar las medidas angulares de balanceo, cabeceo, y guiñada se llevan a cabo los siguientes pasos.

Usando una estación total se asignan coordenadas a diferentes puntos o vértices de una estructura o pared (figura 4-4), estas coordenadas deberán tener como referencia el sistema geocéntrico E. C. E. F (Earth Centered Earth Fixed), el cual es un sistema de coordenadas cartesiano.



Figura 4-4. Vértices de Estructura con Coordenadas ECEF

Después de obtener las coordenadas de los puntos mostrados en la imagen anterior se procede a “escanear” el área tratando de obtener la mayor cantidad de estos en el área donde se toma la medición con el escáner. Utilizando el programa **Ilris Matchview** se procede a correlacionar cada punto mostrado en la imagen escaneada con la coordenada correspondiente (imagen 4-5).

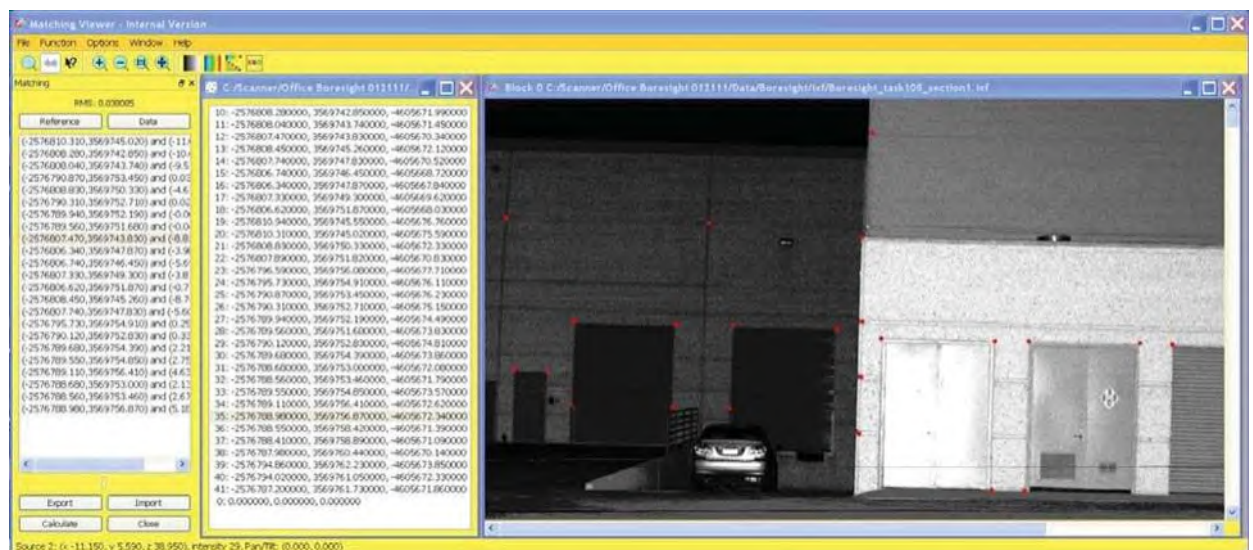


Figura 4-5. Correlación de Imagen Escaneada con Coordenadas ECEF



Ya una vez correlacionados los puntos con las coordenadas correspondientes se calculan los valores angulares de balanceo, cabeceo, y guiñada:

Balanceo = 0.231287°

Cabeceo = 0.073169°

Guiñada = -89.666977°

Estos valores obtenidos se grabaran en un archivo digital el cual será utilizado al momento de post-procesar los datos crudos obtenidos durante las actividades topográficas.

Validación de Datos LiDAR – Para validar la información obtenida con el sistema de Escáner LiDAR, se utiliza una estación total (si el área de trabajo es reducida) o en este caso un sistema de RTK-GNSS para hacer mediciones de puntos estratégicos a lo largo del área de trabajo, para así poder compararlos con la información LiDAR y determinar el grado de precisión obtenidos, si esta no está dentro del rango de especificaciones previstas en el proyecto se hace un ajuste de los mismos basados en la información topográfica obtenida por métodos convencionales.

4.3 Trabajo de Campo

Integración de Sistemas - Se procede a la instalación de los sistemas y sensores necesarios para llevar a cabo el levantamiento topográfico confirmando que haya comunicación entre sí. En este tipo de levantamientos utilizamos 2 monitores planos para presentar la información de adquisición de datos (1- control de Escáner LiDAR, 2- software de control del sistema de navegación inercial), toda información mostrada en estos monitores es grabada en archivos digitales para su post-procesamiento. Una vez puesta en marcha todos los sistemas se procede a ejecutar las actividades topográficas utilizando el programa **ILRIS Controller** (figura 4-6).

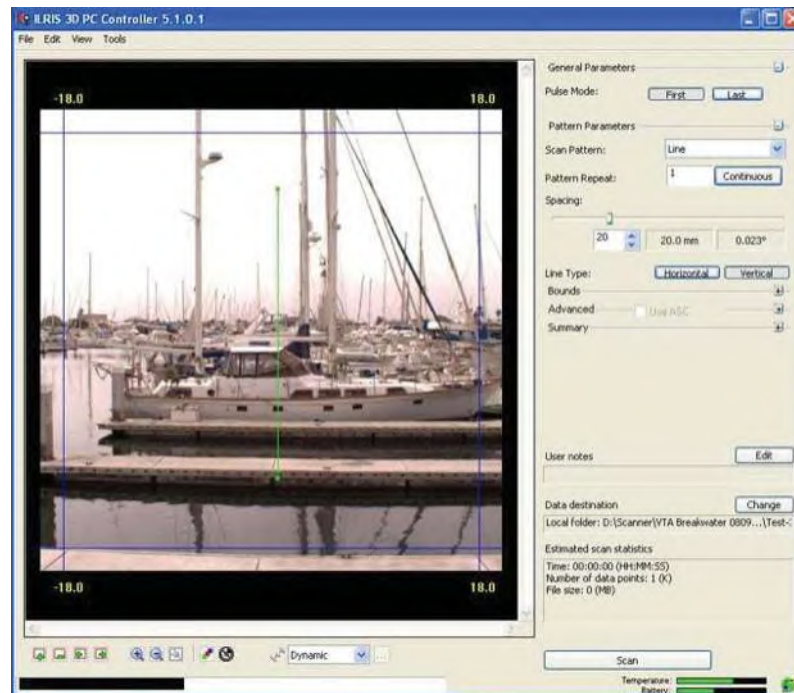


Figura 4-6. Programa de adquisición de datos ILRIS Controller

Al llevarse a cabo las operaciones del escáner, la embarcación navega a una velocidad de 2 - 2.5 nudos (3.7 – 4.6 km/hr), se mantiene esta velocidad ya que el escáner ILRIS 3D tiene una velocidad de 10 KHz, aproximadamente 10,000 mediciones por segundo y a esta velocidad nos da una densidad de aproximadamente un punto X, Y, y Z cada 5-7 cm cuadrados. Cada barrido o escaneo lo hacemos de una duración de 30 minutos recorriendo una distancia de aproximadamente 2km, los archivos digitales obtenidos de estos escaneos son de alrededor de 200 megabits.

Al abrir el programa de adquisición de datos se seleccionan los parámetros propios de cada escaneo, en este trabajo se escaneo a base de perfiles, el escáner está orientado perpendicularmente a la dirección de movimiento de la embarcación, en este caso hacia el lado izquierdo y se escaneo utilizando perfil vertical con una densidad de aproximadamente 5 cm, (figura 4-7).



Figura 4-7. Perfil de Escaneo

La densidad de información en el sentido horizontal dependerá de la velocidad a que se desplace la embarcación, ya que el recorrido de los espejos reflectores del escáner giran en sentido vertical recíprocamente tomando mediciones a una velocidad de 10 KHz. (10,000) por segundo.

En los parámetros a seleccionar se encuentra lo siguiente:

Cámara: esta deberá tener la apertura de lente y velocidad de obturación de acuerdo a las características climáticas para obtener una imagen nítida.

Densidad vertical: esta depende de la distancia promedio a que se encuentra el área a escanear (2-7 cm).

Dirección de escaneo: perfil vertical u horizontal (método dinámico), escaneo de área (método estático).

Archivo digital: se determina el nombre y lugar del archivo electrónico con la información de escaneo.

Una vez seleccionados los parámetros se procede a hacer el escaneo del área de estudio. Este software de adquisición de datos (ILRIS Controller) no cuenta con un visualizador en tiempo real del área escaneada, solo cuenta con un área de mensajes donde nos muestra información del archivo que se está creando (figura 4-8).



- Localización del archivo creado
- Duración de escaneo
- Numero de mediciones obtenidas
- Progreso de escaneo en curso

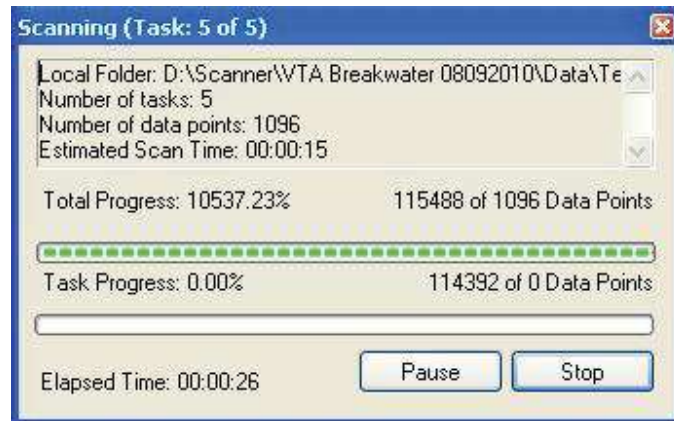


Figura 4-8. Información de Archivo Digital de Escaneo

Debido a que este software no cuenta con un visualizador de barridos, se debe tener cautela al momento de terminar uno y comenzar otro, evitando que haya vacíos entre ellos. El tener un traslape mínimo de 100 metros entre los barridos contribuye a llevar un mejor control de calidad, ya que podemos cortar secciones transversales en estas áreas de traslape y confirmar que no haya discrepancias tanto en el plano horizontal como vertical.

CAPITULO 5. BATIMETRIA PROCEDIMIENTOS

5.1 Equipo de Trabajo

Ecosonda Multi-haz - Dentro de la gran variedad de equipos de adquisición de datos para levantamientos batimétricos con ecosondas multi-haz se encuentra el R2 Sonic 2024 que fué utilizado en este proyecto; el cual es uno de los sensores más avanzados, modernos y de alta resolución. Posee un sistema de cobertura de franja ancha, el cual tiene capacidad para obtener barridos variables de 10° hasta 160°, cuando un sector estrecho de este barrido es seleccionado, todos los haces son concentrados para obtener una resolución mayor en áreas o corredores específicos como son: áreas bajo muelles, rompeolas, pilotes, columnas de puentes, cortinas de presas, corredores de tuberías/oleoductos. Los datos obtenidos con estos sistemas son más precisos que una sonda mono-haz, la cobertura de la zona sondeada es del 100% y por consiguiente los trabajos de campo son más rápidos (figura 5-1).

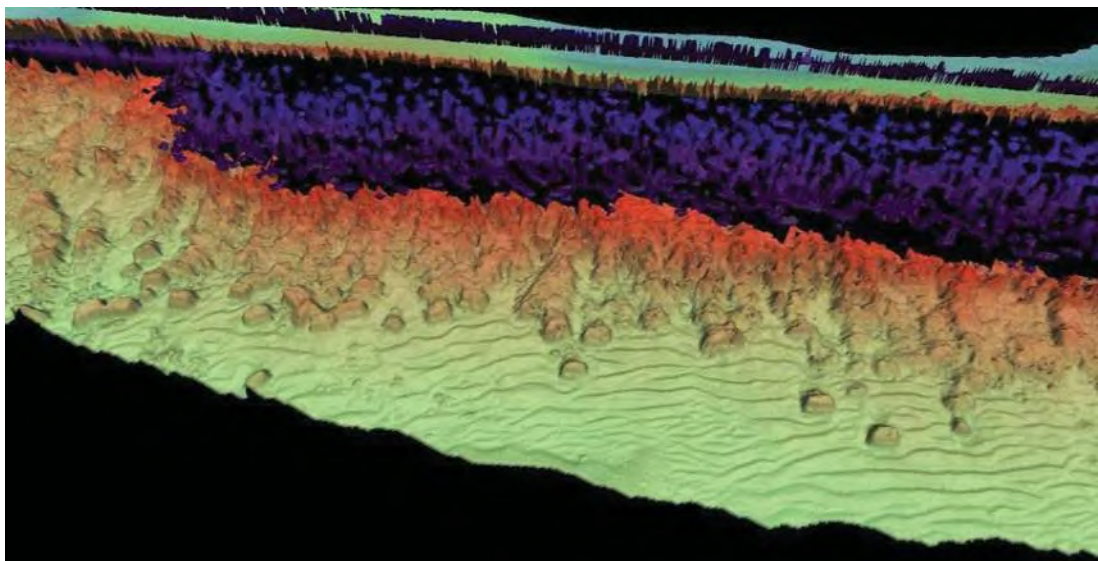


Figura 5-1. Información batimétrica obtenida con sensor Multi-haz R2Sonic 2024.

Posicionamiento y Navegación - Para obtener información batimétrica y topográfica de alta calidad, utilizamos un sistema de navegación inercial con el cual podemos determinar en todo momento la posición exacta de la embarcación en tiempo real. El sistema de posicionamiento inercial POS M/V es un sensor que monitorea los desplazamientos de la embarcación (balanceo,

cabeceo, guiñada), así como el desplazamiento vertical o alteada el cual puede ser medido en tiempo real, o grabado en archivo digital y aplicado en post-procesamiento de datos para eliminar inconsistencias verticales.

Una estación de base con sistema RTK- GNSS (Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite System) establecida en un punto de referencia con información geodésica transmite información satelital al sistema de navegación en la embarcación – POS M/V (figura 5-2), este sistema tiene capacidad para recibir información de GPS y GLONAS lo cual proporciona una constelación con mayor numero de satélites y por consiguiente una precisión más alta en el posicionamiento horizontal en tiempo real. Como sistema secundario en caso de tener interrupción en la transmisión de la señal RTK, la estación base está grabando un archivo con información satelital L1/L2 a intervalos de 1 segundo la cual será post-procesada con la información digital grabada por sistema inercial de navegación utilizando el paquete de software **POSPac MMS** y así obtener un archivo SBET (Smooth Best Estimated Trajectory - el cual tendrá información de la posición vertical y horizontal del sensor hasta de 50 Hz por segundo), este archivo (SBET) es utilizado y aplicado en post-procesamiento de datos.



Figura 5-2. Estación Base RTK-GNSS – Trimble R-8

Medidor de Velocidad de Sonido en la Columna de Agua – La velocidad con que se propaga el sonido a través de la columna de agua varía dependiendo de la salinidad y temperatura de esta, estos factores varían según las zonas y profundidades donde se hagan los levantamientos

Procesador de Información Batimétrica – El sistema de a bordo de la embarcación está compuesto por procesador de datos que controla todos los periféricos necesarios para llevar a cabo las operaciones de adquisición de datos (figura 5-3).

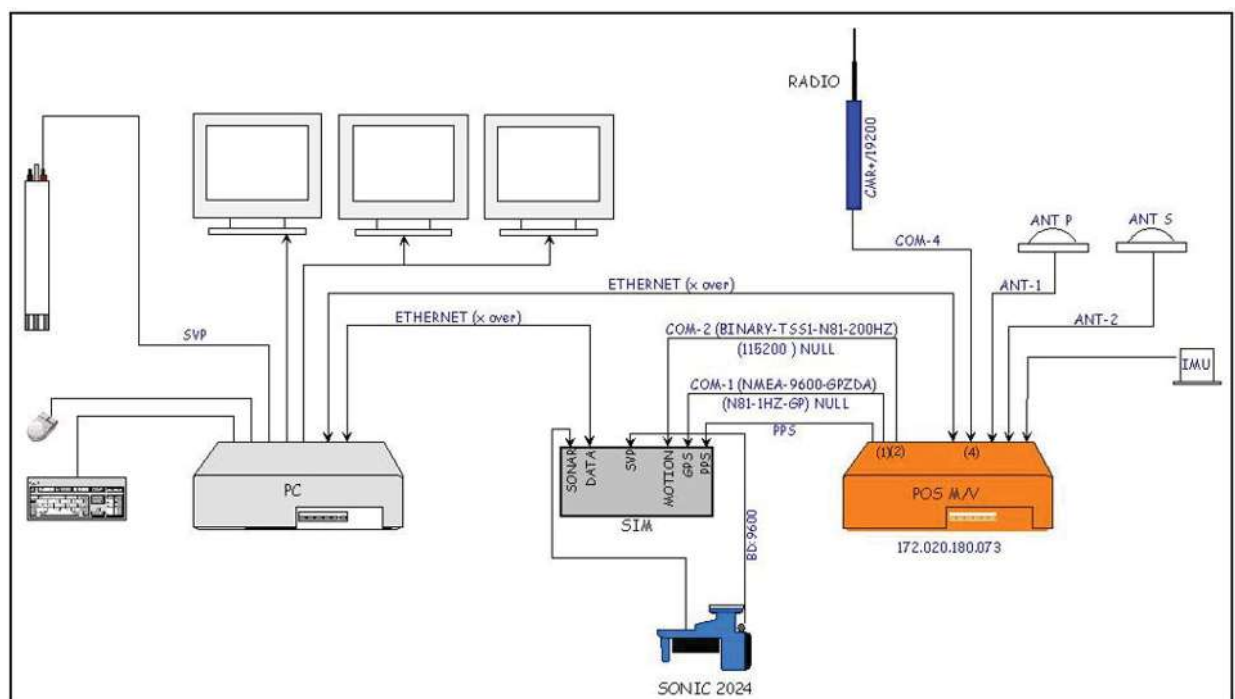


Figura 5-3. Integración de Periféricos

Un listado completo con especificaciones de cada sensor se encuentra en **Apéndice D**.

5.2 Control de Calidad

El **USACE** y el **OHI** clasifican el tipo de levantamientos batimétricos en cuatro tipos: Orden Especial, Orden 1a, Orden 1b, y orden 2. Los requisitos para hacer estos levantamientos varían dependiendo de la profundidad del agua y de los tipos de embarcaciones que se espera naveguen en el área. Siendo el Orden Especial el más rígido, y a cuyas especificaciones se apegara este trabajo.



Orden Especial – El uso de este orden se destina para aquellas áreas donde es crítica la separación entre la quilla de las embarcaciones y el fondo marino (quilla-fondo). Donde esta separación es crítica se requiere una búsqueda completa del fondo y el tamaño de los rasgos a ser detectados por esta búsqueda se mantiene deliberadamente pequeño. Puesto que la separación de la quilla-fondo es crítica, se considera inverosímil que los levantamientos de orden especial sean conducidos en aguas más profundas de 40 metros. Los ejemplos de las áreas que pueden justificar levantamientos de orden especial son: áreas de atraque, puertos, y áreas críticas de canales de navegación.

Una descripción detallada de las diferentes áreas, así como de de tablas con las especificaciones para los diferentes tipo de levantamientos se encuentran en el **Apéndice B**.

Estación Base Satelital - Previo al comienzo de las operaciones batimétricas se estableció un receptor de GNSS-RTK (Sistema Satelital de Navegación Global - Real Time Kinematic o Navegación Cinética Satelital) en un punto de referencia geodésico. Este receptor tiene capacidad de recibir información de GPS y GLONASS lo cual proporciona una constelación con mayor número de satélites y por consiguiente una mayor precisión. Este receptor estará proporcionando correcciones en tiempo real mediante un modem de radio hacia un receptor que se encuentra en la embarcación y así trasmitirlas al sistema inercial de navegación POS M/V.

Como sistema de posicionamiento secundario en caso de tener una interrupción de transmisión de correcciones, el receptor estará también grabando en un archivo la información satelital a intervalos de 1 segundo para después utilizar esta información y procesarla con un paquete de software (**POSPac MMS**) el cual procesara la información inercial de comportamiento en la embarcación.

Medición de Distancias relativas de Sensores – La medición de las distancias de ubicación entre los diferentes sensores se lleva a cabo al momento de su instalación (figura 5-4). Estas distancias son verificadas por dos personas para eliminar errores y anotadas en los programas correspondientes.

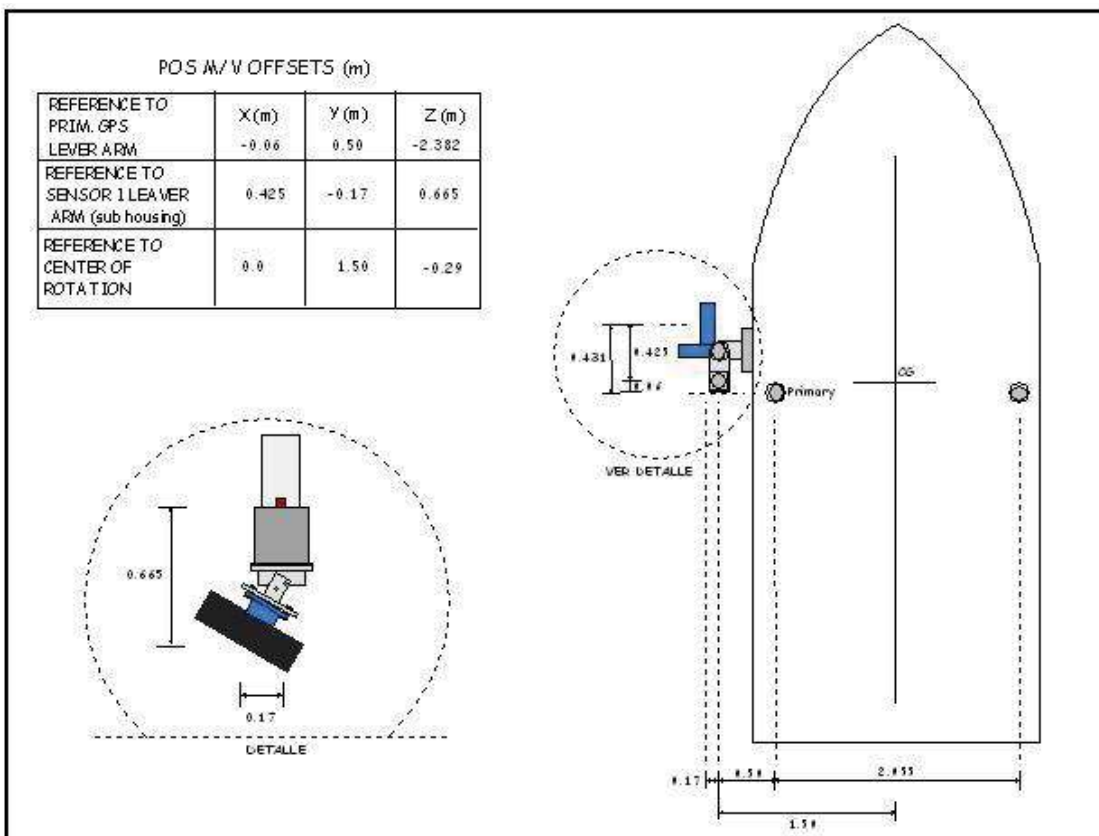
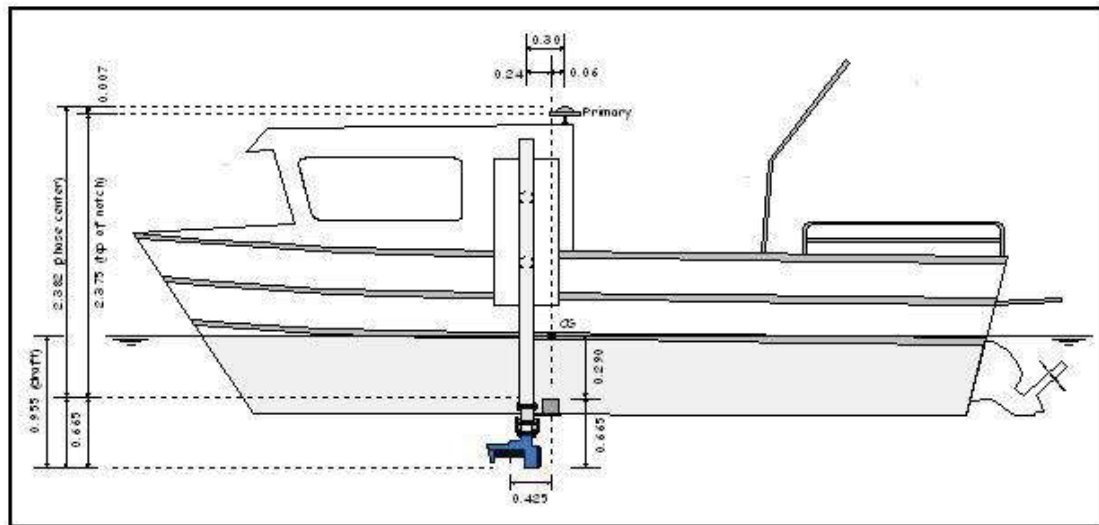


Figura 5-4. Medición de Distancias relativas de sensores.

Altura de Nivel del Mar (Mareas) – La determinación del nivel del agua durante las operaciones batimétricas influirá en el plano vertical, por lo que este será referenciado a los bancos de nivel mediante la Estación Base Satelital la cual estará transmitiendo vía señal de radio correcciones a la embarcación. Esta información al ser recibida es aplicada al paquete de software de navegación **Hypack** el cual determina las elevaciones ortométricas utilizando modelos geoidales.

Una vez que se está recibiendo la señal emitida por la estación base, se procede a verificar que las elevaciones obtenidas por este medio sean correctas, para esto se determina la elevación del nivel del agua ya sea utilizando un nivel diferencial, estación total, o por el mismo método RTK y se compara con la información calculada mediante el software de navegación (figura 5-5.).

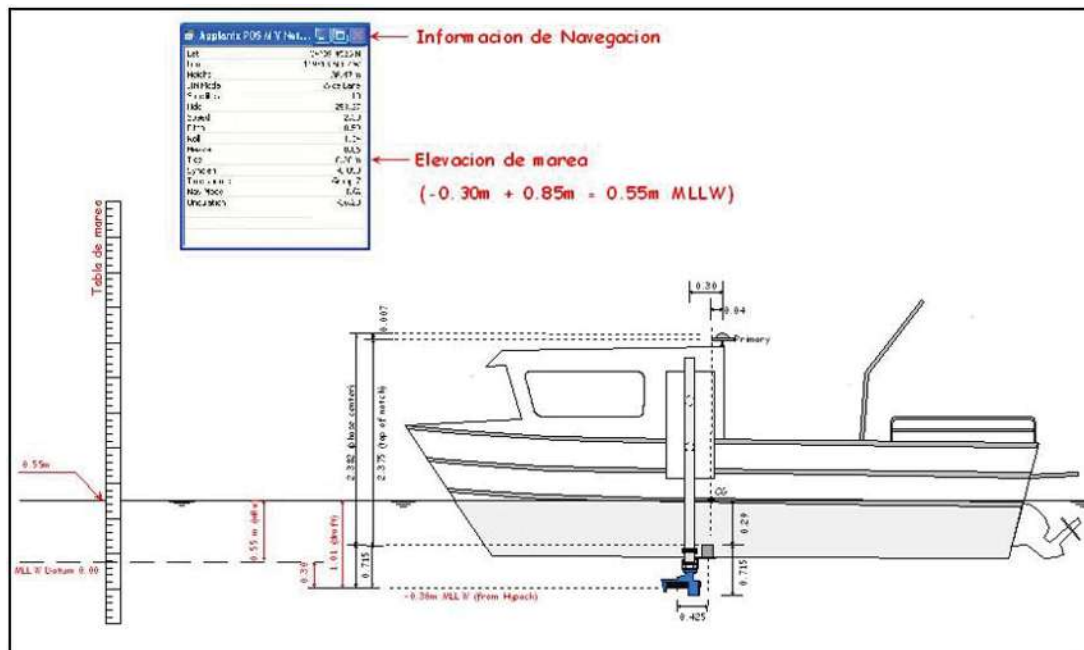


Figura 5-5. Verificación de Marea

Velocidad de Sonido

La velocidad con que se propaga el sonido a través de la columna de agua varía dependiendo de la salinidad y temperatura de esta, estos factores varían según las zonas y profundidades donde se hagan los levantamientos batimétricos. Esto hace que los haces acústicos varíen su comportamiento o trayectoria en las diferentes capas térmicas lo que se le denomina refracción.



Por esta razón se llevan a cabo mediciones de la velocidad del sonido en la columna de agua durante los levantamientos batimétricos.

Se obtuvieron perfiles de la velocidad del sonido a través de la columna de agua aproximadamente cada 4 horas (figura 5-6), y esta información es tomada en cuenta al momento de procesar los datos crudos.

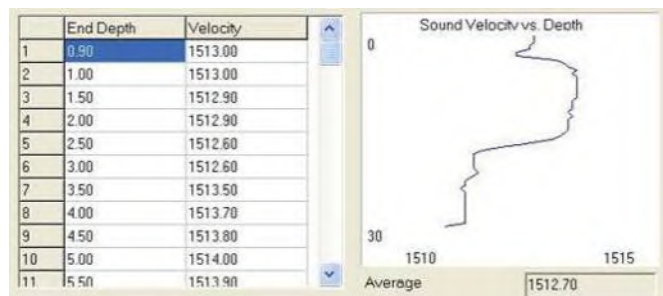


Figura 5-6. Perfil de Velocidad de Sonido en columna de agua

Calibración de Sistema de Navegación Inercial

Cuando se hace un levantamiento batimétrico utilizando ecosondas mono haz y si las condiciones del mar en el momento del estudio son favorables el único sensor necesario sería el GPS (posicionamiento) en cambio utilizando una ecosonda acústica Multi-haz las condiciones son otras.

Además de conocer la altura del nivel del mar durante los trabajos, hay movimientos que debemos conocer durante el transcurso de los mismos, estos movimientos los determinamos utilizando un sistema navegación inercial, el cual puede determinar la posición (vertical y horizontal), y comportamiento dinámico (alzada, cabeceo, balanceo, guiñada) de la embarcación en todo momento. La posición y dirección de la embarcación es determinada por sistema GPS-RTK como se comentó anteriormente

Alzada – Es el desplazamiento en el eje vertical, esto se debe a dos causas, una de ellas es el oleaje que tiene un gran impacto dinámico y la otra es el cambio gradual de la altura del nivel del



mar por el efecto de la marea, esta última se obtiene directamente mediante el sistema GPS-RTK como se menciono anteriormente

Cabeceo – Es el movimiento angular que la embarcación efectúa causado por el oleaje con respecto del eje horizontal (babor - estribor).

Balanceo – Es el movimiento angular que la embarcación efectúa causado por el oleaje con respecto del eje vertical (proa – popa).

Guiñada – Es el cambio de orientación de la embarcación causado por las distintas corrientes que se producen a nivel de la superficie del mar, por las corrientes de aire, o simplemente por las acciones llevadas a cabo para mantener la embarcación en un rumbo prefijado.

Antes de comenzar las actividades batimétricas se lleva a cabo la calibración del sistema inercial o sensor de movimiento IMU (Inertial Measurement Unit), esta calibración determina las correcciones angulares necesarias para que el IMU y la ecosonda multi-haz estén en el mismo plano.

Prueba de Rendimiento – Esta prueba se lleva a cabo para evaluar la calidad de los haces acústicos a lo ancho del barrido y se realiza comparando datos de dos levantamientos batimétricos diferentes o para este efecto localizando un área donde el fondo sea uniforme, se realizan 4 o 5 barridos adyacentes con un traslape de 10-20% y utilizando 45° hacia cada costado del barrido formando así un área con batimetría de alta resolución. Después se realiza un barrido completo para así poder comparar y determinar la precisión relativa y repetitividad del sistema acústico.

5.3 Trabajo de Campo

Integración de sistemas Hidrográficos – Se procede a la instalación de los sistemas y sensores necesarios para llevar a cabo el levantamiento batimétrico confirmando que haya comunicación entre sí. En este tipo de levantamientos utilizamos 4 monitores planos para presentar la información de adquisición de datos en tiempo real (1- control de ecosonda multihaz, 2 y 3 - software de posicionamiento y navegación y 4 – monitor de navegación de embarcación), toda información mostrada en estos monitores es grabada en archivos digitales para su post-

procesamiento (figura 5-7). Una vez puesta en marcha todos los sistemas se procede a ejecutar las actividades de control de calidad previas al comienzo de operaciones utilizando el paquete de navegación **Hypack**.



Figura 5-7. Despliegue de Información Batimétrica

Determinación de Marea – Se confirma que la elevación de marea obtenida mediante el paquete de navegación sea la correcta comparándola con lecturas obtenidas directamente como se menciono anteriormente y se anota en bitácora, esto se hace al comienzo y final de las actividades diarias.

Velocidad de Sonido – Se procede a obtener un perfil de la velocidad de sonido en el agua, y se guarda en un archivo digital, anotándose la hora y coordenadas del lugar donde se tomo, estos perfiles se tomaran durante el transcurso de las actividades de trabajo como mínimo cada 4 horas, o antes si se nota algún cambio brusco de temperatura o salinidad en el agua.

Calibración de sensor de movimiento (IMU) – La calibración del sensor de movimiento se lleva a cabo en un área con profundidad típica al lugar donde se llevaran a cabo los trabajos, con esta se determinaran las correcciones angulares entre el IMU y la ecosonda Multi-haz.

Corrección de **Balanceo** – Se corre una línea de aproximadamente 100 m de longitud en sentidos opuestos en un área de fondo uniforme y se corre una sección transversal (figura 5-8).

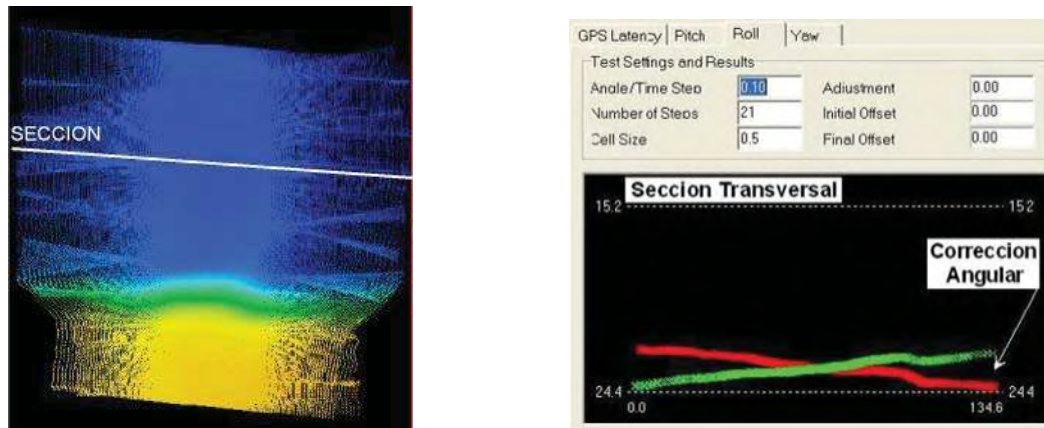


Figura 5-8. Sección Transversal Balanceo

Una vez seleccionando la sección transversal, se corre el programa y se obtiene la corrección (-0.8°) por el método de análisis estadístico (figura 5-9).

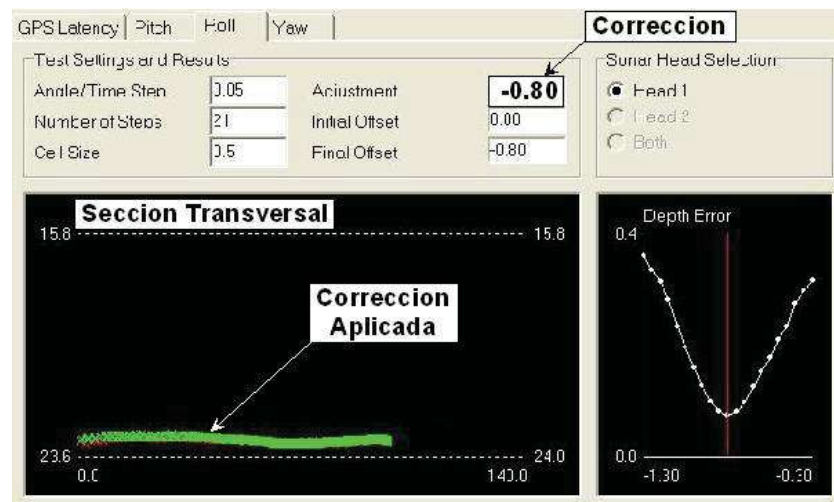


Figura 5-9. Corrección de Balanceo

Corrección de **Cabeceo** – Se corre una línea de aproximadamente 100 m de longitud en sentidos opuestos y perpendicular al talud en un área donde el fondo cambie de profundidad drásticamente (figura 5-10).

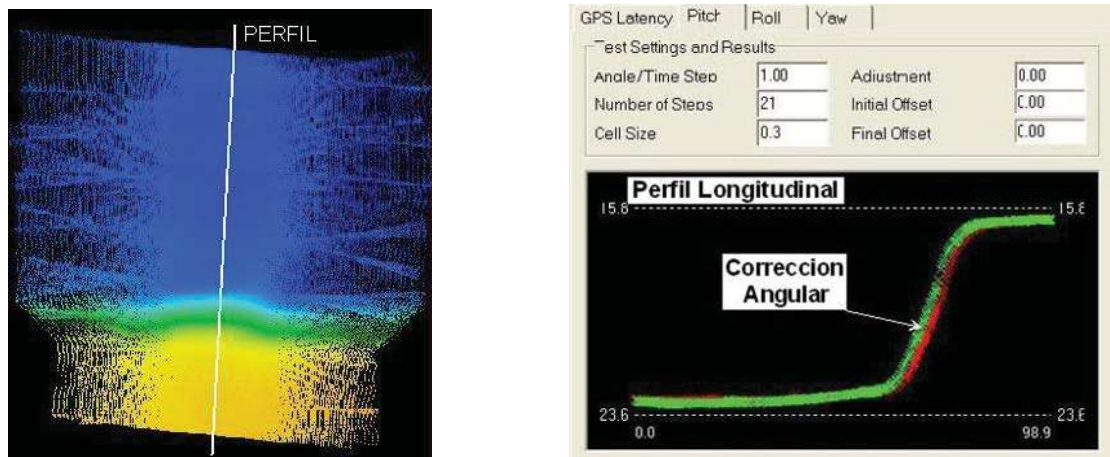


Figura 5-10. Sección Longitudinal Cabeceo

Una vez seleccionando la sección longitudinal, se corre el programa y se obtiene la corrección (2.5°) por el método de análisis estadístico (figura 5-11).

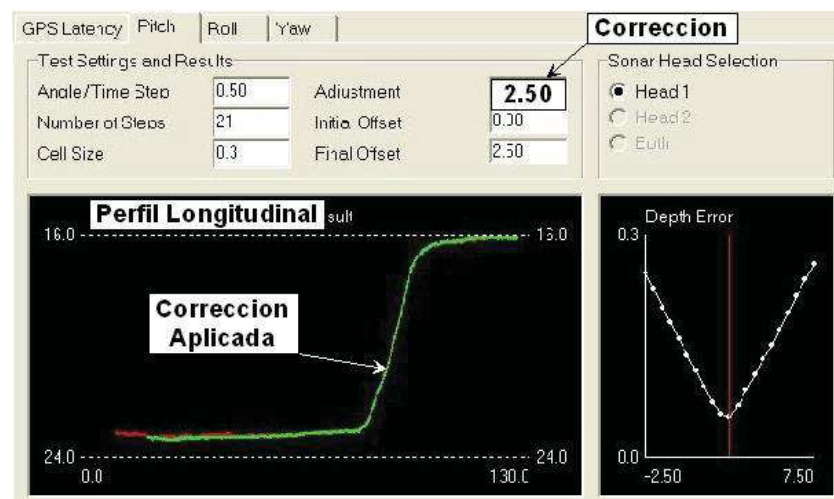


Figura 5-11. Corrección de Cabeceo

Corrección de **Guiñada** – Se corren dos líneas paralelas en la misma dirección de aproximadamente 100 m de longitud y una separación igual a la máxima profundidad, se corren en un área donde el fondo cambie de profundidad drásticamente (figura 5-12).

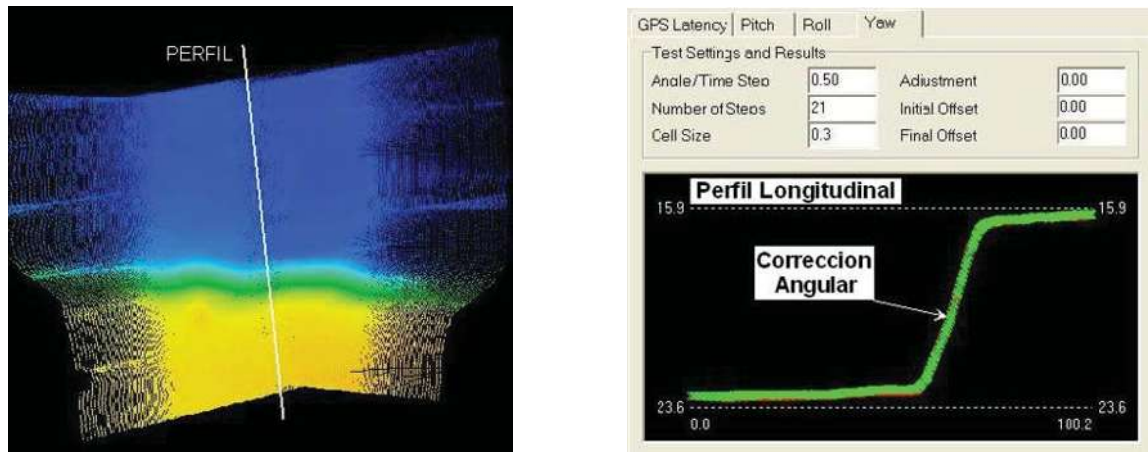


Figura 5-12. Sección Longitudinal Guiñada

Una vez seleccionando la sección longitudinal, se corre el programa y se obtiene la corrección (0.0°) por el método de análisis estadístico (figura 5-13).

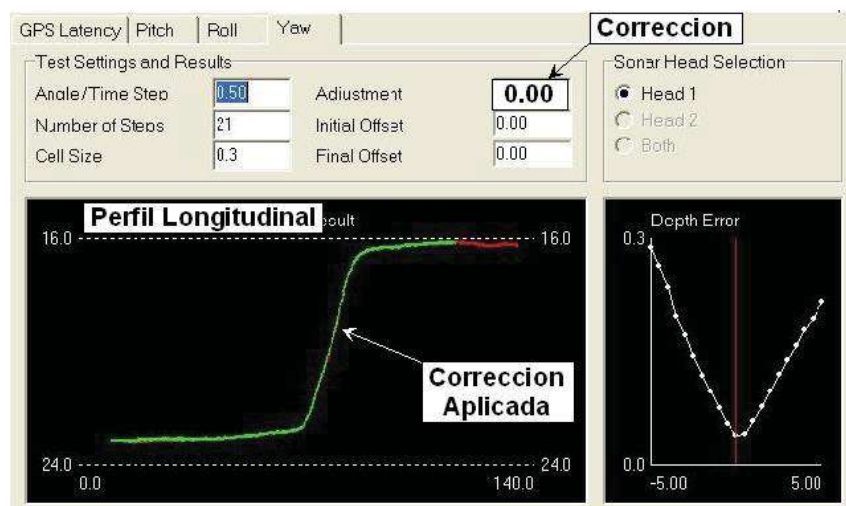


Figura 5-13. Corrección de Guiñada



Una vez obtenidas las correcciones anteriores, estas pueden ser aplicadas al programa de adquisición de datos y aplicadas en tiempo real, o pueden también ser aplicadas al momento de procesar la información de datos crudos.

Prueba de Rendimiento – Esta prueba se lleva a cabo después de hacer las calibraciones necesarias de los sistemas y antes de comenzar las operaciones batimétricas. Los resultados estadísticos de la prueba (figura 5-14) concluyeron que del ángulo total del barrido acústico (150°) solamente 130° de este alcanza la precisión requerida para este tipo de estudio como se especifica en el manual de Hidrografía del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos Capítulo 3, tabla 3-1 (**Apéndice B**).

± Angulo del Haz	Máximos Valores	Diferencia	Desviación	Precisión
	Extremos	Promedio	Estándar	95% Nivel de confianza
20°	0.13	0.01	0.02	0.04
25°	0.18	0.01	0.02	0.04
30°	0.22	0.01	0.02	0.04
35°	0.26	0.01	0.02	0.04
40°	0.26	0.01	0.02	0.04
45°	0.30	0.01	0.02	0.04
50°	0.30	0.02	0.02	0.04
55°	0.14	0.02	0.03	0.06
60°	0.22	0.02	0.04	0.08
65°	0.40	0.02	0.05	0.10
70°	0.40	0.00	0.08	0.16
75°	0.40	0.08	0.08	0.16

Figura 5-14. Resultados Estadísticos de Prueba de Rendimiento

En las figuras siguientes se muestran los resultados de la prueba. En la primer grafica se muestra una curva precisión-ángulo lo cual nos indica que la precisión de datos obtenido del barrido acústico tiende a disminuir en lo haces acústicos mayores de 65° (figura 5-15). En la siguiente figura se muestra el barrido de 65° que nos da una cobertura de superficie de aproximadamente 69m en una profundidad de 8m (figura 5-16).

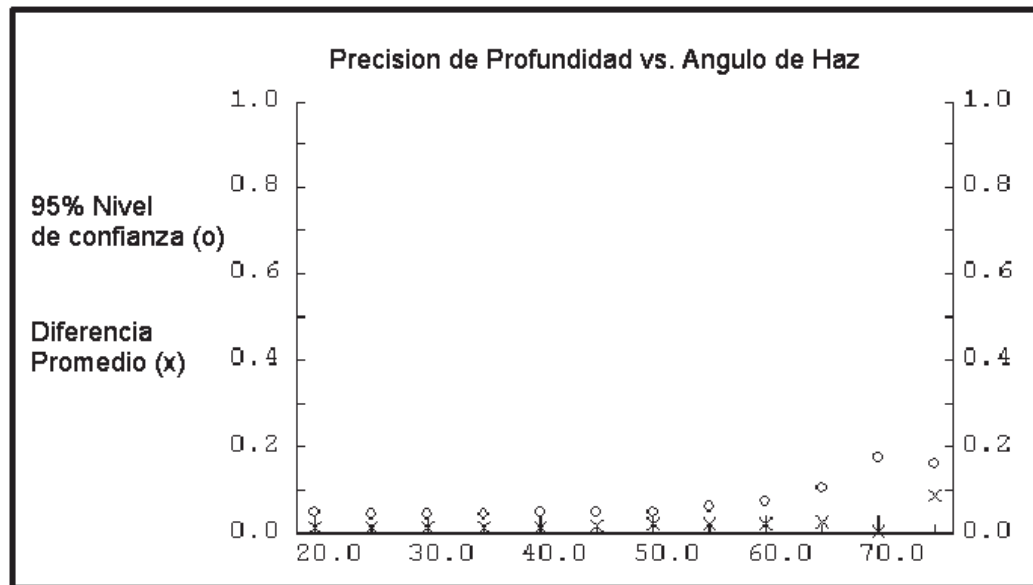


Figura 5-15. Curva de Precisión-Angulo

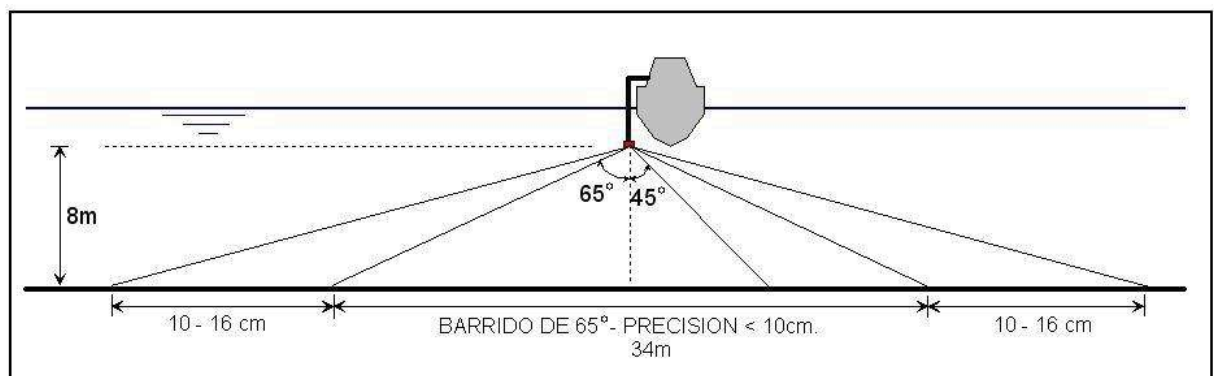


Figura 5-16. Precisión de Barrido Acústico a partir de la Prueba de Rendimiento

Colección de Datos – Una vez que los pasos anteriores se han llevado a cabo, se procede a la adquisición de datos tomando en cuenta que el ancho del barrido acústico será de un máximo de 65° (figura 5-17), estos límites de barrido se designan en el programa de navegación **Hysweep** el cual nos presenta información en tiempo real sobre: posición de la embarcación, profundidad del área de trabajo, presentación de la configuración del fondo marino en 3D, perfil y cobertura del

barrido acústico, elevación de la marea, velocidad de sonido en la superficie, así como información sobre el comportamiento dinámico de la embarcación (figura 5-18).

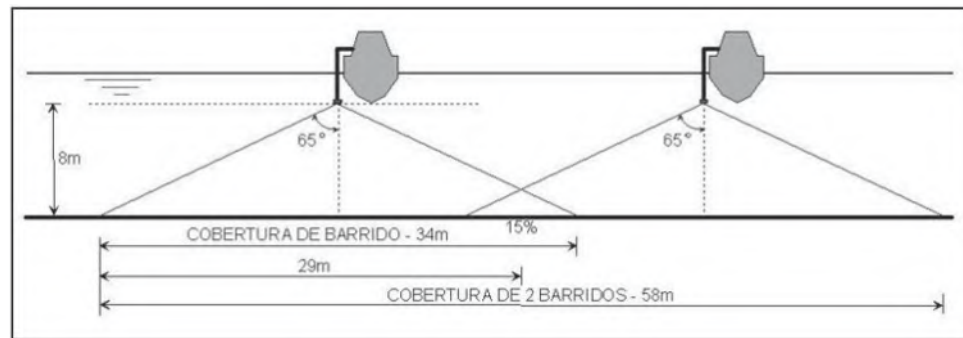


Figura 5-17. Cobertura de Barrido Acústico de 65°

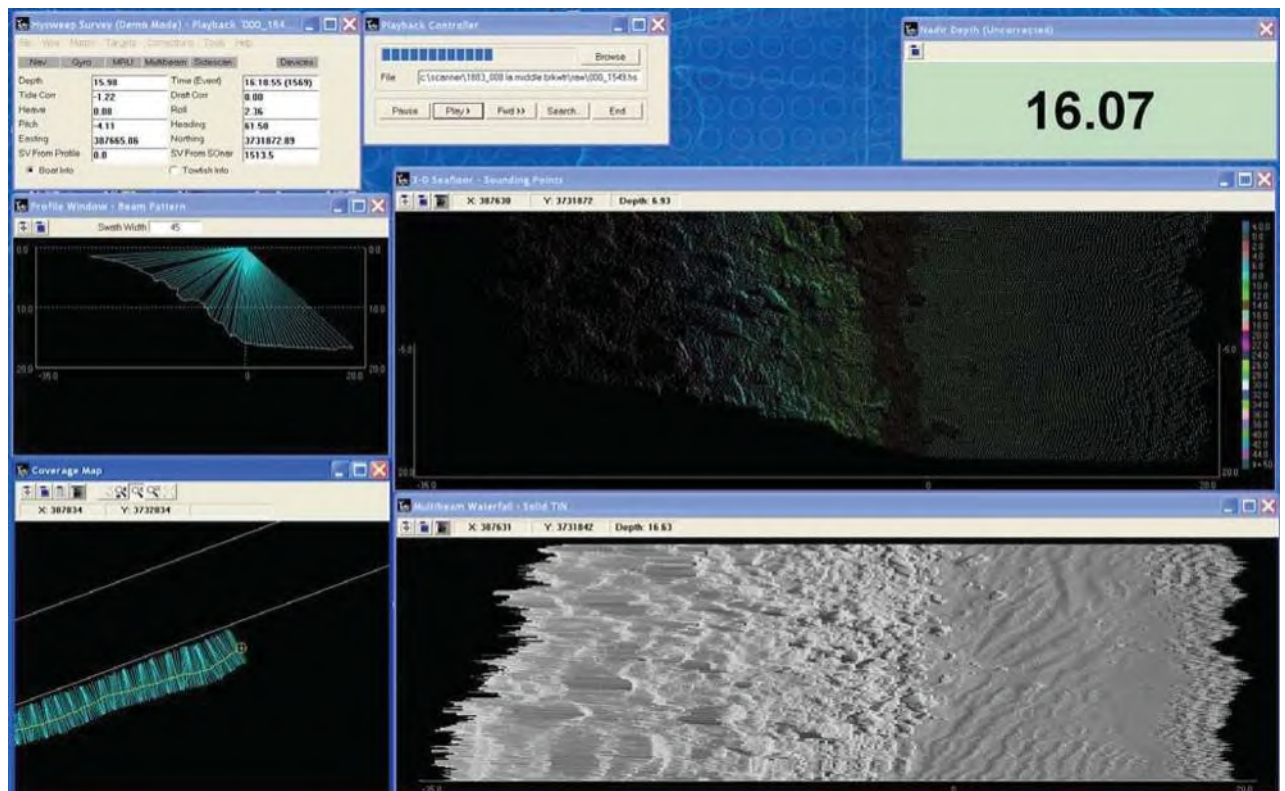


Figura 5-18. Programa de Navegación Hypack - Hysweep

Al final de las actividades diarias, se corre la información obtenida durante la jornada de trabajo (figura 5-19) para anotar en bitácora el progreso y al mismo tiempo guardar todos los archivos en un disco duro externo para su post-procesamiento.

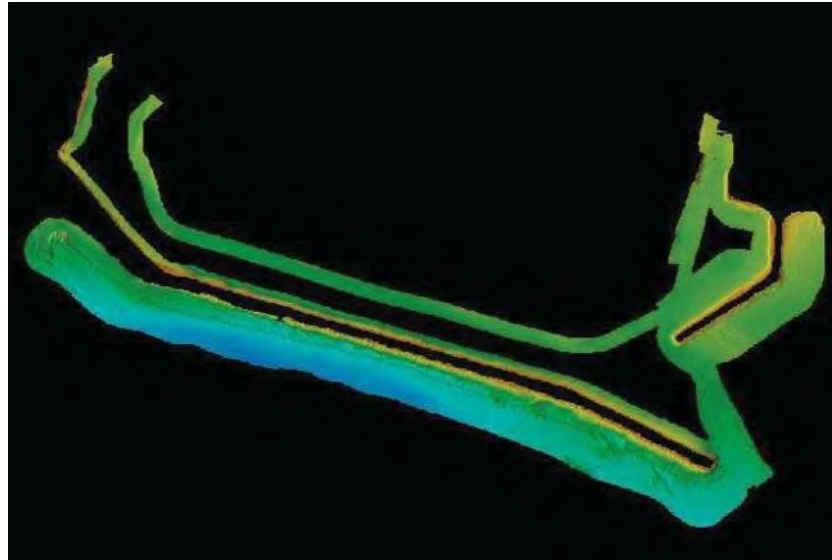


Figura 5-19. Visualización diaria de Cobertura de Batimétrica

Al correr la información de las actividades diarias podemos crear un archivo digital geo-referenciado, el cual podemos presentar como fondo en los monitores con información batimétrica y así obtener una cobertura 100% completa del área de trabajo (figura 5-20).

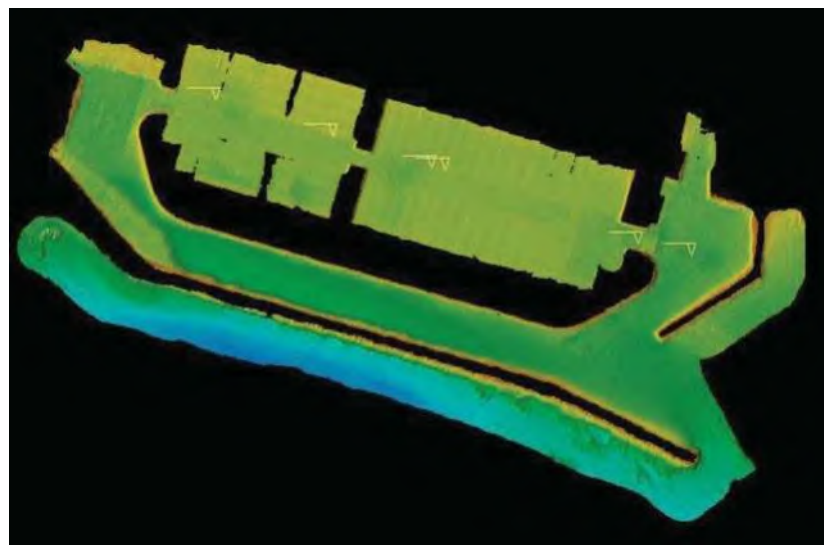


Figura 5-20. Visualización Final de Cobertura Batimétrica



Al finalizar los trabajos de campo se procede a guardar en un disco duro externo todos los archivos de las actividades diarias, estos archivos son: Archivo de estación base con información satelital a intervalos de 1 segundo, archivo de navegación inercial en embarcación, archivos con sondeos batimétricos, archivos con sondeos topográficos LiDAR y los archivos de validación de datos RTK-GNSS.

CAPITULO 6. POST-PROCESAMIENTO DE DATOS

6.1 Topografía

Creación de archivo SBET - Utilizando el programa **POSPac MMS** se procede a procesar la información de navegación inercial para obtener la trayectoria de la embarcación SBET (Smoothed Best Estimated Trajectory): Se corre el programa y una vez establecidos todos los parámetros se importa el archivo del sistema de navegación inercial (figura 6-1a-b), donde vemos la barra de progreso así como la precisión horizontal (<1m) obtenida durante las actividades topográficas

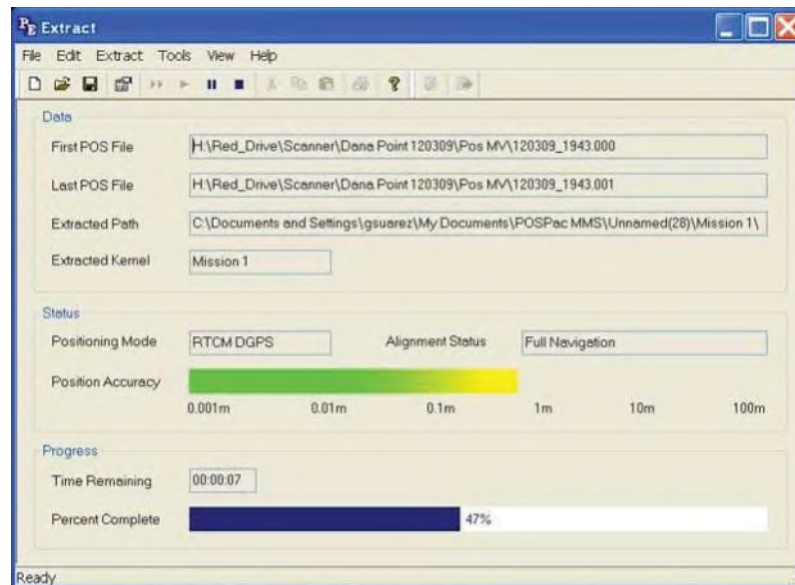


Figura 6-1a. Importación de Archivo de Navegación Inercial

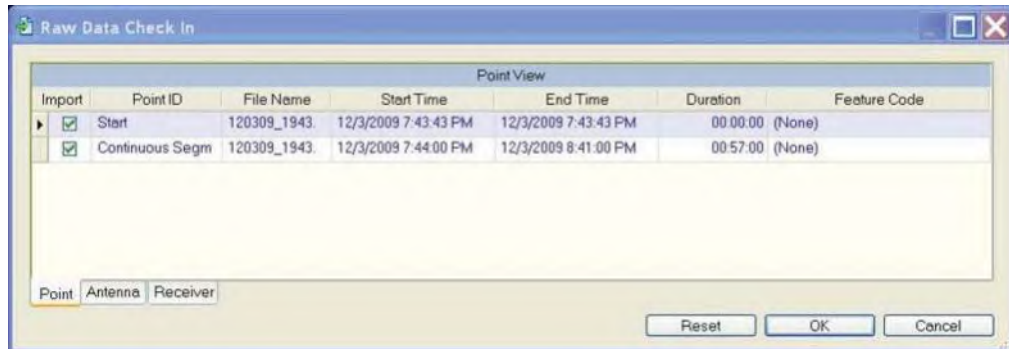


Figura 6-1b. Detalle de Archivo de Navegación Inercial

Al importar el archivo de navegación inercial se verifica que los tiempos sean correctos y coincidan con la información de bitácora, así como también se corrige la información adecuada con respecto al tipo de sistema de navegación inercial usado, tipo de antenas y altura de las mismas. Después se procede a importar el archivo de la estación base (figura 6-2).

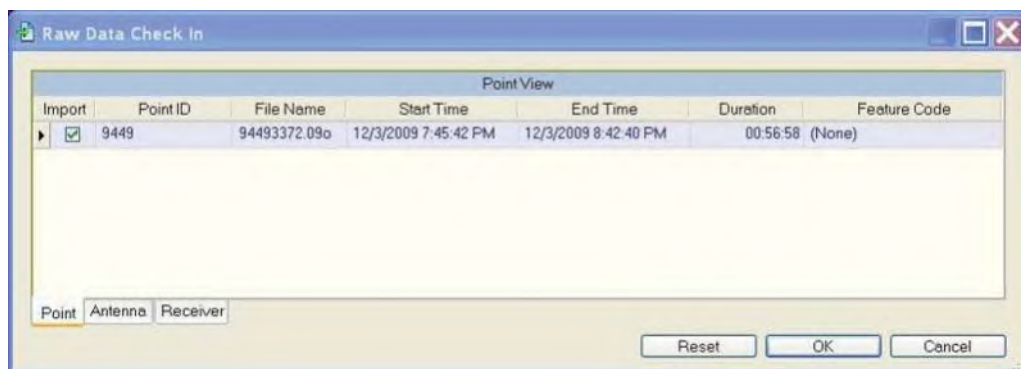
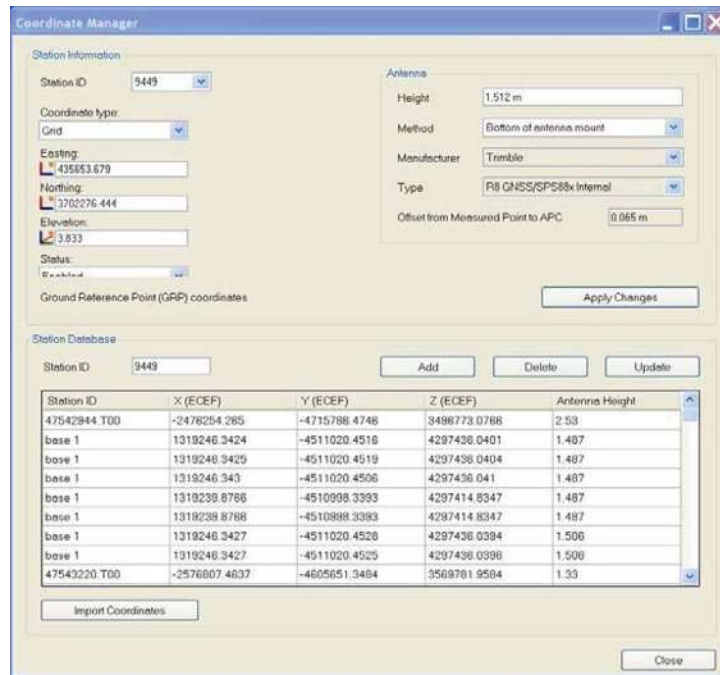


Figura 6-2. Detalle de Archivo de la Estación Base

Al igual que en el archivo anterior, se verifica que la información del archivo importado coincida con lo anotado en bitácora.

Una vez importados los archivos anteriores se establece la información de la estación base, incorporando las coordenadas del punto donde fue establecida (figura 6-3). Para evitar complicaciones causadas por los diferentes sistemas de coordenadas, se opta por utilizar el sistema UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator), y al terminar de

post-procesar la información, la nube de puntos final es re-proyectada al sistema local de coordenadas, también se anota la elevación en el datum de referencia, en este caso MLLW (Mean Lower Low Water), así como también la altura del receptor de la señal satelital e información general del mismo.



Station ID	X (ECEF)	Y (ECEF)	Z (ECEF)	Antenna Height
47542944.T00	-2476254.285	-4715788.4748	3498773.0768	2.53
base 1	1319246.3424	-4511020.4516	4297436.0401	1.487
base 1	1319246.3425	-4511020.4519	4297436.0404	1.487
base 1	1319246.343	-4511020.4506	4297436.041	1.487
base 1	1319239.8766	-4510998.3393	4297414.8347	1.487
base 1	1319238.8768	-4510988.3393	4297414.8347	1.487
base 1	1319246.3427	-4511020.4528	4297436.0394	1.506
base 1	1319246.3427	-4511020.4525	4297436.0396	1.506
47543220.T00	-2576807.4637	-4605651.3484	3569781.9584	1.33

Figura 6-3. Información de Coordenadas de Punto de Referencia

Teniendo la información anterior ya verificada se procesa los archivos importados para obtener el archivo de trayectoria SBET (figura 6-4). Durante el procesamiento podemos observar algunos mensajes los cuales nos describen el tipo de solución obtenida, y si hay algún tipo de error, al final del procesamiento obtendremos un mensaje indicando la causa de dicho error.

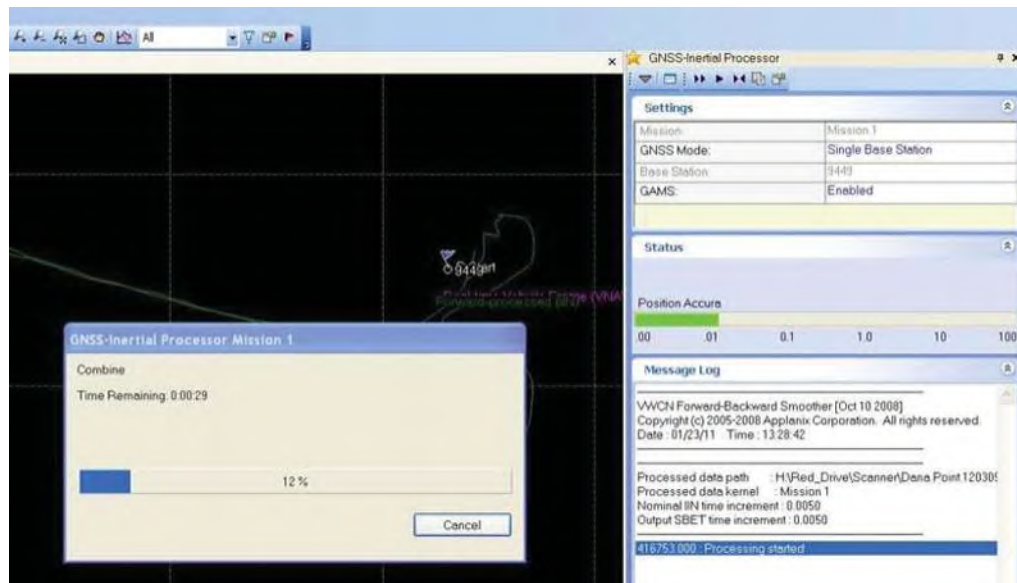


Figura 6-4. Procesado de Archivos – Obtención de Trayectoria SBET

Una vez terminado el procesamiento de datos podemos ver la trayectoria de la embarcación durante las actividades topográficas (figura 6-5).

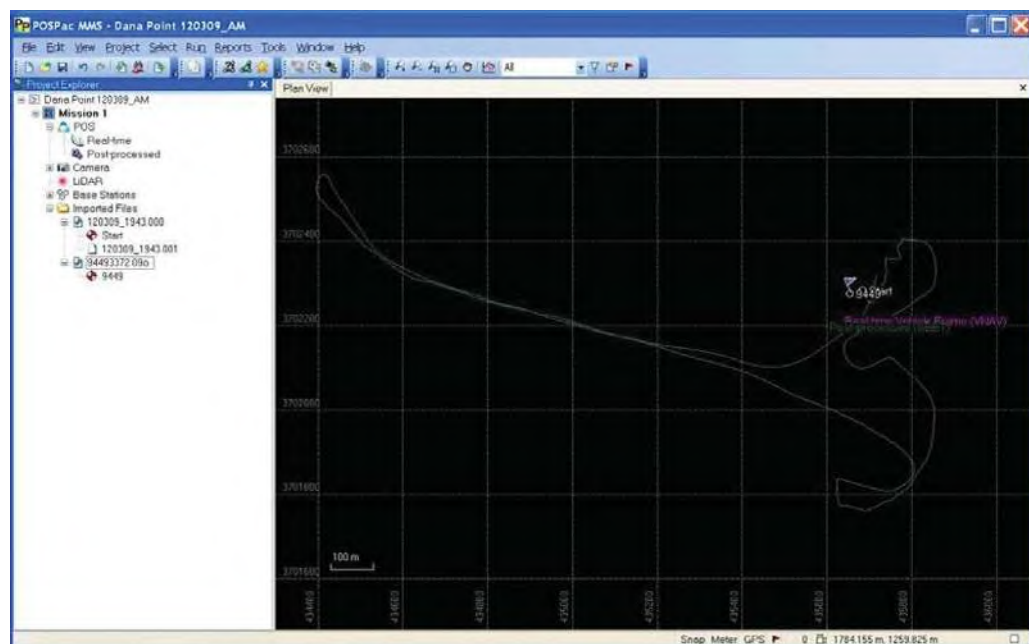


Figura 6-5. Trayectoria de Embarcación SBET



En las siguientes figuras podemos ver las precisiones obtenidas en los tres ejes: Norte, Este y Elevación (figura 6-6).

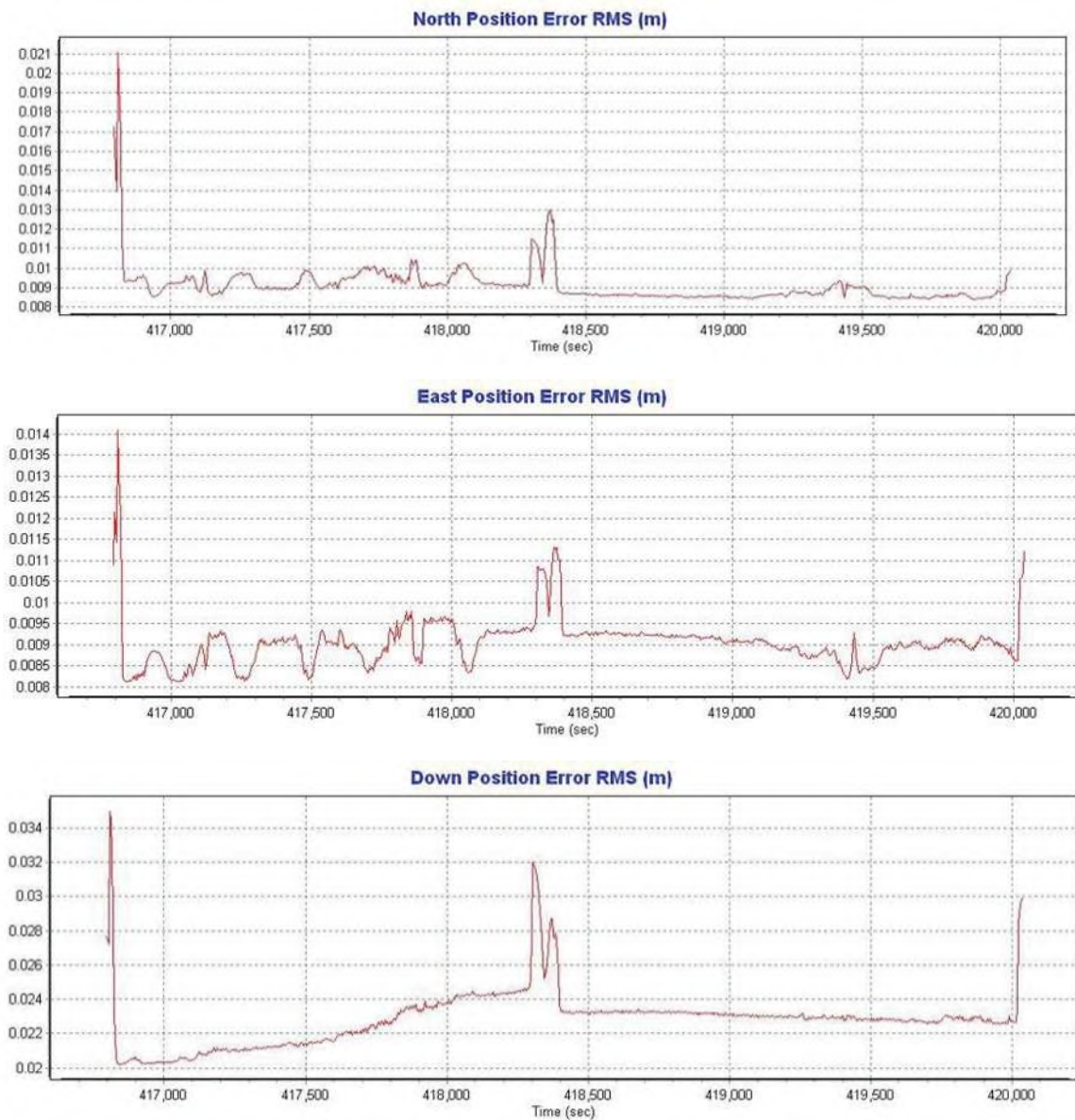


Figura 6-6. Diagramas de Precisión de Archivo SBET

De acuerdo al reporte de proceso y las graficas anteriores podemos ver que las precisiones horizontales (Norte y Este) son del orden de aproximadamente 1cm., y en el sentido vertical de aproximadamente 2.3 cm.

Obtención de Nube de Puntos en formato ASCII - Ya teniendo el archivo SBET podemos procesar la información topográfica utilizando el programa **Ilris PARSER**, donde asignamos los archivos de sondeo del escáner, correlacionando estos con el archivo SBET y el archivo con la información angular del IMU - Escáner, obtenidos en la calibración de este (figura 6-7).

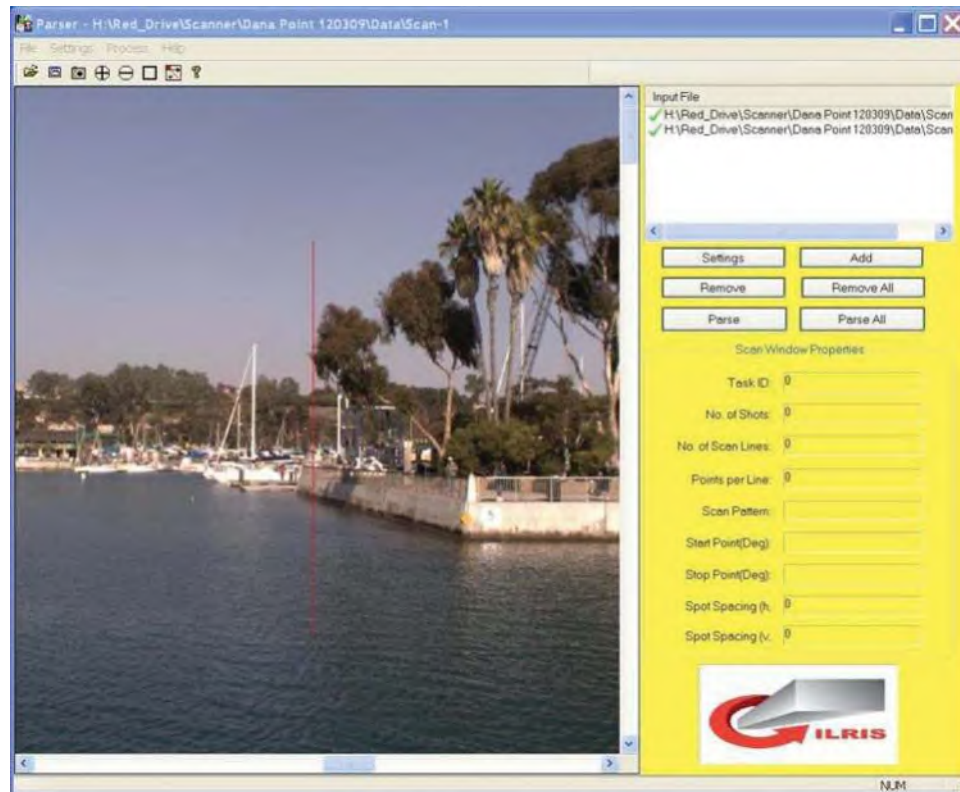


Figura 6-7. Programa Ilris PARSER

En los parámetros de exportación del archivo ASCII (figura 6-8) especificamos la siguiente información: Tiempo GPS, Norte (UTM), Este (UTM), Elevación (MLLW) e Intensidad.

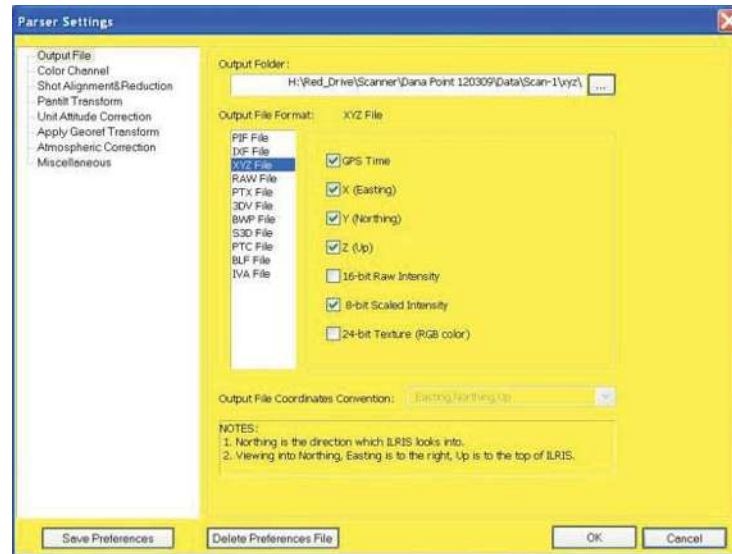


Figura 6-8. Parámetros de Exportación de archivo ASCII

En la siguiente imagen (figura 6-9) se muestra parte de un archivo con la nube de puntos en formato ASCII.

TIME (GPS)	NORTH	EAST	ELEV.	INT.
417160.413946	435786.701	3702461.611	13.314	30
417160.413845	435786.713	3702461.687	13.238	30
417160.413746	435786.691	3702461.551	13.129	40
417160.413645	435786.712	3702461.678	13.062	30
417160.413546	435786.699	3702461.585	12.962	12
417160.413445	435786.673	3702461.424	12.850	30
417160.413346	435786.635	3702461.187	12.729	30
417160.413247	435786.623	3702461.111	12.631	30
417160.413145	435786.617	3702461.054	12.537	29
417160.413047	435786.473	3702460.141	12.320	29
417160.412945	435786.638	3702461.191	12.385	11
417160.412846	435786.619	3702461.074	12.281	29
417160.412745	435786.472	3702460.136	12.065	28
417160.412646	435786.470	3702460.097	11.978	28
417160.412547	435786.468	3702460.101	11.894	12
417160.412446	435786.457	3702460.026	11.798	28

Figura 6-9. Nube de Puntos en formato ASCII

La siguiente imagen (figura 6-10) nos muestra una nube de puntos a partir de un archivo ASCII generado en este trabajo, utilizando el programa **Quick Terrain Modeler** podemos analizar las nubes de puntos generadas al post-procesar la información topográfica, si alguna de nuestras



calibraciones, o si nuestro sistema inercial de navegación no está sincronizado con el Escáner al momento de hacer los barridos topográficos, esta información se reflejará con distorsiones y no armonizarán entre sí los diferentes sondeos.

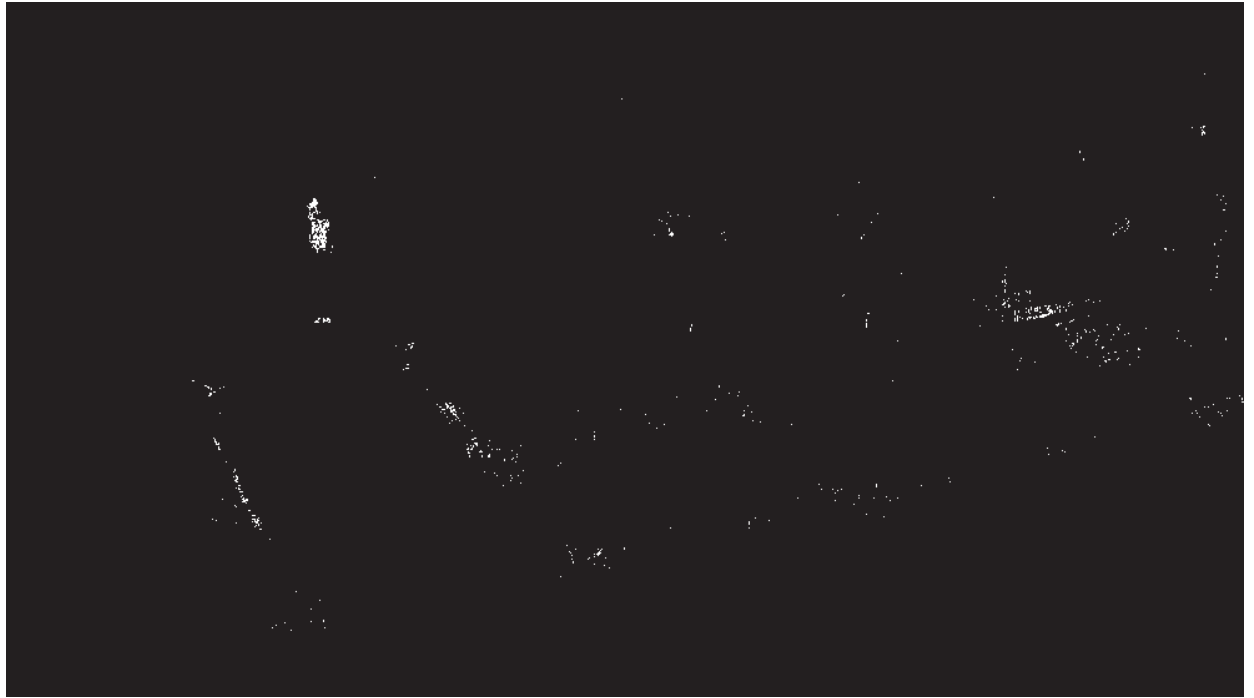


Figura 6-10. Nube de Puntos a partir de Archivo ASCII

De acuerdo a lo estipulado en el objetivo de este proyecto, nuestros productos a entregar serán planos con curvas de nivel así como secciones transversales mostrando información de diseño de construcción y de estado actual para determinar si hay hundimiento o algún tipo de deterioro a lo largo de los rompeolas, y diques. Para este eliminamos la vegetación y estructuras de los barridos LiDAR.

Existen varios métodos para llevar a cabo esta operación, en este caso eliminamos la mayor parte de la vegetación y estructuras utilizando un filtro por elevación el cual eliminara la mayor parte de estas. En este filtro establecemos eliminar toda información con elevación igual o mayor a 4.6m (figura 6-11).

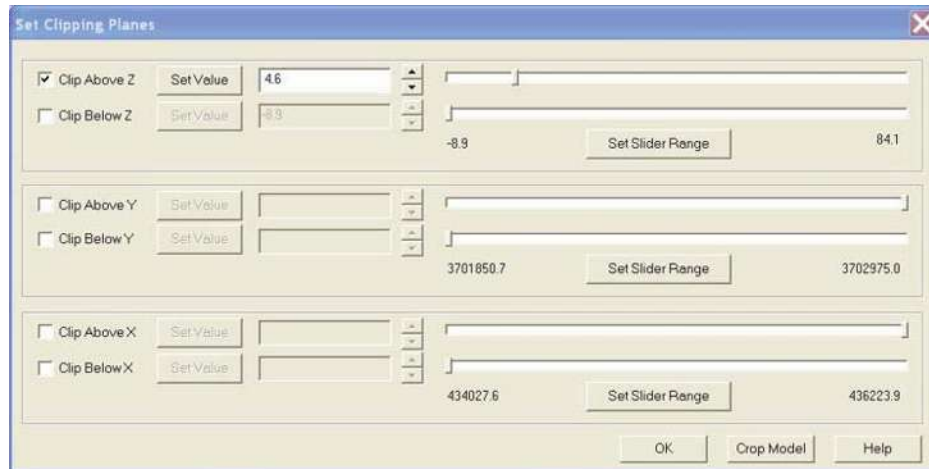


Figura 6-11. Parámetros de Filtrado de Nube de Puntos

En las siguientes figuras veremos la misma sección de nube de puntos en perfil con toda la información del barrido topográfico con escáner LiDAR (figura 6-12), y después veremos la misma imagen con el filtro de elevación aplicado (figura 6-13a-b).



Figura 6-12. Sondeo Topográfico con Escáner LiDAR en Perfil



Figura 6-13a. Sondeo Topográfico con Escáner LiDAR sin Vegetación o Estructuras - Perfil



**Figura 6-13b. Sondeo Topográfico con Escáner Lidar sin Vegetación o Estructuras –
Isométrico**

6.2 Batimetría

El procesamiento de datos batimétricos se lleva a cabo utilizando el programa **MB-MAX de Hypack**, en el cual podemos aplicar: perfiles de sonido a través la columna de agua, mareas, archivos con información del comportamiento dinámico de la embarcación, y los valores angulares obtenido mediante las calibraciones, así como también establecer los parámetros necesarios para la obtención de un producto final de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Corremos el programa **MB MAX** y seleccionamos los archivos con información acústica para procesar, al cargar los archivos seleccionamos los perfiles de velocidad de sonido correspondientes, así como el tipo de sensor acústico, sensor de navegación, sensor de navegación inercial, y el origen de información de mareas (figura 6-14).

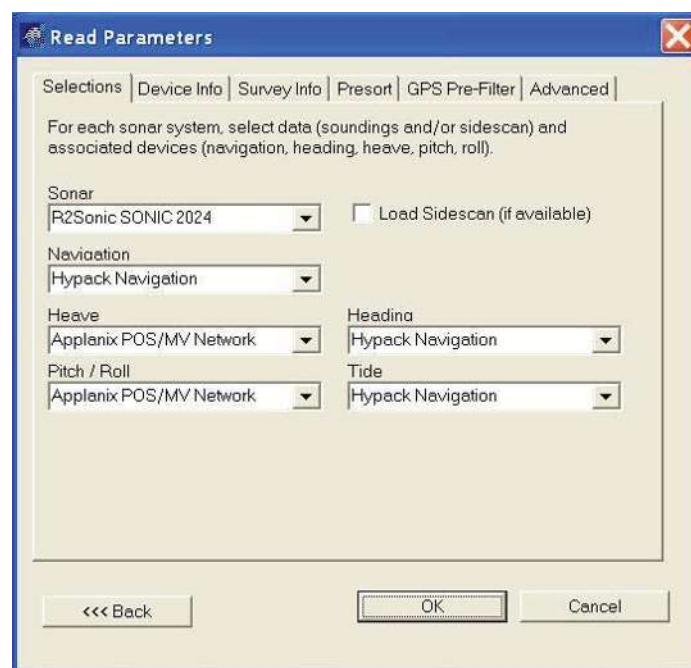


Figura 6-14. Importación de Archivo Acústico - Selección de Sensores

Asimismo aplicamos los valores angulares del IMU con respecto del sensor acústico, los cuales determinamos mediante la calibración de dicho sensor previo al comienzo de operaciones batimétricas (figura 6-15).

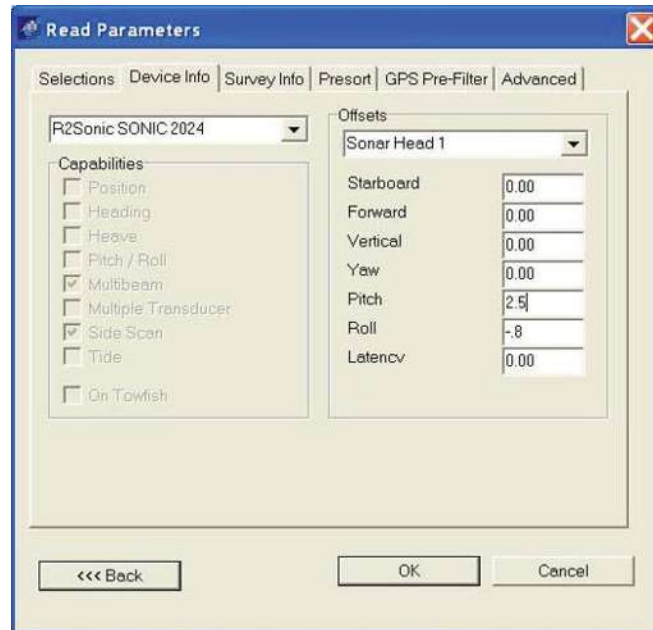


Figura 6-15. Aplicación de Valores Angulares IMU-Sensor Acústico

Después procedemos a determinar el método de mareas a ser aplicadas a nuestra información batimétrica, en este caso seleccionamos mareas obtenidas por el método RTK. Aquí podemos seleccionar si nuestra medición de mareas será promediando estas sobre un periodo de tiempo específico en segundos, o si utilizamos una combinación de mareas obtenidas y desplazamiento vertical dinámico de la embarcación.

La siguiente selección es el corregir el desplazamiento vertical inducido, es decir, si el sensor de movimiento se encuentra instalado directamente sobre nuestro sensor acústico, al momento en que se presenta un movimiento de balanceo hay un desplazamiento vertical que en realidad es un movimiento de balanceo de la embarcación (figura 6-16), pero el sensor lo puede confundir con desplazamiento vertical, para corregir esto se aplican brazos de palanca (mediciones) del sensor de movimiento hacia el centro de gravedad aproximado de la embarcación.

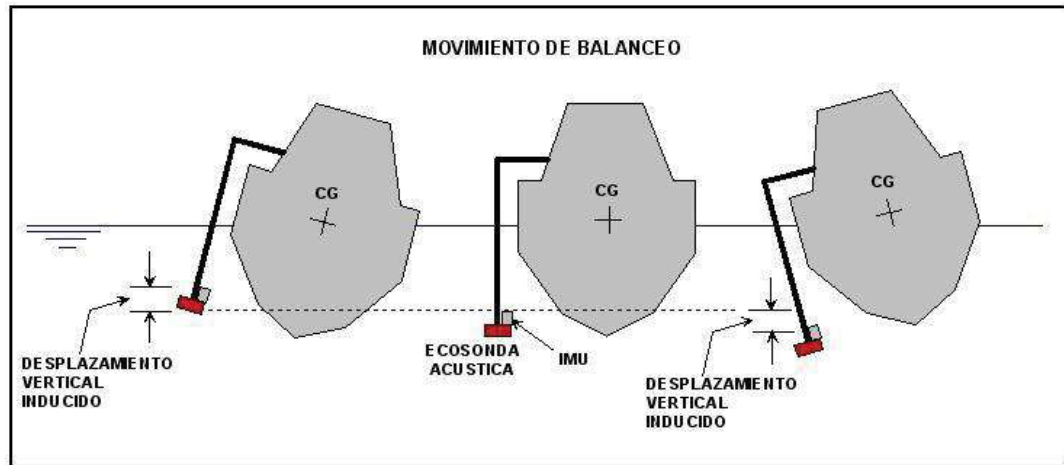


Imagen 6-16. Desplazamiento Vertical Inducido

Por último en la sección Trazo de haces dejamos que el programa lo auto seleccione, esto es importante en áreas donde las profundidades exceden 15 m. de profundidad. Aquí se determina el método que el programa utilizara para calcular el efecto de refracción causado por la velocidad de sonido en la columna de agua. Ver parámetros seleccionados (figura 6-17)

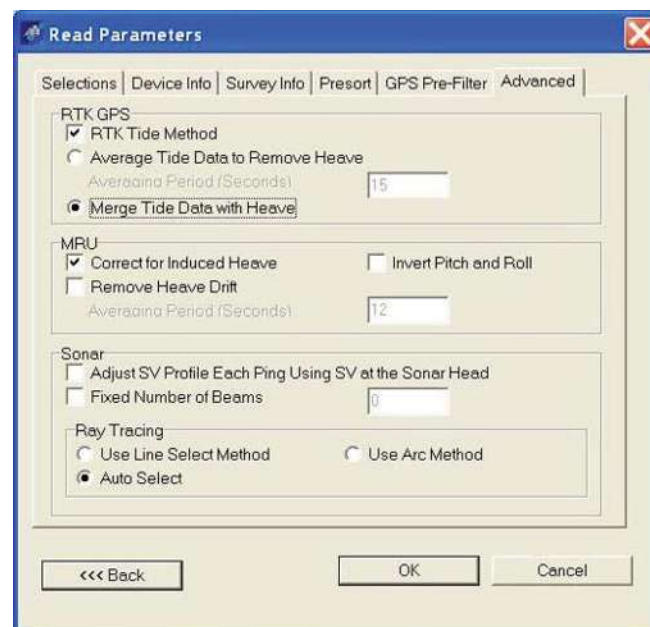


Figura 6-17. Selección de parámetros de Procesado de datos

Una vez determinados los parámetros anteriores procedemos a aplicar las correcciones a cada barrido acústico, en la siguiente figura podemos ver varias imágenes con graficas de las diferentes correcciones correspondientes al barrido en color rojo mostrado en la imagen inferior derecha, en este caso se aplican correcciones por: marea, cabeceo, balanceo, guiñada, desplazamiento vertical y velocidad de sonido en la columna de agua (figura 6-18). Estas correcciones de comportamiento dinámico de la embarcación pueden ser aplicadas hasta 200 Hz. (200 veces por segundo), esto depende directamente del tipo de sensor de navegación inercial utilizado.

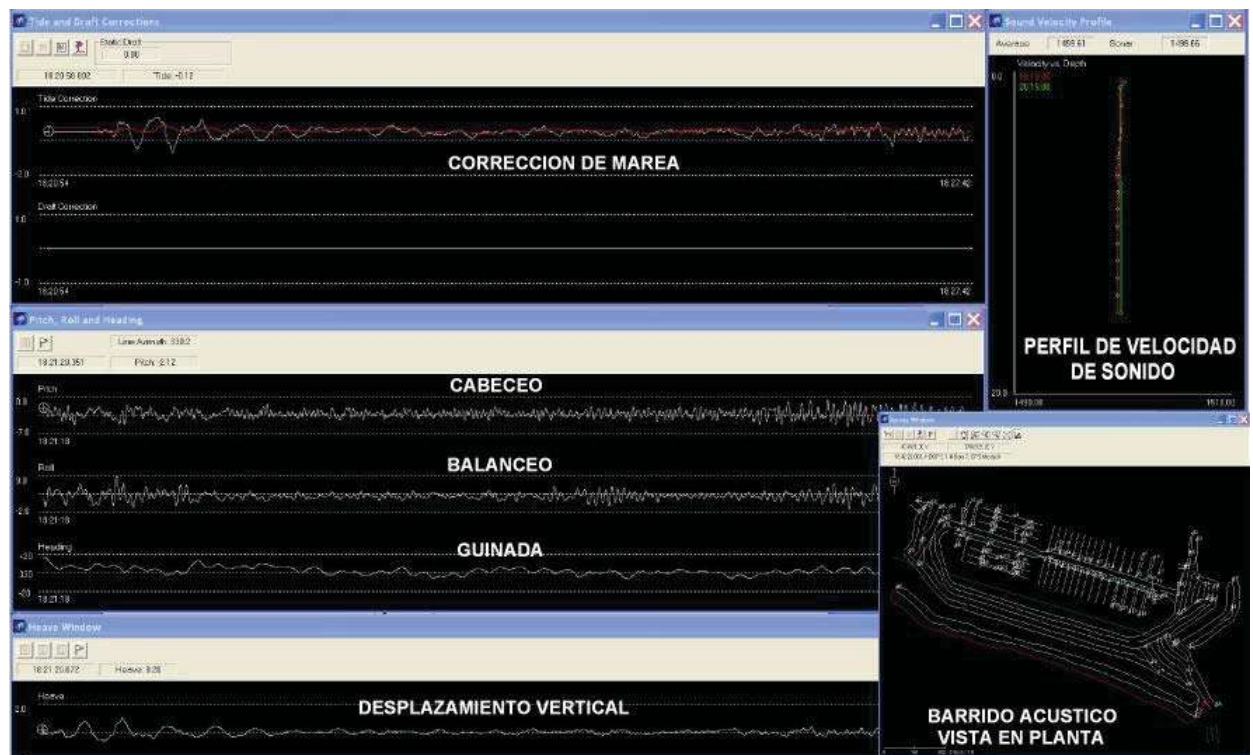


Figura 6-18. Aplicación de Correcciones a Barrido Acústico

Al aplicarse las correcciones anteriores procesamos la información de cada barrido y obtenemos los barridos acústicos con información batimétrica en la cual podemos ver información individual de cada punto – Elevación/profundidad, numero de barrido acústico, numero de haz, calidad del haz acústico, el tiempo en que se origino, coordenadas X y Y (UTM), distancia inclinada del sensor al punto medido, distancia horizontal del sensor al punto medido, ángulo del haz, intensidad, información angular de cabeceo, balanceo, guiñada, rumbo, y elevación de marea (figura 6-19). Cada haz acústico cuenta con la información anterior.

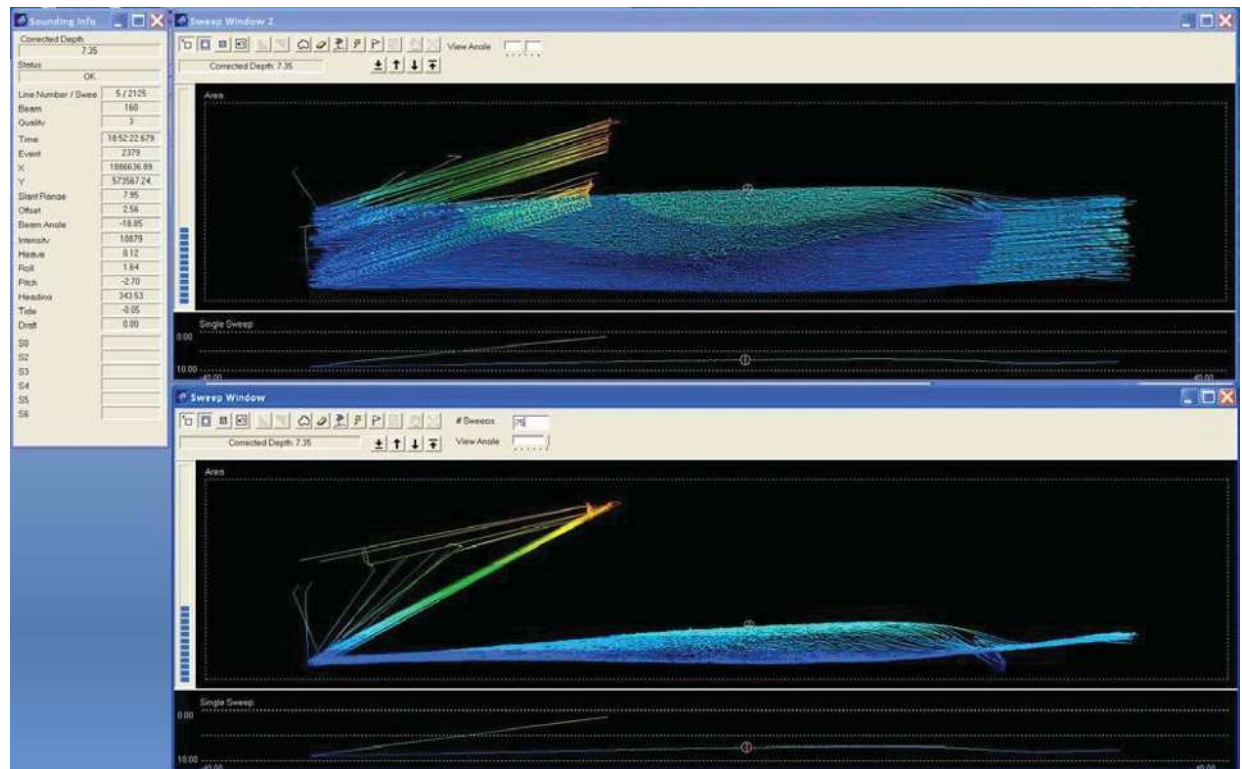


Figura 6-19. Barrido Acústico sin Filtrar

En la figura anterior podemos ver la configuración del fondo marino, en la cual se muestra el barrido completo (180°), así como también podemos notar información incorrecta lo cual puede ser causado por peces, burbujas de aire, o vegetación en la columna de agua. Para eliminar esta información errónea hacemos un filtrado de barridos en los cuales podemos establecer diferentes parámetros de acuerdo al tipo de sensor acústico utilizado (figura 6-20). En este caso los parámetros establecidos son los siguientes: Profundidad mínima 0.5m, profundidad máxima 15m, ángulo acústico 65° (obtenido a partir de la prueba de rendimiento), elevación de pináculos 1m (se utilizan módulos de 16 - 4 haces x 4 barridos – y se eliminan los haces que se alejen del promedio de los 16 por más de 1m), calidad del haz acústico mínimo 2 (se eliminan los haces que tengan calidad menor de 2, este número varía dependiendo del tipo de sensor acústico utilizado), Reborde (elimina los haces desviados que puedan crear este tipo de formación topográfica).

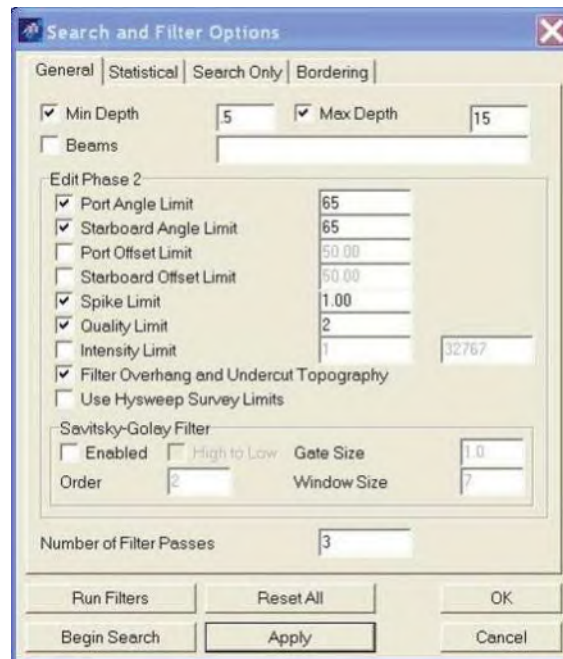


Figura 6-20. Parámetros de Filtrado de Barrido Acústico

En la siguiente figura (6-21) podemos ver el barrido acústico después de aplicar el filtrado.

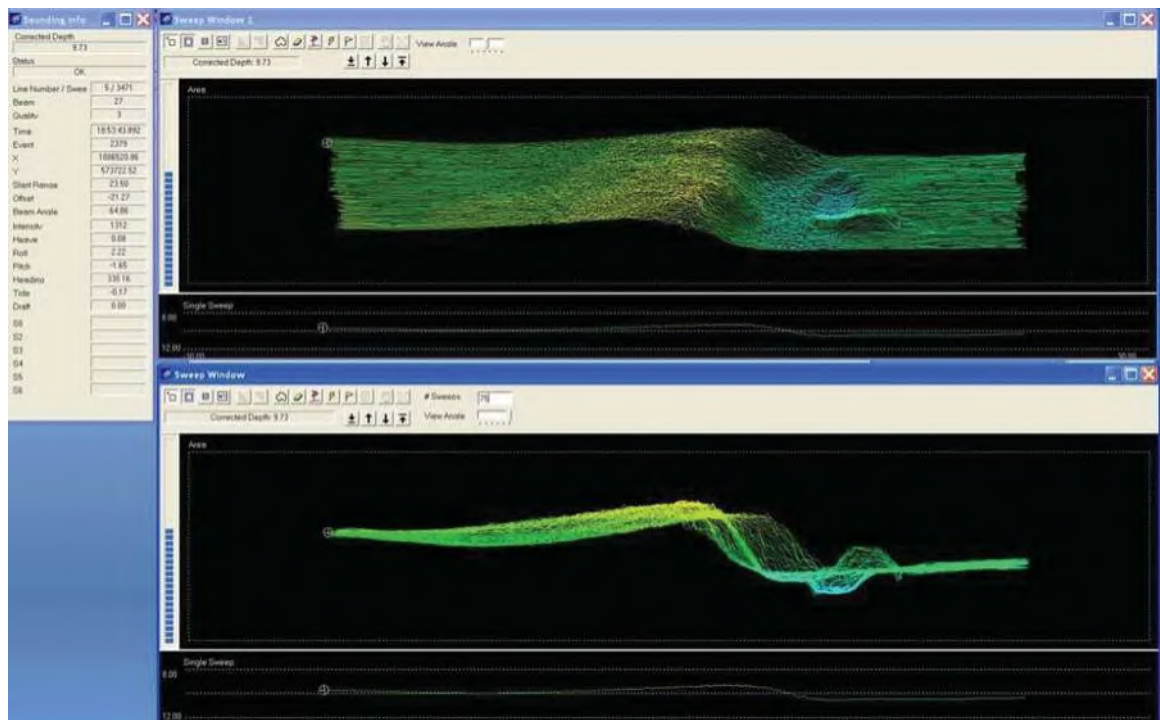


Figura 6-21. Barrido Acústico después de Aplicar los Filtros

En la figura anterior podemos ver que al aplicar los filtros eliminamos la mayor parte de haces inciertos, en este caso el barrido está compuesto por 75 perfiles de 130° cada uno, aproximadamente 200 haces por perfil, lo que nos da aproximadamente 15,000 mediciones individuales en el barrido mostrado. En este caso escogemos secciones de 75 perfiles para examinar, al identificar un haz incorrecto este se elimina o se corrige, y así sucesivamente hasta terminar toda la información batimétrica. Una vez terminando de hacer la revisión se procede a analizar todos los barridos al mismo tiempo y confirmar que armonicen entre sí.

En la siguiente imagen (figura 6-22) podemos ver el total de los barridos del área de trabajo, cortamos una sección transversal y podemos ver cómo puede influir de una manera negativa cuando la información de cabeceo y balanceo está siendo alimentada a nuestro programa de adquisición de datos fuera de sincronización, esto es causado por retrasos en la determinación de tiempo al ocurrir los movimientos angulares de la embarcación.

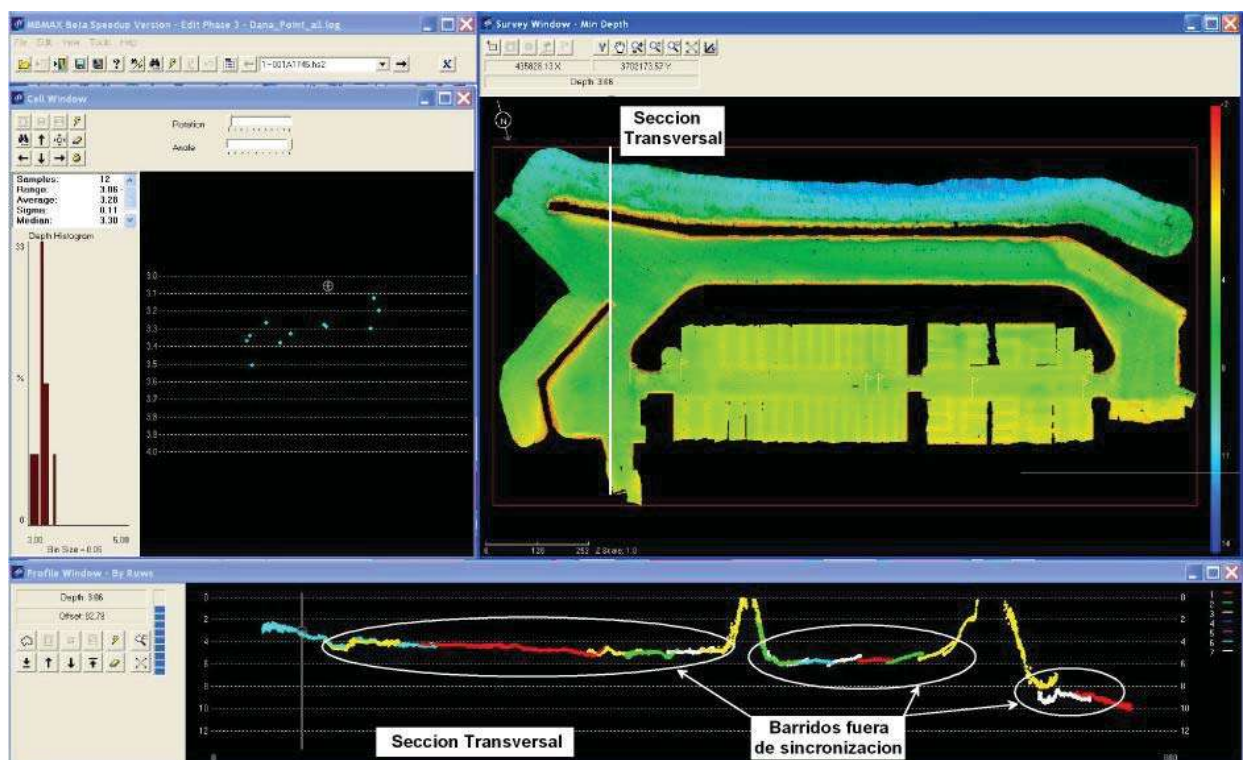


Figura 6-22. Barridos Acústicos Incoherentes

Otras inconsistencias entre barridos pueden ser causadas por perfiles de velocidad de sonido en el agua deficientes, por observación de mareas incorrectas, por una mal calibración de IMU, por

falta de precisión al hacer las mediciones relativas entre sensores (Antena GNSS – IMU – Sensor Acústico), o simplemente por una deficiente instalación del sensor acústico el cual puede generar movimientos o vibraciones si no está sujeto rígidamente.

Una vez eliminados todos los conflictos anteriores, podemos tener la plena confianza que nuestro levantamiento batimétrico cumplirá con las especificaciones de proyecto. En la siguiente figura podemos ver que los barridos acústicos armonizan entre sí, y que la precisión de enlace entre ellos está dentro de las especificaciones requeridas para este tipo de proyectos (figura 6-23).

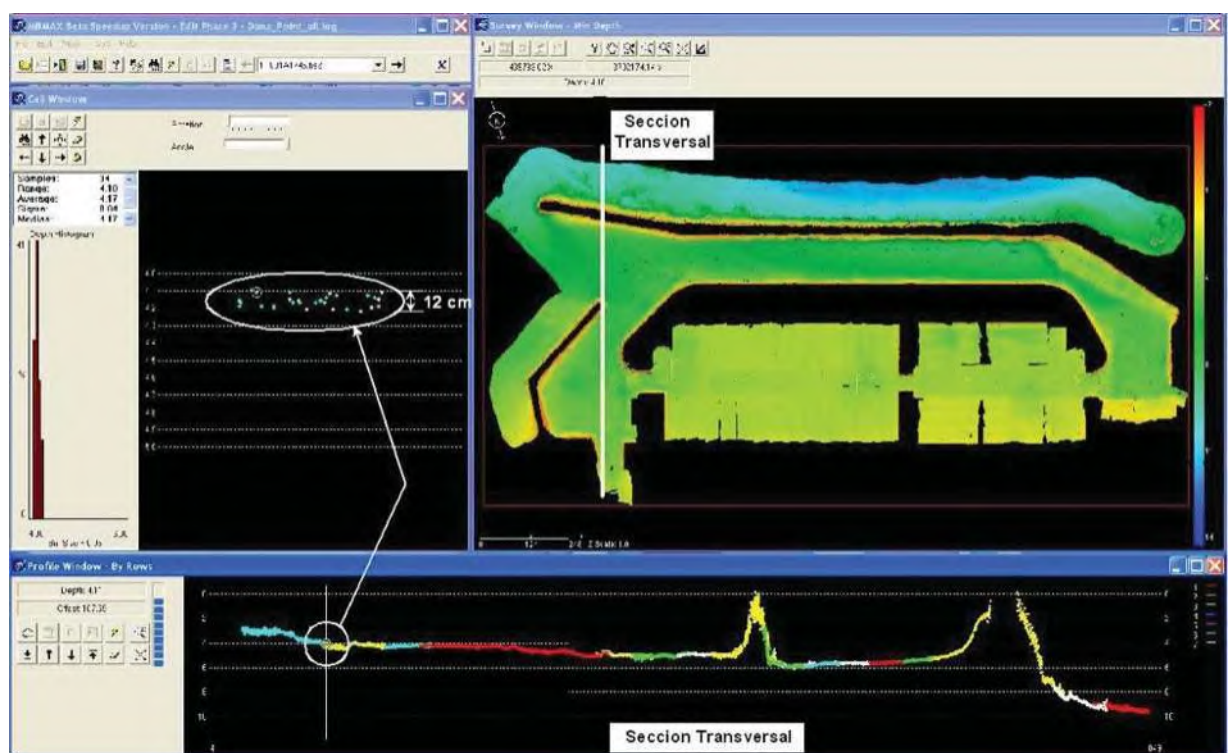


Figura 6-23. Batimetría del Área de Trabajo

Una vez que se ha corregido la información acústica, y se han revisado el total de barridos, se procede a exportar la información en un archivo electrónico con formato ASCII (X, Y, y Z), la densidad de puntos a exportar depende de las especificaciones de proyecto así como de la profundidad del área de trabajo. En este caso formamos una matriz con celdas de un metro cuadrado y exportamos un punto por celda (figura 6-24).

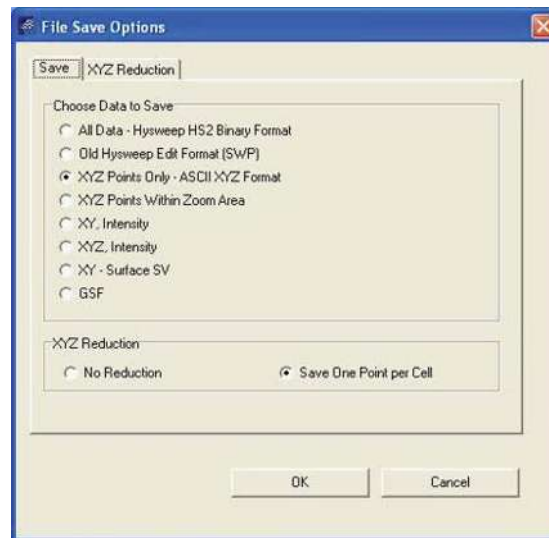


Figura 6-24. Parámetros de Exportación de Datos Batimétricos

El valor de la información contenida en cada celda puede ser seleccionada dependiendo del cual sea la finalidad de la información batimétrica obtenida, en este caso seleccionamos la profundidad promedio en la celda, así como también seleccionamos utilizar el centro de esta si es posible (figura 6-25).

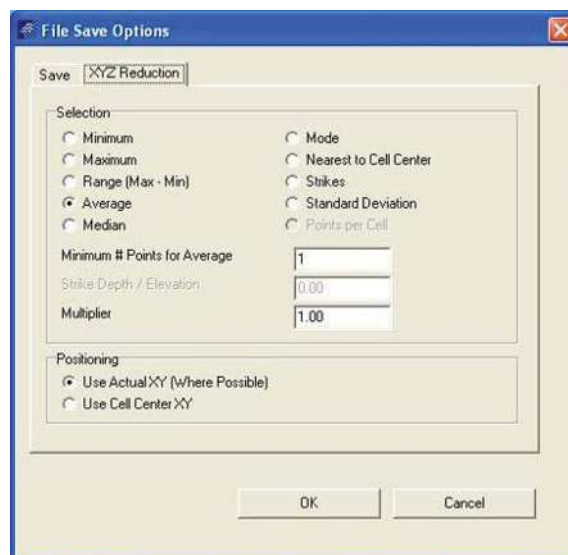


Figura 6-25. Parámetros de Reducción por Celda



Una vez seleccionados los parámetros anteriores se procede a exportar la información batimétrica, la siguiente imagen (figura 6-26) muestra esta información en la nube de puntos con celdas de 1 metro.



Figura 6-26. Nube de Puntos Batimétricos en celdas de 1 m.

CAPITULO 7. CLASIFICACION DE DATOS BATIMETRICOS - TOPOGRAFICOS

Debido a la reciente evolución de los Escáneres ha surgido la necesidad de poder procesar la información obtenida por estos, ya que se genera una gran cantidad de datos. Un escáner de 10 KHz puede generar aproximadamente 15-20 millones de puntos con información de alta precisión en una hora. Con la propagación de estos sensores también han surgido cantidad de programas para procesar y clasificar dicha información.

En este trabajo utilizamos el programa **LAS Edit** el cual nos permite importar las nubes de puntos de batimetría y de topografía para llevar un control de calidad con respecto a los filtros que se han aplicado en el post-procesamiento de datos respectivos. También podemos al mismo tiempo filtrar o eliminar información mal interpretada en pasos anteriores y verificar que el área de transición entre la información batimétrica y la topográfica coincidan de una manera adecuada ya que aquí se forman burbujas de aire o puede haber vegetación que puede confundir los algoritmos al momento de aplicar los filtrados (figura 7-1).

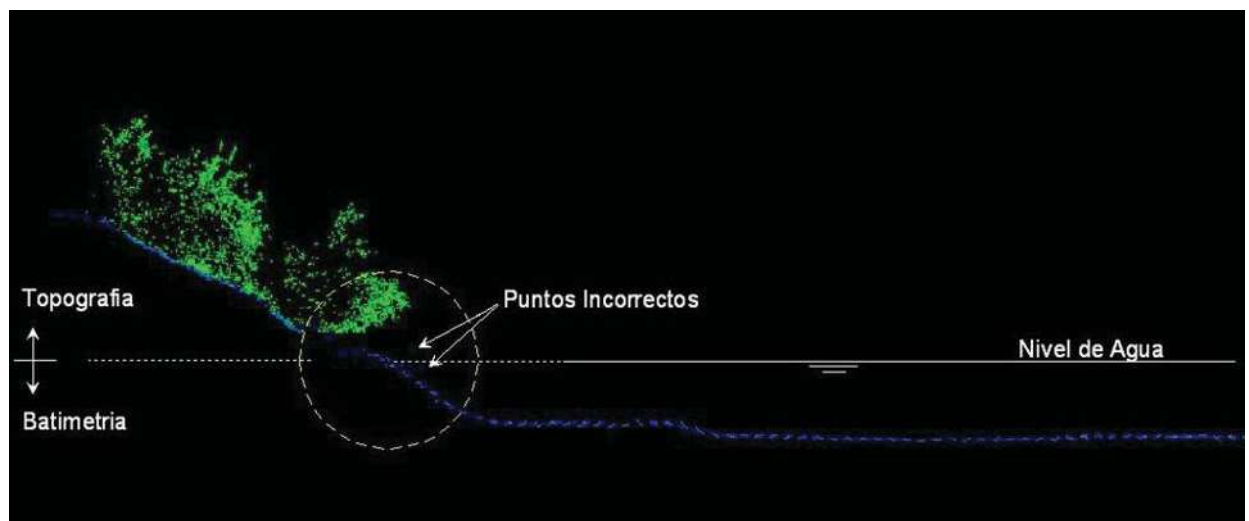


Figura 7-1. Filtrado de Puntos Incorrectos en Área de Transición

En este programa también se puede clasificar la nube de puntos de acuerdo a lo especificado en el proyecto (no es el caso de este trabajo). Por ejemplo la información se puede clasificar en: sin clasificar, suelo, vegetación baja, vegetación mediana, vegetación alta, estructuras, etc. (figura



7-2). Esta clasificación forma parte de los atributos de cada uno de los puntos, los cuales al ser exportados mantendrán toda la información pertinente (Norte, Este, Elevación, Clasificación, Intensidad, Color-RGB). Esta información pasa a ser parte de una base de datos del Sistema de Información Geográfica (SIG) donde puede ser analizada, manipulada y desplegada en forma interactiva por el usuario.

Al incorporarse esta información en un SIG, el usuario puede hacer consultas interactivas ya que esta se encuentra propiamente geo-referenciada, y así determinar aéreas con vegetación de determinada altura, tipo de estructuras, etc.

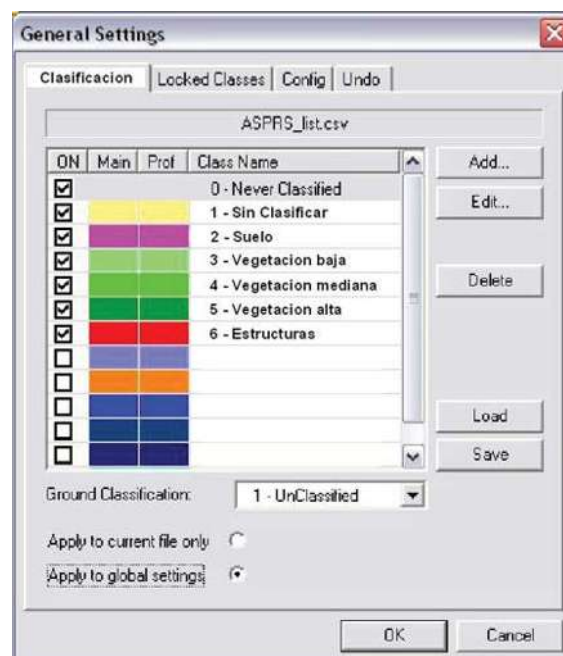


Figura 7-2. Ajustes de Clasificación de Nube de Puntos

En la siguiente figura podemos ver un perfil topográfico-batimétrico donde se muestran las clasificaciones de acuerdo a lo establecido en el programa (figura 7-3).

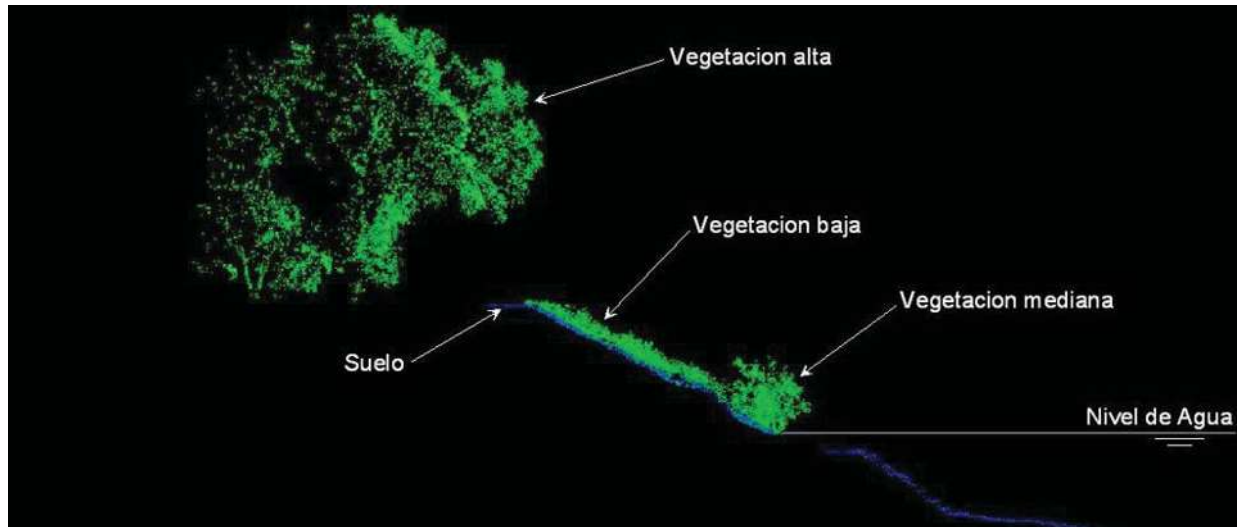


Figura 7-3. Clasificación de Nube de Puntos

Una vez que todos los puntos han sido clasificados, se procede a exportar las nubes de puntos por clasificaciones. Para preparar un plano con curvas de nivel y secciones transversales se utilizarán los puntos clasificados como suelo (figura 7-4), si se requiere visualizar toda la información al mismo tiempo se exportan todas las clasificaciones (figura 7-5) y se importan al visualizador de nube de puntos. Las siguientes imágenes muestran las diferentes nubes de puntos.



Figura 7-4. Nube de Puntos con Clasificados como Suelo

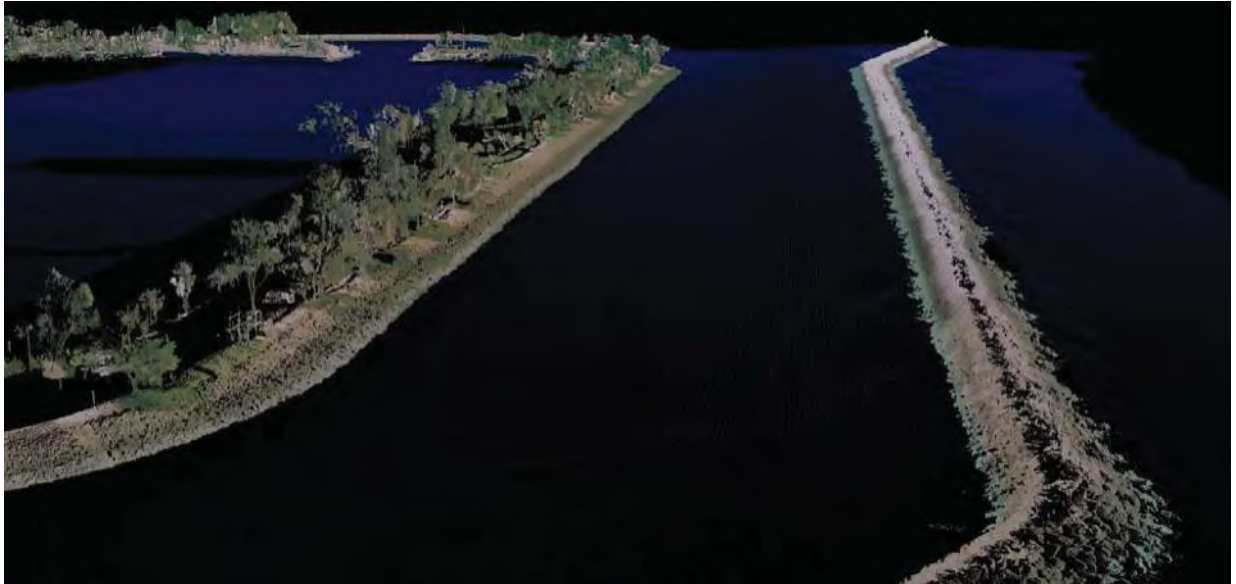
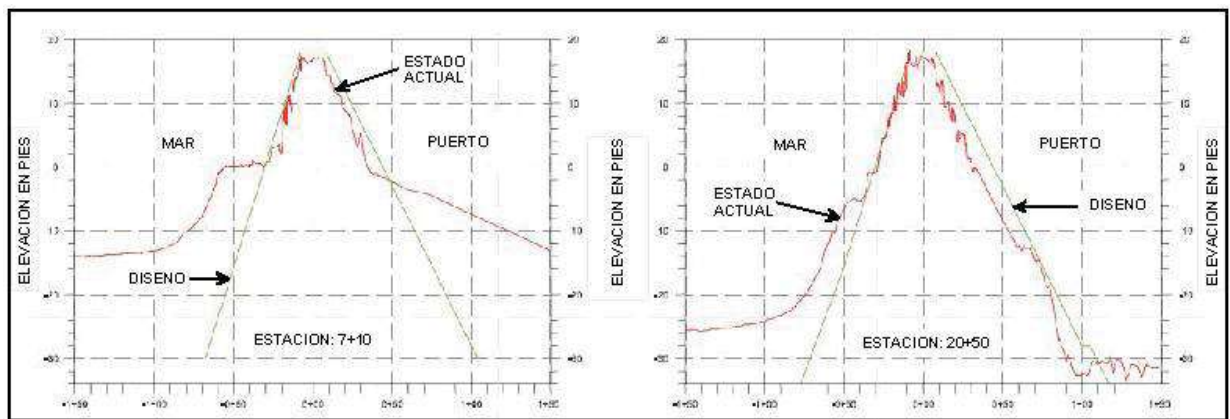


Figura 7-5. Nube de Puntos mostrando todas las Clasificaciones

Una vez que las nubes de puntos han sido creadas y filtradas se importan a un Sistema de Información Geográfica y se crea un Modelo Digital de Terreno, aquí se forman los mapas con curvas de nivel, secciones transversales, y perfiles (**Apéndice C**).

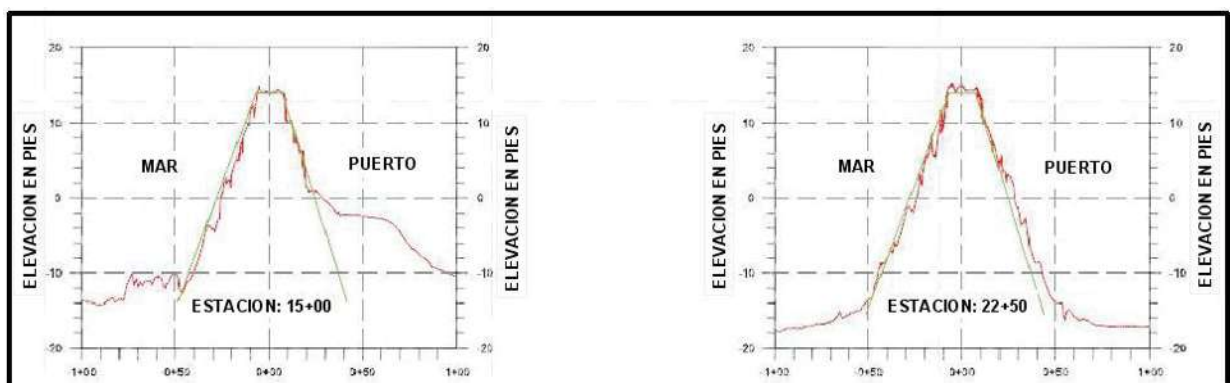
CAPITULO 8. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos de la batimetría y topografía podemos apreciar que el rompeolas de la parte Sur Oeste se encuentra en buen estado, podemos observar que el estado actual de la corona coincide con el diseño de construcción, los taludes de la parte externa (mar) coinciden perfectamente y la parte interior mantienen la misma pendiente aunque hay algunas secciones donde el espesor del rompeolas no coincide con el de diseño. No se observan hundimientos verticales en ningún área.



Secciones Transversales del Rompeolas ubicado en la parte Sur Oeste del puerto

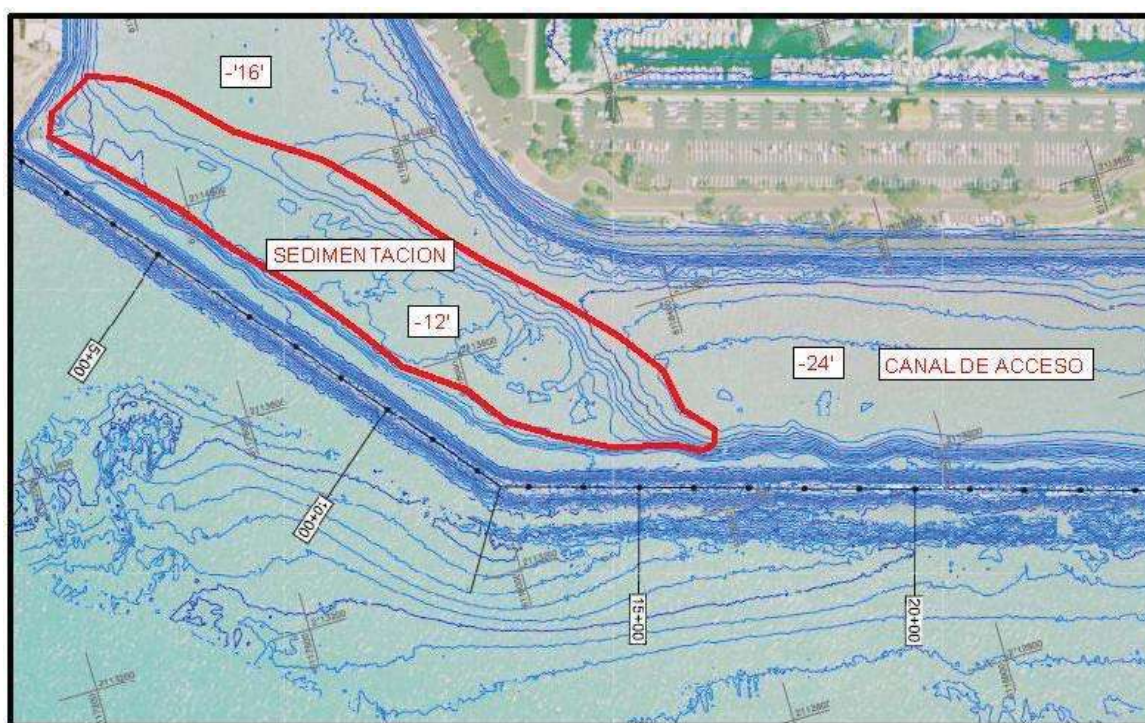
El estado actual del rompeolas ubicado en la parte Este del puerto coincide perfectamente con las especificaciones de diseño, tanto en la corona, como en los taludes exteriores e interiores, no se aprecian hundimientos verticales.



Secciones Transversales del Rompeolas ubicado en la parte Este del puerto

El interior del puerto, en la parte Oeste del canal principal de acceso se muestra un área con sedimentación, lo cual se puede observar en la figura siguiente, esto puede crear problemas de acceso para embarcaciones de calado profundo en periodos de marea baja, por lo que se deberá contemplar actividades de dragado. Cálculo de volúmenes de dragado pueden ser obtenidos mediante la comparación de modelos digitales, se forma un modelo digital basado en la plantilla de diseño del los canales de acceso del puerto, y se compara con el modelo digital de terreno obtenida usando los datos batimétricos.

Batimetría completa del interior del puerto, así como secciones transversales y perfiles longitudinales de los rompeolas se encuentran en el **Apéndice C**.



Área de Sedimentación en Canal de Acceso

Los levantamientos Topográficos e Hidrográficos están experimentando cambios fundamentales en la tecnología de la medición. Los sistemas Laser y Ecosondas Multi haz acústicos ahora proporcionan una cobertura completa del área de estudio. La capacidad para posicionar estos datos con exactitud en el plano horizontal ha crecido enormemente gracias a los sistemas de posicionamiento satelital-inercial.

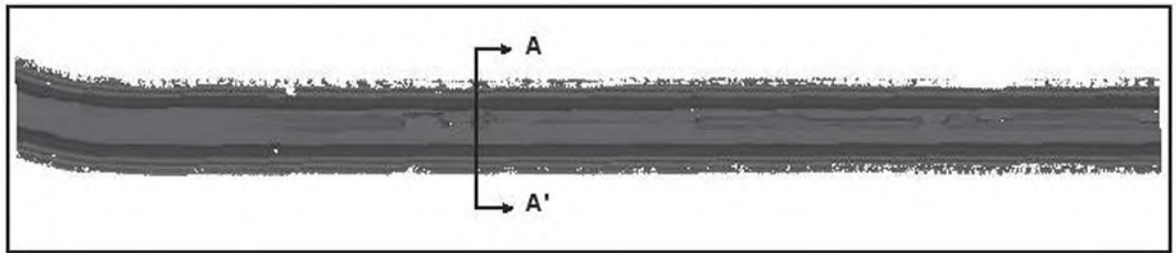
Dentro de las ventajas que podemos obtener al hacer levantamientos utilizando estos sistemas con respecto de sistemas convencionales podemos citar las siguientes:

- o Una cobertura del 100% del área de estudio, lo cual nos permite obtener información más completa y poder hacer cálculos o diseños más exactos..
- o Un costo menor de los trabajos de campo y gabinete al utilizar menor personal en proyectos de mediana a gran dimensión.
- o Elaboración más rápida de productos finales.
- o Flexibilidad de poder cambiar o re-proyectar diseños en área de estudio sin necesidad de hacer nuevos trabajos de campo.

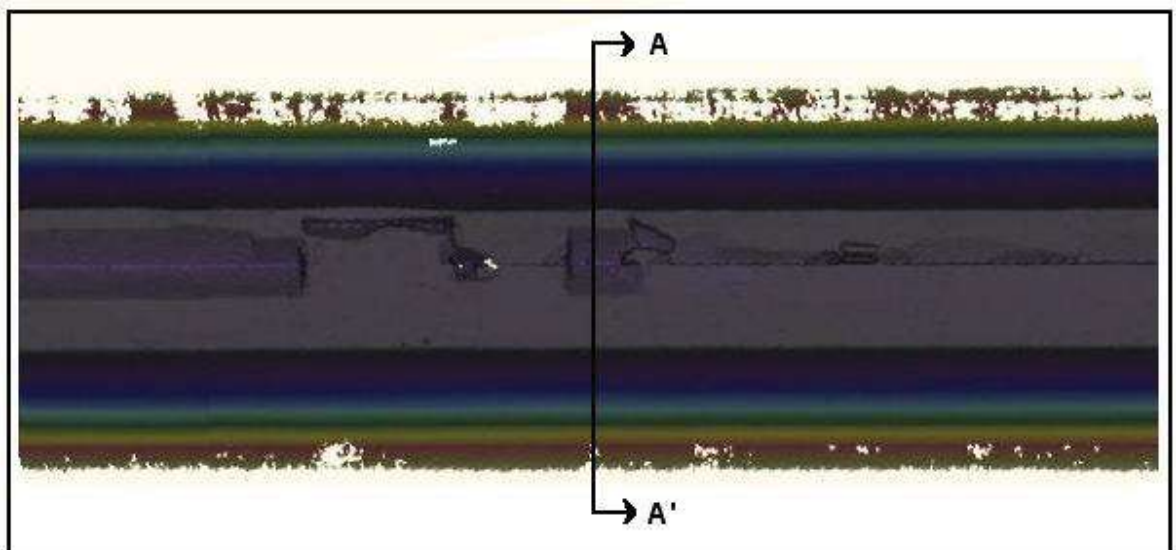
En las siguientes imágenes podemos apreciar las ventajas de un levantamiento batimétrico-topográfico con ecosonda multi-haz y escáner LiDAR, el cual se llevo a cabo para obtener información del estado actual del fondo de un acueducto de concreto en el cual, al hacerse una inspección visual de la superficie no se aprecia ningún tipo de problema, pero al hacer un estudio más detallado con los sistemas antes mencionados podemos apreciar que las losas de concreto del fondo se han desplazado, lo cual causa pérdidas en el flujo. Si estos estudios se hacen con ecosondas mono-haz o sea por secciones transversales, no sería posible obtener una imagen completa para poder cuantificar la extensión de los daños.



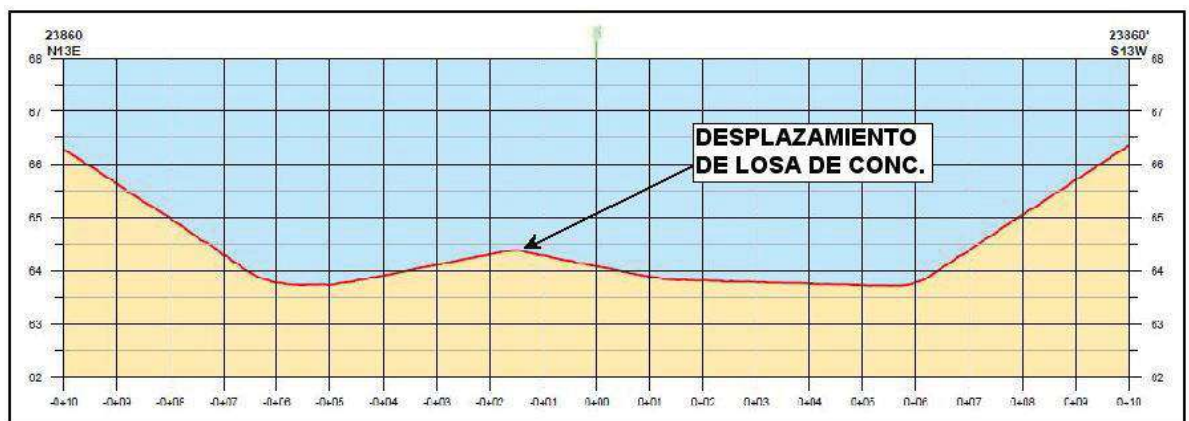
Imagen aérea en planta de acueducto de concreto



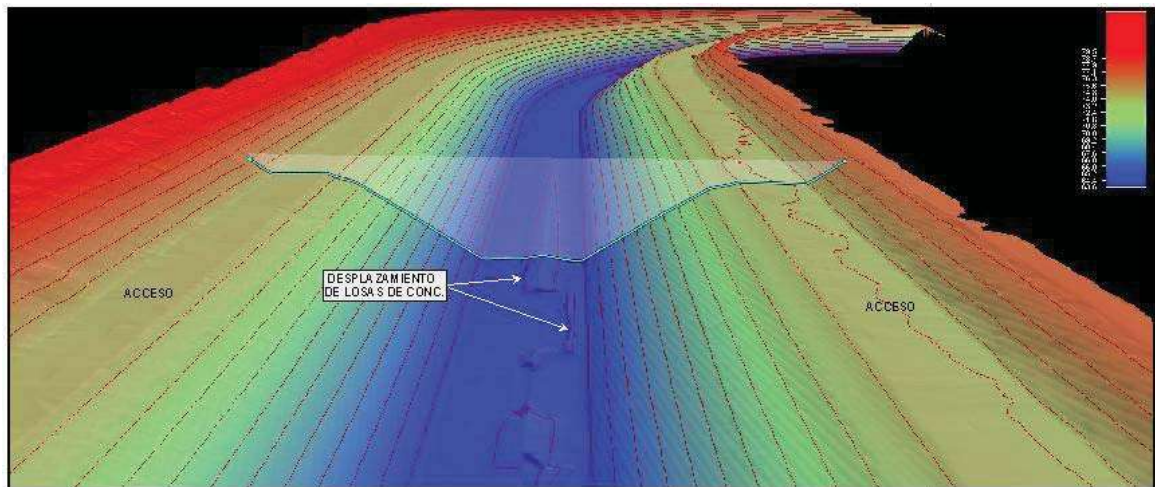
Batimetría de plantilla de acueducto de concreto



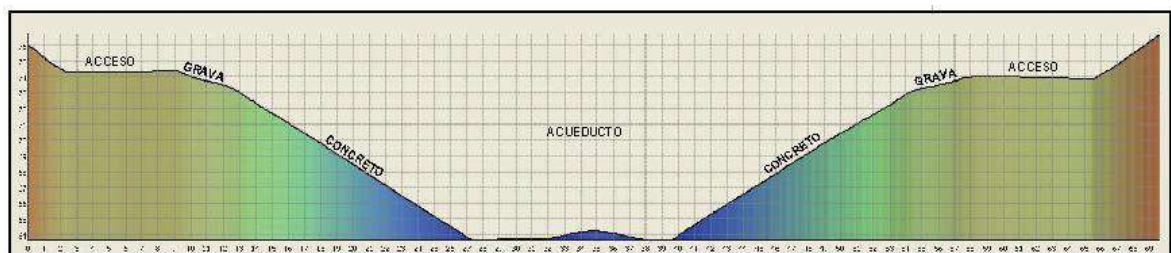
Detalle de losas de concreto desplazadas



Sección Transversal A-A'



Vista Isométrica de acueducto mostrando losas de concreto desplazadas



Sección Transversal mostrando Batimetría – Topografía de Acueducto



CAPITULO 9. IMÁGENES DEL AREA DE TRABAJO



Modelo Renderizado del Puerto de Dana Point



Nube de Puntos mostrando Batimetría y Topografía



CAPITULO 10. BIBLIOGRAFIA

Normas de la OHI (Organización Hidrográfica Internacional) para Levantamientos Hidrográficos

5ª Edición, Febrero 2008 – Publicación Especial No 44

http://www.iho-ohi.net/iho_pubs/standard/S-44_5S.pdf

Manual de Levantamientos Hidrográficos – Engineering and Design – Hydrographic Surveying

USACE - Enero 1, 2002

<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-2-1003/toc.htm>

Manual de Levantamientos Hidrográficos Hypack - Hypack Hydrographic Survey Manual

Hypack 2010

<http://support.hypack.com/support/index.php?/Knowledgebase/List/Index/24>

Consejo Profesional Nacional de Topografía – Documento de Consulta

<http://www.cpnt.org/nota.php?id=12>

Manual de levantamientos Hidrográficos – Hydrographic Manual National Ocean Service

4ª Edición – 1976

http://www.nauticalcharts.noaa.gov/hsd/hydro_manual.html

Manual de Procedimientos de Campo para levantamientos Hidrográficos – Field Procedures

Abril, 2010

<http://www.nauticalcharts.noaa.gov/hsd/fpm/fpm.htm>



CAPITULO 11. APENDICES



A INFORMACION DE VERTICES GEODESICOS

PAIS: U.S.A.	TIPO DE PLACA: Disco de Aluminio de 6 cm	NOMBRE DE ESTACION: Basin	
UBICACION: Dana Point, California	DESCRIPCION EN PLACA: BASIN 1987	DEPENDENCIA: Dpto. de Topografía, Condado de Orange	ELEVACION: 4.912 M
LATITUD: 33° 27' 34.5402" N	LONGITUD: 117° 42' 15.1685" W	DATUM: NAD 83 época 2004.0	DATUM: MLLW época 83-01
(NORTE) 644332.229 M	(ESTE) 1864818.298 M	ZONA DE COORDENADAS: CA Zone 6	ESTABLECIDA POR (DEPENDENCIA): USACE
(NORTE) 2113946.65 FT	(ESTE) 6118158.03 FT	ZONA DE COORDENADAS: CA Zone 6	FECHA: Septiembre 2006
			CLASE: 3 rd

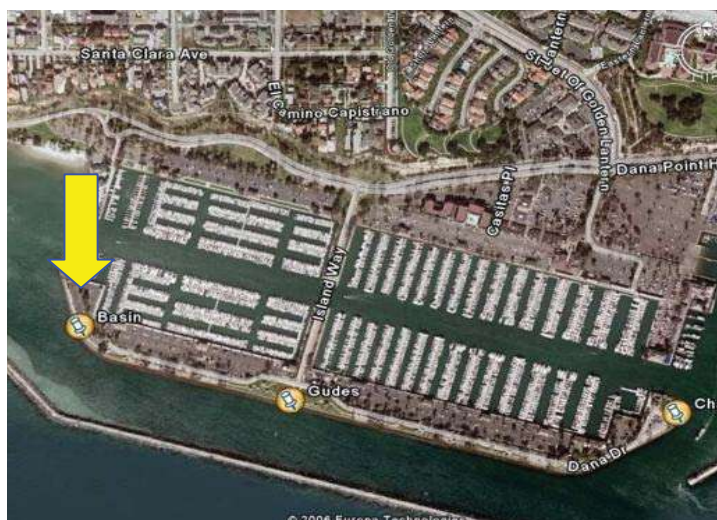
OBJETO	AZIMUT O DIRECCION (GEOGRAFICO)(PLANO)(MAGNETICO)	CONTRAZIMUT	DISTANCIA GEOGRAFICA. (METROS)(PIES)	DISTANCIA PLANA. (METROS)(PIES)

UBICACION DE ESTACION:: DANA POINT , ORANGE , CALIFORNIA .
 (CIUDAD) (CONDADO) (ESTADO)

PARA ENCONTRAR ESTA ESTACION: De la autopista I-5 Sur, salir en Pacific Coast Highway, dar hacia la derecha en primer alto, continuar por 1.5 km hasta la intersección con Dana Point Harbor Dr., dar hacia la izquierda y continuar por 1.1 km hasta la intersección con Island Way, dar hacia la izquierda, continuar hasta la intersección con Dana Dr., dar hacia la derecha y continuar hasta el estacionamiento ubicado en la parte final de dicha calle.

LA ESTACION ESTA UBICADA: en mitad de la acera, cerca de la parte sur del estacionamiento.

LA ESTACION ES: Disco de Aluminio de 6 cm



DA

FORM
1 OCT 64

1959

REPLACES DA FORMS 1959
AND 1960, 1 FEB 57, WHICH
ARE OBSOLETE.

DESCRIPTION OR RECOVERY OF HORIZONTAL CONTROL STATION
For use of this form, see TM 5-237; the proponent agency is TRADOC

PAIS: U.S.A.	TIPO DE PLACA: Disco de Aluminio de 6 cm	NOMBRE DE ESTACION: Gudes	
UBICACION: Dana Point, California	DESCRIPCION EN PLACA: GUDES 2003	DEPENDENCIA: NGS	ELEVACION: 4.927 M
LATITUD: 33° 27' 29.6259" N	LONGITUD: 117° 42' 00.2201" W	DATUM: NAD 83 época 2004.0	DATUM: MLLW época 83-01
(NORTE) 644175.471 M	(ESTE) 1865202.163 M	ZONA DE COORDENADAS: CA Zone 6	ESTABLECIDA POR (DEPENDENCIA): USACE
(NORTE) 2113432.36 FT	(ESTE) 6119417.43 FT	ZONA DE COORDENADAS: CA Zone 6	FECHA: Septiembre 2006
		CLASE: 3 rd	

OBJETO	AZIMUT O DIRECCION (GEOGRAFICO)(PLANO)(MAGNETICO)	CONTRAZIMUT	DISTANCIA GEOGRAFICA. (METROS)(PIES)	DISTANCIA PLANA. (METROS)(PIES)

UBICACION DE ESTACION::

DANA POINT

(CIUDAD)

,

ORANGE

(CONDADO)

,

CALIFORNIA

(ESTADO)

PARA ENCONTRAR ESTA ESTACION: De la autopista I-5 Sur, salir en Pacific Coast Highway, dar hacia la derecha en primer alto, continuar por 1.5 km hasta la intersección con Dana Point Harbor Dr., dar hacia la izquierda y continuar por 1.1 km hasta la intersección con Island Way, dar hacia la izquierda, continuar hasta la intersección con Dana Dr.

LA ESTACION ESTA UBICADA: en la parte Suroeste del patio de ladrillo donde se encuentra la estatua de Richard Dana.

LA ESTACION ES: Disco de Aluminio de 6 cm



PAIS: U.S.A.	TIPO DE PLACA: Disco de Aluminio de 6 cm	NOMBRE DE ESTACION: Charles	
UBICACION: Dana Point, California	DESCRIPCION EN PLACA: CHARLES 1962-93	DEPENDENCIA: Dpto. de Topografía, Condado de Orange	ELEVACION: 3.833 M
LATITUD: 33° 27' 28.7786" N	LONGITUD: 117° 41' 32.6718" W	DATUM: NAD 83 época 2004.0	DATUM: MLLW época 83-01
(NORTE) 644139.502 M	(ESTE) 1865913.114 M	ZONA DE COORDENADAS: CA Zone 6	ESTABLECIDA POR (DEPENDENCIA): USACE
(NORTE) 2113314.35 FT	(ESTE) 6121749.94 FT	ZONA DE COORDENADAS: CA Zone 6	FECHA: Septiembre 2006
			CLASE: 3 rd

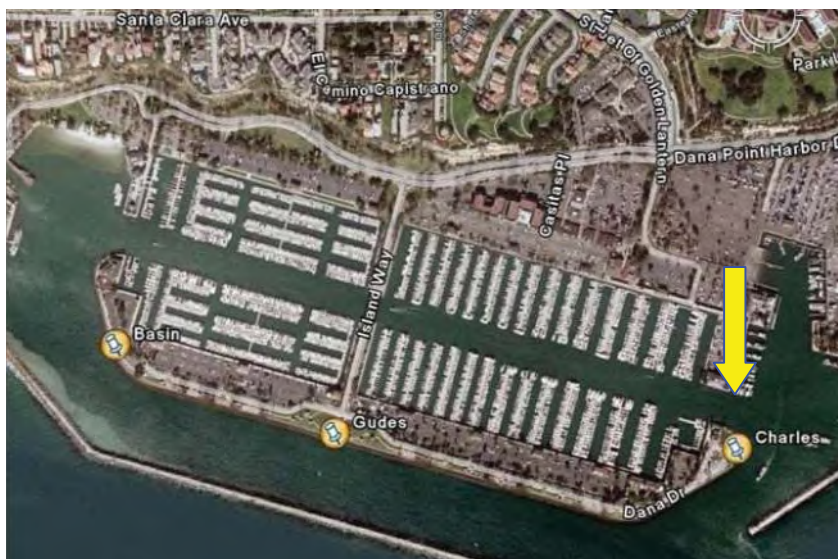
OBJETO	AZIMUT O DIRECCION (GEOGRAFICO)(PLANO)(MAGNETICO)	CONTRAZIMUT	DISTANCIA GEOGRAFICA. (METROS)(PIES)	DISTANCIA PLANA. (METROS)(PIES)

UBICACION DE ESTACION:: DANA POINT , ORANGE , CALIFORNIA .
(CIUDAD) (CONDADO) (ESTADO)

PARA ENCONTRAR ESTA ESTACION: De la autopista I-5 Sur, salir en Pacific Coast Highway, dar hacia la derecha en primer alto, continuar por 1.5 km hasta la intersección con Dana Point Harbor Dr., dar hacia la izquierda y continuar por 1.1 km hasta la intersección con Island Way, dar hacia la izquierda, continuar hasta la intersección con Dana Dr., dar hacia la izquierda y continuar hasta el estacionamiento de policía del puerto ubicado en la parte final de dicha calle.

LA ESTACION ESTA UBICADA: en mitad de la acera, directamente al este del astabandera.

LA ESTACION ES: Disco de Aluminio de 6 cm



DA

FORM
1 OCT 64

1959

REPLACES DA FORMS 1959
AND 1960, 1 FEB 57, WHICH
ARE OBSOLETE.

DESCRIPTION OR RECOVERY OF HORIZONTAL CONTROL STATION
For use of this form, see TM 5-237; the proponent agency is TRADOC



B CLASIFICACION DE LEVANTAMIENTOS BATIMETRICOS Y TABLAS DE ESTANDARES DE CONTROL DE CALIDAD USACE - OHI

Orden Especial - El uso de este orden se destina para aquellas áreas donde es crítica la separación entre la quilla de las embarcaciones y el fondo marino (quilla-fondo). Donde esta separación es crítica se requiere una búsqueda completa del fondo y el tamaño de los rasgos a ser detectados por esta búsqueda se mantienen deliberadamente pequeño. Puesto que la separación de la quilla-fondo es crítica, se considera inverosímil que los levantamientos de orden especial sean conducidos en aguas más profundas de 40 metros. Los ejemplos de las áreas que pueden justificar levantamientos de orden especial son: áreas de atraque, puertos, y áreas críticas de canales de navegación.

Orden 1a – Este orden se destina para aquellas áreas donde el mar es suficientemente poco profundo como para permitir que rasgos naturales o artificiales en el fondo marino constituyan una preocupación para el tráfico marítimo esperado que transite el área, pero donde la separación quilla–fondo es menos crítica que para el Orden Especial. Donde puedan existir rasgos artificiales o naturales que sean de preocupación para la navegación, se requiere una búsqueda completa del fondo marino, no obstante el tamaño de la característica a ser detectada es más grande que para el Orden Especial. En donde la separación quilla-fondo llega a ser menos crítica a medida que la profundidad aumenta, el tamaño de la característica a ser detectada por la búsqueda completa del fondo marino también es incrementada a partir de aquellas áreas donde la profundidad es mayor de 40 metros.

Orden 1b – Este orden es apropiado para áreas menos profundas que 100 metros, donde una descripción general del fondo marino es adecuada para el tipo de embarcaciones que se espera transiten por el área. No se requiere una búsqueda completa del fondo marino, lo que significa que algunos rasgos pueden ser perdidos, aunque el máximo espaciamiento entre líneas permisibles limitara el tamaño de los rasgos que probablemente permanecerán in-detectados. Este Orden de levantamiento se recomienda solamente donde la separación quilla-fondo no sería considerado un problema. Un ejemplo sería un área donde las características del fondo son tales que la probabilidad de que exista un rasgo artificial o natural en el fondo marino que represente un peligro para la navegación esperada en el área se bajo.

Orden 2 – Este orden es el menos riguroso y se destina para aquellas áreas donde la profundidad es tal que una descripción general del fondo marino se considera adecuada. No se requiere una búsqueda completa del fondo marino. Se recomienda que los levantamientos de Orden 2 estén limitados para áreas más profundas que 100 metros, ya que una vez que la profundidad excede los 100 metros, la existencia de rasgos artificiales o naturales que sean lo suficientemente grandes como para afectar a la navegación y que todavía permanezcan in-detectados por un levantamiento de orden 2, se considera improbable.

Las tablas siguientes muestran los estándares mínimos para levantamientos batimétricos tanto del **USACE** (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos) así como de **OHI** (Organización Hidrográfica Internacional), podemos notar que las normas de USACE son más rígidas que las de OHI. Este trabajo está basado en las normas del primero.

Estándar Mínimo de Control de Calidad para Levantamientos Batimétricos
Clasificación de Levantamiento – Navegación y Dragado – Orden Especial
Prueba de Rendimiento – Manual de USACE – TABLA 3-1

		Clasificación de Fondo		Otros levantamientos y estudios generales
		Fondo rígido	Fondo suave	
Profundidad resultante (95%) nivel de confianza				
<u>Sistema</u>	<u>Profundidad</u>			
Mecánico	(d < 4.5 m)	± 0.076 m	± 0.076 m	± 0.15 m
Acústico	(d < 4.5 m)	± 0.15 m	± 0.15 m	± 0.30 m
Acústico	(4.5 > d < 12 m)	± 0.30 m	± 0.30 m	± 0.60 m
Acústico	(d > 12 m)	± 0.30 m	± 0.60 m	± 0.60 m
Tamaño mínimo de detección de rasgo (95%) nivel de confianza		0.5 m	1.0 m	No aplicable
Precisión de sistema de posicionamiento horizontal (95%) nivel de confianza		< 2.0 m	2.0 m	a = 1.0m b = 0.023

Criterio	Clasificación de Fondo		Notas
	Fondo rígido	Fondo suave	
Efectuar calibración	1 / proyecto	1 / proyecto	Se deberá realizar una prueba al comienzo de cada proyecto, y periódicamente durante proyectos largos
Realizar comparación con batimetrías obtenidas con otro sistema acústico	periódicamente	periódicamente	El intervalo de tiempo entre pruebas dependerá de la consistencia entre resultados.
Ubicación de prueba	Lugar del proyecto	Lugar del proyecto	
Realizar pruebas durante misma y diferente fase de marea	Recomendable	Recomendable	Las pruebas deberán ser realizadas durante la misma, y diferentes fases de mareas para detectar la presencia de sesgos en los modelos de marea.
Máximos valores extremos en comparación de datos	0.30 m 1 ft	0.30 m 1 ft	
Máxima área de celda por punto individual para comparación de datos	0.30 m ² 1 ft ²	0.30 m ² 1 ft ²	Utilizar profundidad promedio por cuadro en la superficie de referencia
Máxima media admisible de sesgo entre juegos de datos	< 0.03 m < 0.1 ft	< 0.061 m < 0.2 ft	La máxima media de sesgo obtenido entre la comparación de datos no deberá exceder las tolerancias indicadas
Precisión de elevación/profundidad resultante	±0.15 m ±0.5 ft	±0.15 m ±0.5 ft	Desviación estándar (95% nivel de confianza) obtenido de la Prueba de Rendimiento

Criterio	Clasificación de Fondo		Notas
	Fondo rígido	Fondo suave	
Verificación de calidad de posicionamiento	1 / día	1 / proyecto	Calibración obligatoria (Tabla 3-1) Verificar con puntos establecidos, diferentes sistemas de posicionamiento
Obtención de perfiles de velocidad de sonido en la columna de agua	2 / día	2 / día	Perfiles de velocidad se deben obtener a intervalos indicados. Se deben tomar directamente en el área de trabajo y con una densidad que la columna de agua este debidamente definida
Traslape de Barridos	50%	10%	
Velocidad máxima durante las operaciones de adquisición de datos	2-5 nudos	5-10 nudos	Las velocidades máximas son recomendadas para garantizar la integridad de datos y minimizar los errores causados por latencia.
Medición de distancias relativas de sensores	0.015 m 0.05 ft	0.015 m 0.05 ft	Estas mediciones se deberán hacer al momento de instalación de sensores, o en el caso de reemplazar alguno de ellos.
Precisión de calibración del sistema de navegación inercial – cabeceo, balanceo, y guiñada	Balanceo – 0.1° Cabeceo - 1° Guiñada - 1° Latencia – 0.1 seg.		Basado en experiencia, la calibración para la obtención de estas correcciones angulares deberá hacerse basada en la obtención de varias muestras.
Precisión de correcciones por desplazamiento vertical – alteada	0.061 m 0.2 ft	0.061 m 0.2 ft	
Frecuencia de ecosonda acústica Opción	200 KHz (200 – 500 KHz)	200 KHz (200 – 500 KHz)	El USACE recomienda una frecuencia de 200 KHZ en proyectos de navegación, sin embargo sistemas de diferentes frecuencias pueden ser usados opcionalmente para una mejor definición del fondo marino.
Archivos digitales y/o registros de profundidades análogas	Guardados en disco duro	Guardados en disco duro	Los archivos completos de datos crudos deberán ser guardados igualmente.
Máxima área por punto individual	1 m ²	1.5 m ²	Deberá especificarse el origen de la coordenada X - Y
Selección de profundidad – el método utilizado deberá ser representativo de las profundidades contenidas en la celda	Promedio de profundidades en celda de 1x1	Promedio de profundidades en celda de 1.5 x 1.5	La profundidad promedio deberá localizarse en centro de la celda

NORMAS OHI

Estándar Mínimo para Levantamientos Hidrográficos
(Para ser leído en conjunto con el texto completo de NORMAS DE LA OHI)

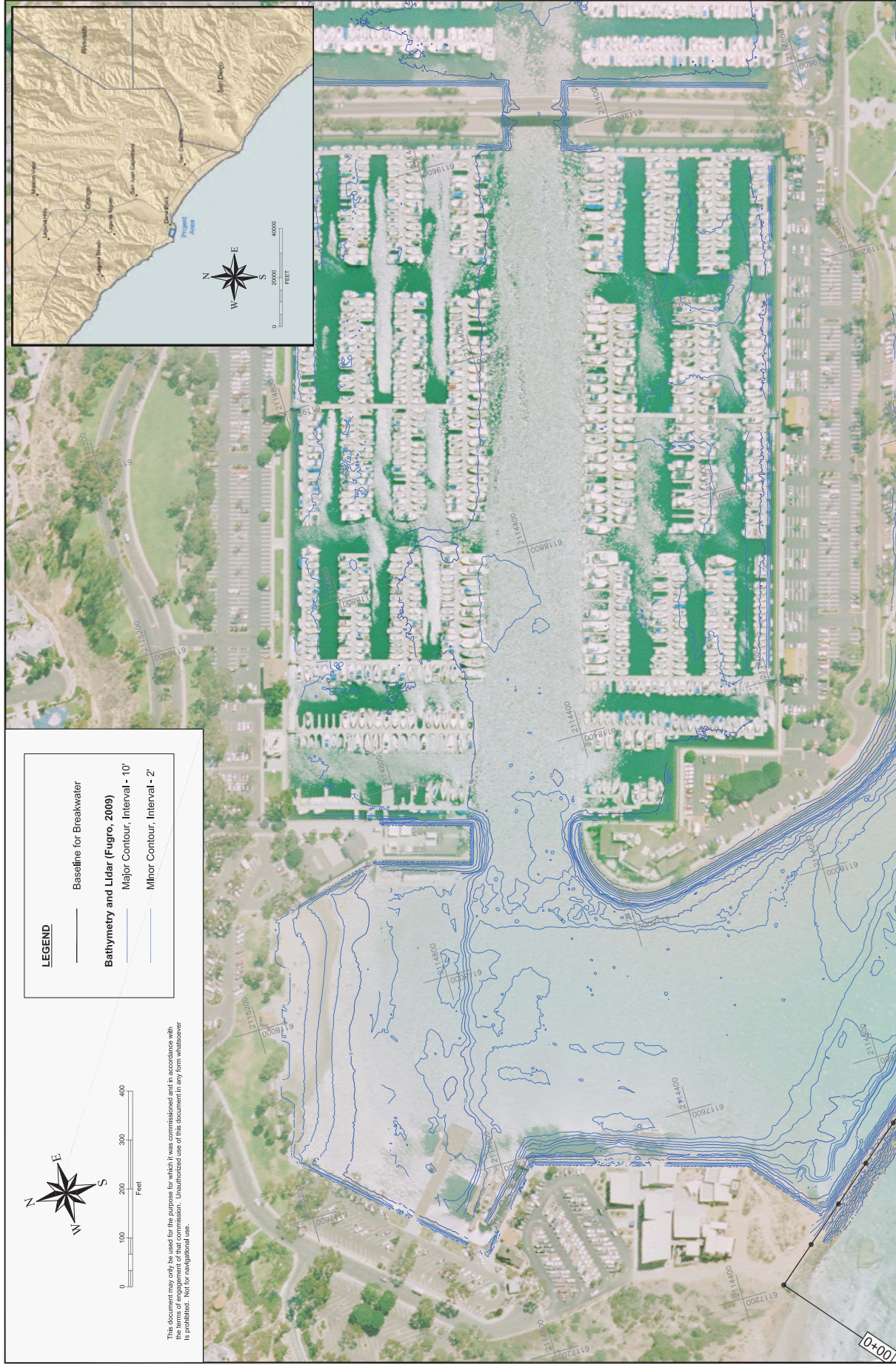
Referencia	Orden	Especial	1a	1b	2
Capítulo 1	Descripción de aéreas	Aéreas donde la separación de quilla-fondo es crítica	Áreas de profundidades <100m donde la separación de Quilla-fondo es menos crítica	Áreas de profundidades <100m donde la separación de quilla-fondo no se considera de interés	Áreas de profundidades >100m
Capítulo 2	Máximo THU permitido 95% Nivel de confianza	2 metros	5 metros + 5% de profundidad	5 metros + 5% de profundidad	20 metros + 5% de profundidad
Para 3.2 y nota 1	Máximo TVU permitido 95% nivel de confianza	a = 0.25m b=0.0075	a = 0.5m b = 0.013	a = 0.5m b = 0.013	a = 1.0m b = 0.023
Glosario y nota 2	Cobertura completa del fondo marino	Requerido	Requerido	No requerido	No requerido
Para 2.1 Para 3.4 Para 3.5 Y nota 3	Detección de rasgos	Rasgos cúbicos > 1 m	Rasgos cúbicos >2m	No aplicable	No aplicable
Para 3.6 Y nota 4	Máximo espaciamiento entre líneas principales	No requerido ya que se requiere de cobertura completa del fondo marino	No requerido ya que se requiere de cobertura completa del fondo marino	3 x profundidad promedio o 25 metros. Cualquiera que sea mayor	

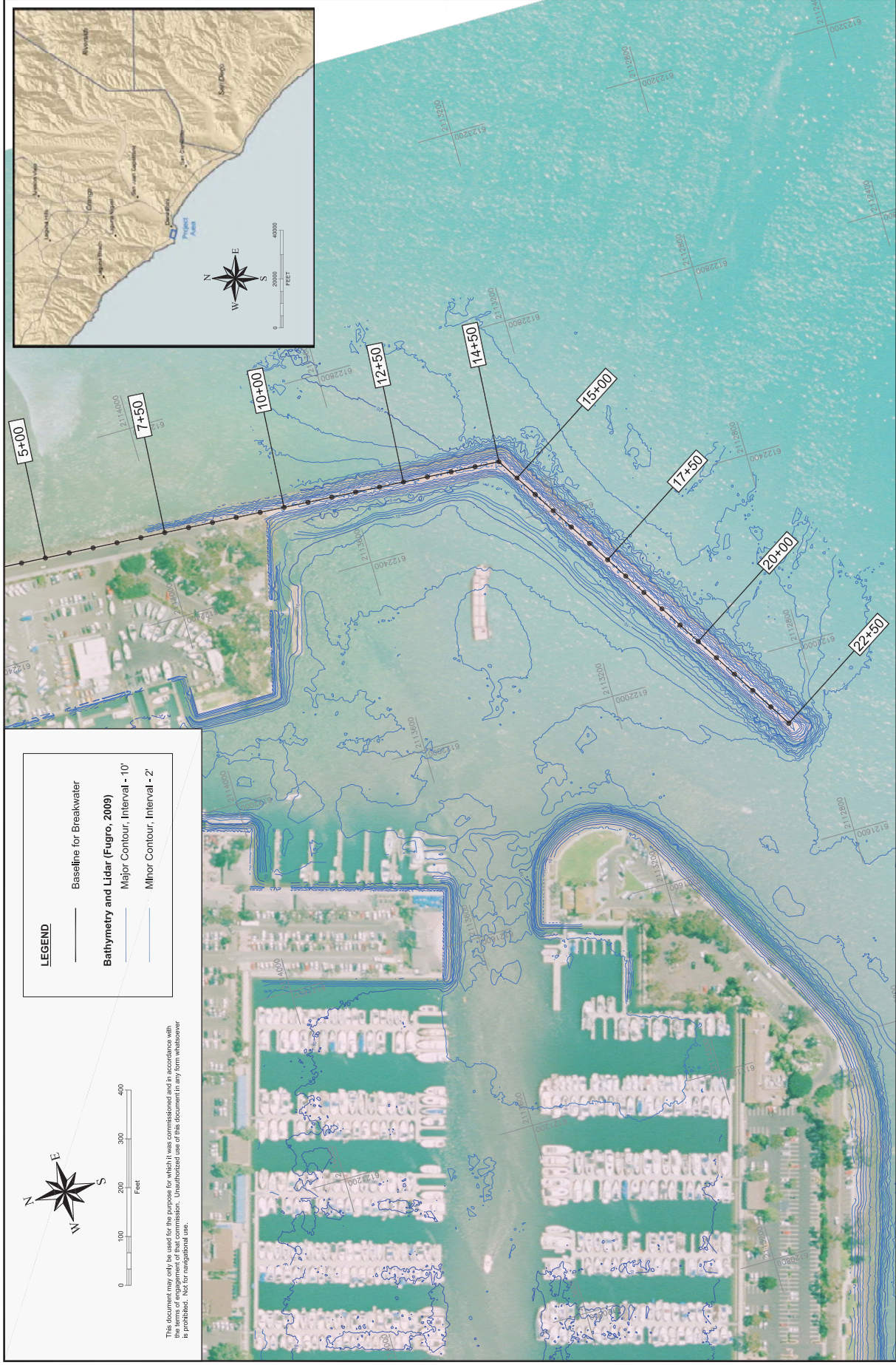


C PLANOS BATIMETRICOS-TOPOGRAFICOS, PERFILES LONGITUDINALES Y SECCIONES TRANSVERSALES.



This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms and conditions of the contract. Unauthorised use of this document in any form whatsoever is prohibited. Not for navigational use.





LEGEND

———— **Baseline for Breakwater**

Bathymetry and Lidar (Fugro, 2009)

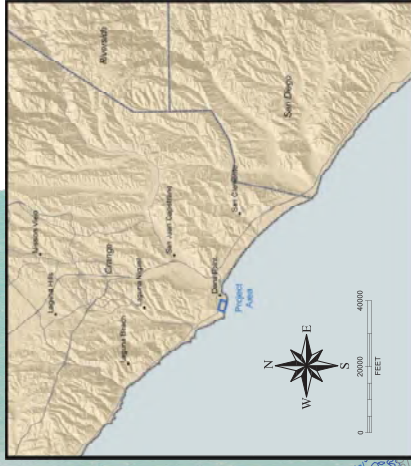
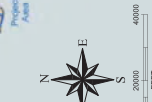
Major Contour, Interval - 10'

○

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement of that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited. Not for navigational use.



10



Tuscani
4820 McGrath Street, Ste. 100
Ventura, CA 93003
Tel: (805) 650-7000
Fax: (805) 658-6679



Noble
CONSULTING, INC.



US Army Corps
of Engineers®
Los Angeles District

[illegible]

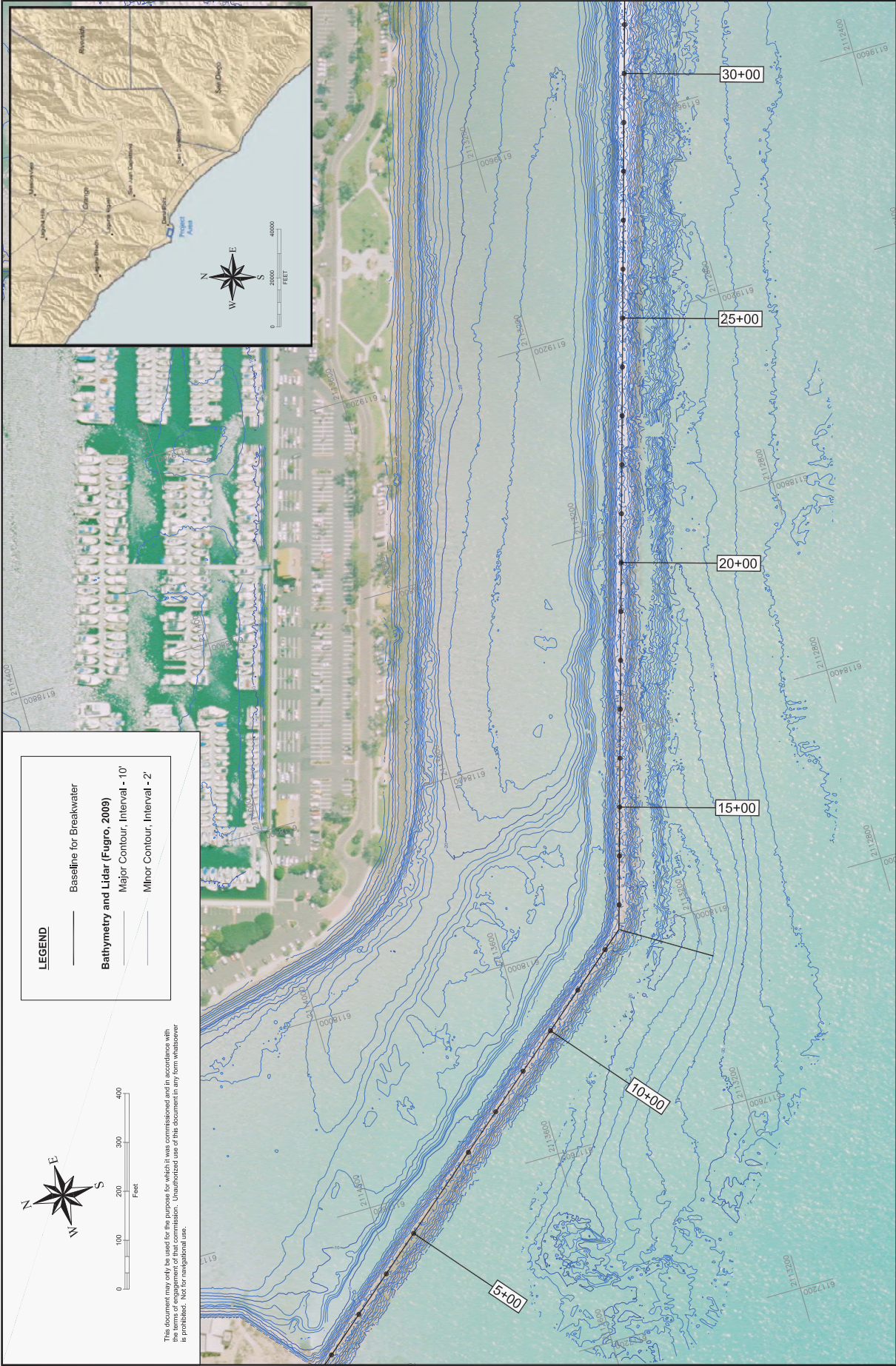
DATE:	
SOLICITATION NO.:	
CONTRACT NO.:	
FILE NUMBER:	

DESIGNED BY:	DRAWN BY: B. Egan	SUBMITTED BY:
	CKD BY: J. Canchares	
PLOT SCALE:	I = 100'	SIZE:
PLOT DATE:	3-25-10	FILE NAME:

US ARMY CORPS OF ENGINEERS
LOS ANGELES DISTRICT
LOS ANGELES, CALIFORNIA

BATHYMETRIC CONTOURS
USACE DANA POINT BREAKWATER
COMPREHENSIVE CONDITION SURVEY
Dana Point Harbor, California
October 2009

A3
SHEET 3 OF 6



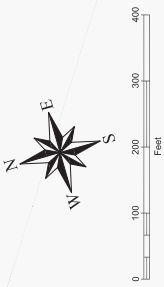
LEGEND

— Baseline for Breakwater

Bathymetry and Lidar (Fugro, 2009)

— Major Contour, Interval - 10'

— Minor Contour, Interval - 2'



This document may only be used for the purposes for which it was commissioned and in accordance with the terms and conditions of the contract. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited. Not for navigational use.

US Army Corps of Engineers
San Diego District
Los Angeles District

MARK	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

4820 McGowan Street, Ste. 100
Van Nuys, CA 91411
Tel: (818) 709-0000
Fax: (818) 709-0000

DATE	DESIGNED BY:	DRAWN BY:	CHECK BY:	IN CHARGE:	FILE NUMBER:	CONTRACT NO.:	SUBMITTAL NO.:

NOBLE CONSULTANTS, INC.
2210 Dapont Drive
Irvine, CA 92715-1515

US ARMY CORPS OF ENGINEERS
LOS ANGELES DISTRICT
LOS ANGELES, CALIFORNIA

NOBLE CONSULTANTS, INC.
2210 Dapont Drive
Irvine, CA 92715-1515

DATE: 10/1/2009
FILE NAME: 1009-0000-0000
PROJECT SCALE: 1" = 100'
SUBMITTED BY: 1009-0000-0000
DRAWN BY: 1009-0000-0000
CHECK BY: 1009-0000-0000
IN CHARGE: 1009-0000-0000

BATHYMETRIC CONTOURS
COMPREHENSIVE CONDITION SURVEY
Dana Point Harbor, California
October 2009

A4
SHEET 4 OF 6

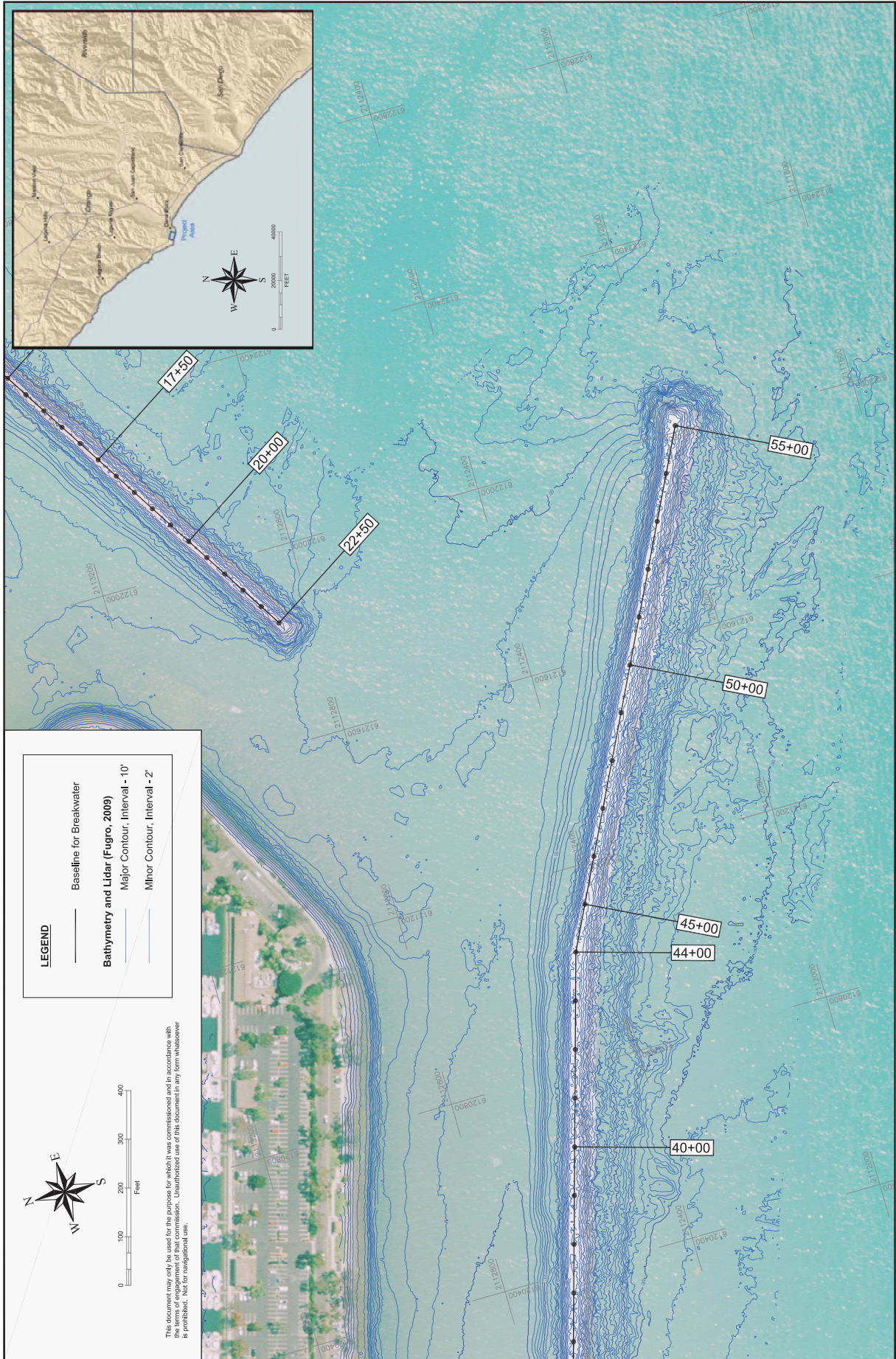
US ARMY CORPS OF ENGINEERS
LOS ANGELES DISTRICT
LOS ANGELES, CALIFORNIA
2210 Dupont Drive
Irvine, CA 92715-1515

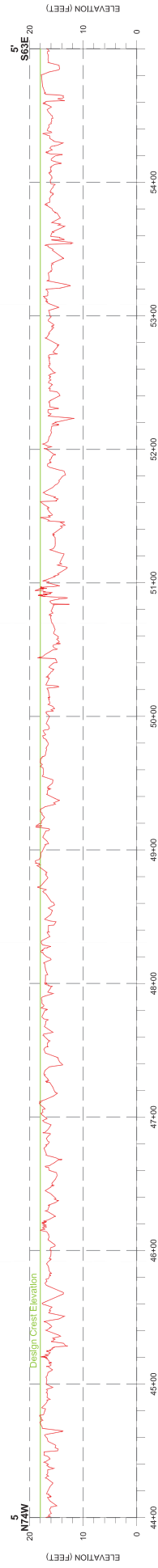
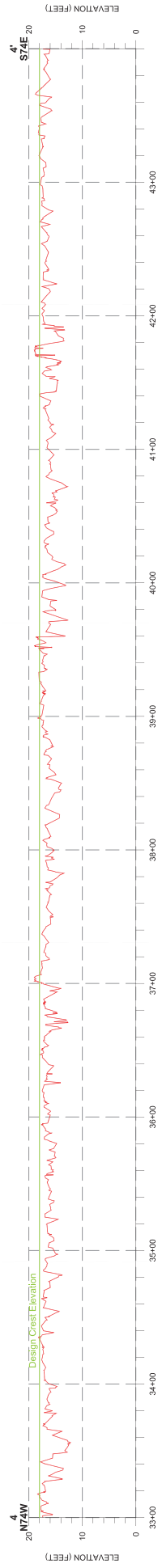
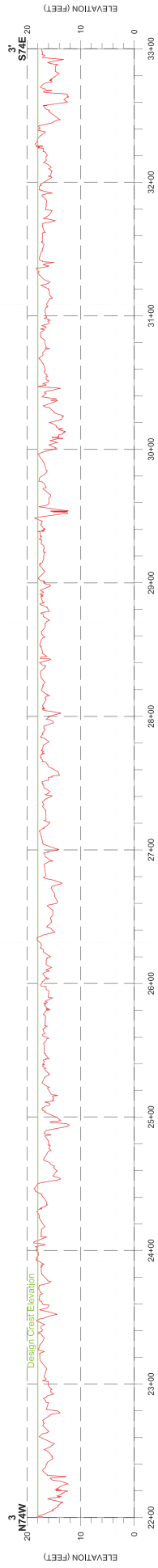
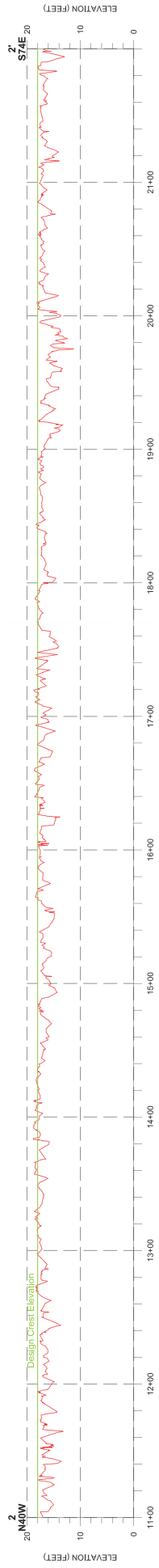
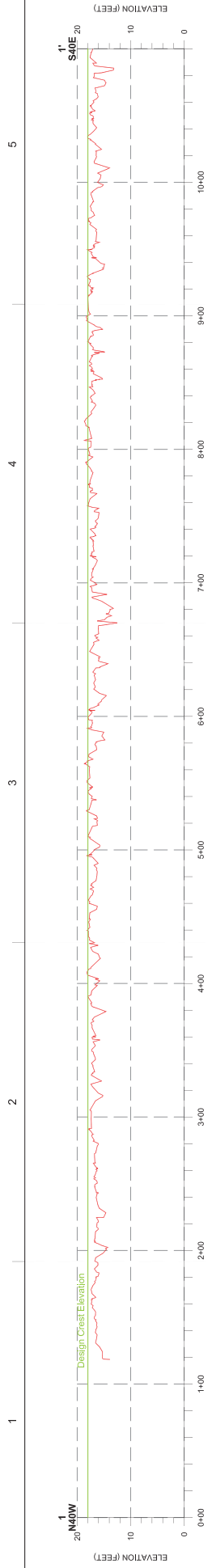
NOBLE CONSULTANTS, INC.
2210 Dupont Drive
Irvine, CA 92715-1515

DATE: 05/05/2009
DRAWN BY: J. Cantor
CHECK BY: J. Cantor
CONTRACT NO.:
SUBMITTAL NO.:
FILE NUMBER:
PROJECT NAME:
SCALE:
SHEET NO.:
TOTAL SHEETS:

USAGE DATA POINT BREAKWATER
COMPREHENSIVE CONDITION SURVEY
Dana Point Harbor, California
October 2009

BATHYMETRIC CONTOURS





NOTES:

1. HORIZONTAL AND VERTICAL POSITIONING ACHIEVED USING A KINEMATIC POS MV AND TRIMIR F 5700 GPS RECEIVER INTEGRATED WITH A HYPACK NAVIGATION PACKAGE

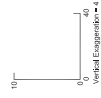
2 KONGSBERG GEOSWATH PLUS AND OPTech | BIS II DAB DATA WERE COLLECTED ON OCTOBER 20-24, 2008

3. BATHYMETRIC CONTOURS ARE IN FEET AND REFERENCED TO MEAN LOWER LOW WATER (MILLW) DATUM (1983-2001 EPOCH). PROJECT VERTICAL CONTROL IS BASED ON THE USACE CONTROL POINT DESIGNATED "CHARLES 1982-83" AS REQUIRED IN THE SCOPE OF WORK.

4. PUBLISHED ELEVATION OF "CHARLES" IS 12.57 FEET MLLW (1983-2001 EPOCH).

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement of that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited. Not for navigational use.

is prohibited. Not for navigational use.



LONGITUDINAL PROFILES 1.5
USACE DANA POINT BREAKWATER
COMPREHENSIVE CONDITION SURVEY
Dana Point Harbor, California
October 2009

B1

[illegible]

The McGraw-Hill Companies
 4820 McGraw Street, Ste. 100
 Ventura, CA 93003
 Tel: (805) 650-7000
 Fax: (805) 658-6679



NOBLE
CORPORATION

US ARMY CORPS OF ENGINEERS		LOS ANGELES DISTRICT		NOBLE CONSULTANTS, INC.		2210 Dupont Drive Suite 820 Ingle, CA 92715-1515	
DESIGNED BY:		DRAWN BY:	E. Egan	SUBMITTED BY:		FILE NUMBER:	ANISD D
DATE:		CAD BY:	L. Chambers	CONTRACT NO.:		PLOT DATE:	1" = 40'
SOLICITATION NO.:						FILE NAME:	Chart 1-1, Profile, Plot 1-1, 15-50

[illegible]

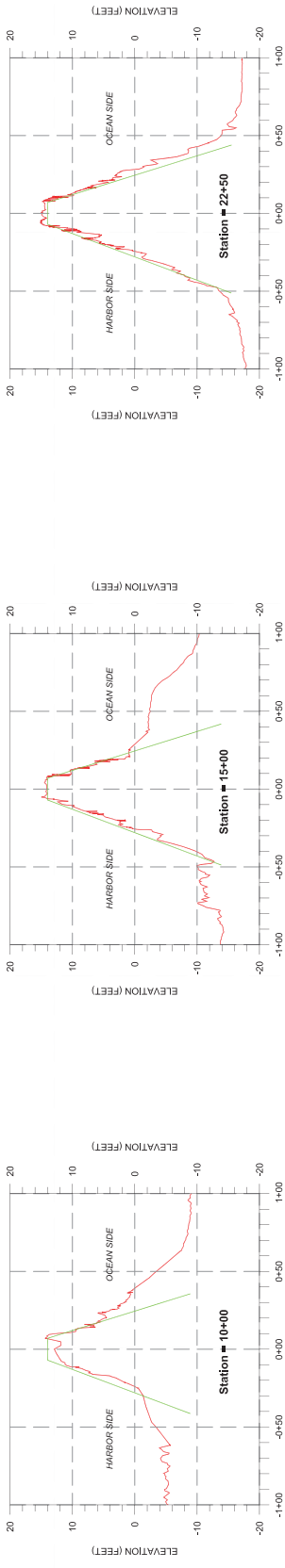
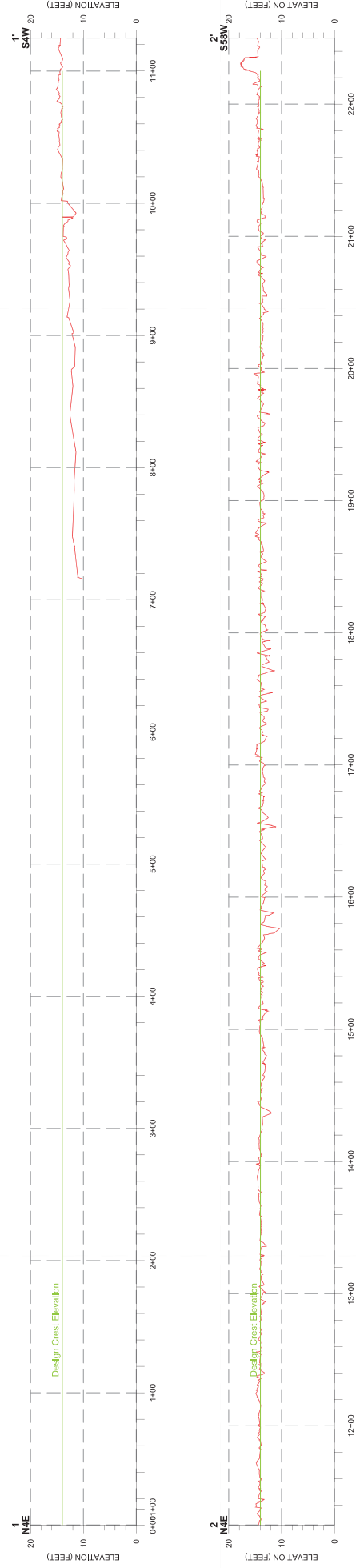
1221 Avenue of the Americas
 New York, NY 10020-1396
 Tel: (212) 512-2000
 Fax: (212) 512-2050



RAYMOND CORPS OF ENGINEERS LOS ANGELES DISTRICT LOS ANGELES, CALIFORNIA		JOSEPH CONSULTANTS, INC. 2210 Chapman Ave Suite 600 Irvine, CA 92715-1515	
DESIGNED BY: DR/AN BY: E. Carothers	SUBMITTED BY: CONTRACT NO.:	PLOT SCALE: $1" = 40'$	SIZE: 11x17 DATE: 01/15/2012
DATE:	SOLUTION NO.:	FILE NUMBER:	CLIENT NAME: Problem - 1011-1-2-2

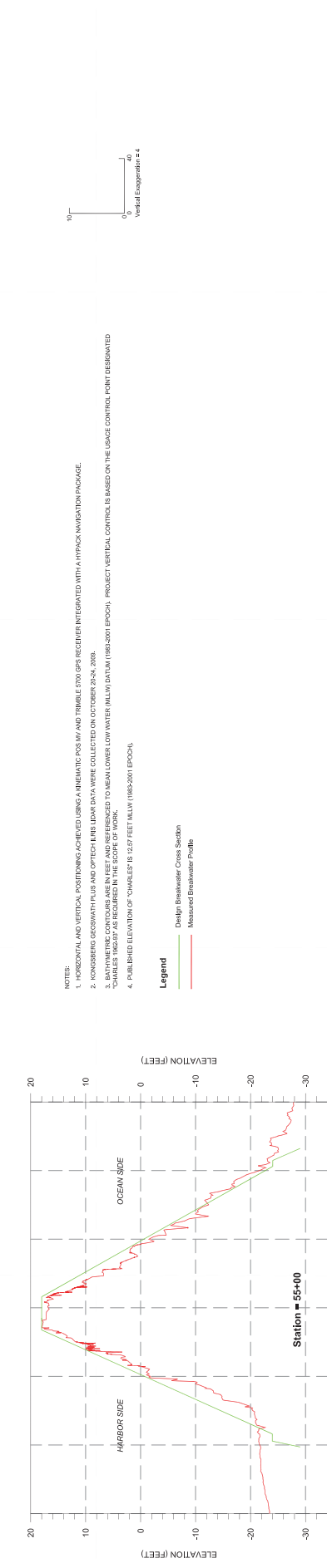
AGTUDINAL PROFILES AND CROSS SECTIONS
USACE DATA POINT BREAKWATER
COMPREHENSIVE CONDITION SURVEY
Data Point Harbor, California
October 2009

B2



NOTES:
HORIZONTAL AND VERTICAL POSITIONING ACHIEVED USING A KINEATIC POS MV AND TRIMBLE D70 GPS RECEIVER INTEGRATED WITH A HYPPACK NAVIGATION PACKAGE.
KONGSBERG GEOSWATH PLUS AND OPTIC LRS LIDAR DATA WERE COLLECTED ON OCTOBER 30-01, 2009.
BATHYMETRIC CONTOURS ARE IN FEET AND REFERENCED TO MEAN LOWER LOW WATER (MLLW) DATUM (1983-2001 EPOCH). PROJECT VERTICAL CONTROL IS BASED ON HANNAH 1980-83 AS REQUIRED IN THE SCOPE OF WORK.

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement of that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited. Not for navigational use.



Legend

Design Breakwater Cross Section

Measured Breakwater Profile

This document may only be used for the purpose for which it was commissioned and in accordance with the terms of engagement of that commission. Unauthorized use of this document in any form whatsoever is prohibited. Not for navigational use.



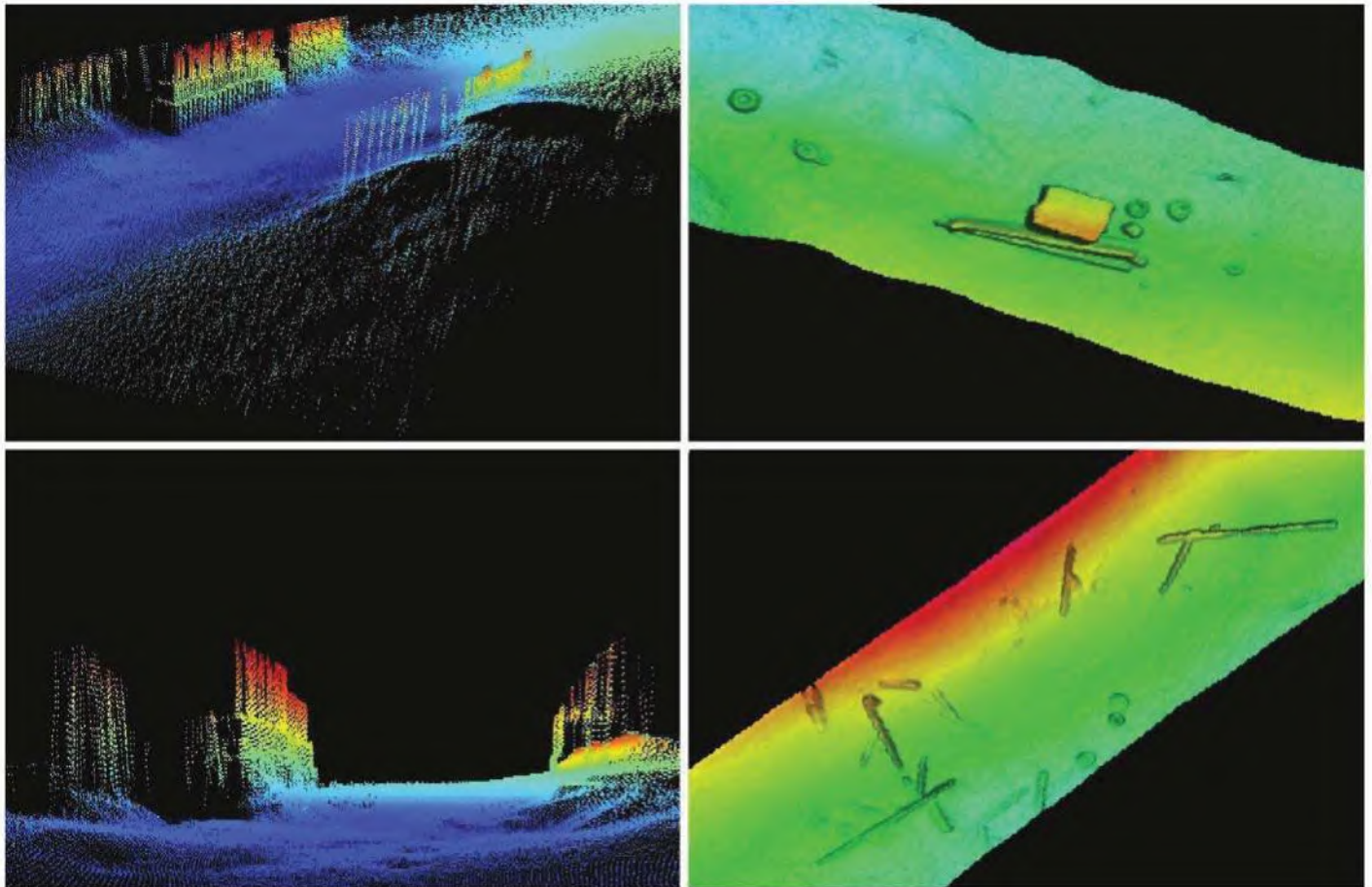
D ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DE TRABAJO

SONIC 2024

Multibeam Echo Sounder



The **first** wideband high resolution shallow water multibeam



Proven Results!

Overview

Sonic Series broadband / wideband multibeam echo sounders represent the latest in advanced underwater acoustic technology.

The Sonic 2024 is the world's first true wideband high resolution shallow water multibeam echo sounder. With proven results and unmatched performance, the Sonic 2024 produces reliable and remarkably clean data with maximum user flexibility through all range settings to 500m.

With over 20x selectable operating frequencies to choose from within the 200 to 400kHz band, the user is not limited by two or three operating frequencies and thus can trade off resolution and range and effectively control interference from other active acoustic systems.

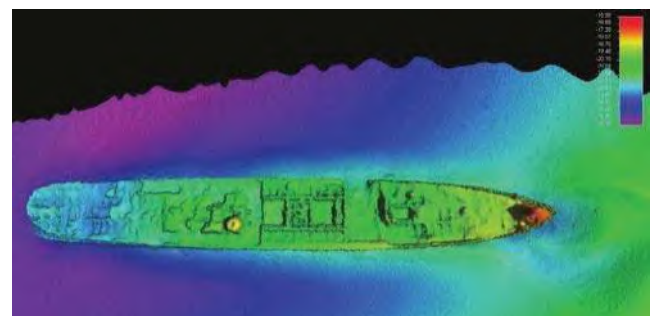
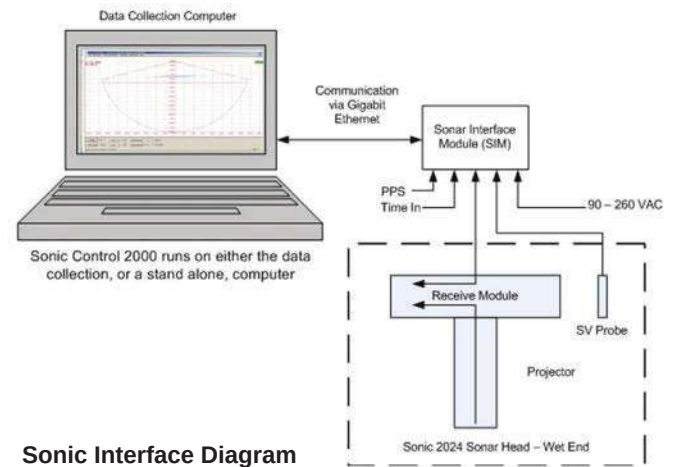
In addition to selectable operating frequencies, the Sonic 2024 provides variable swath coverage selections from 10° to 160° on the fly and across all frequencies from 200 to 400 kHz. No other high resolution, high frequency sonar offers such wide coverage and productivity.

When a narrow sector is selected, all soundings are concentrated within the swath for increased resolution over small scale bottom features. Wide swath sectors are typically used for general mapping or when surveying vertical surfaces such as quays, breakwaters, dams, pilings or bridge abutments as the increased opening angles eliminate need to rotate the sonar head.

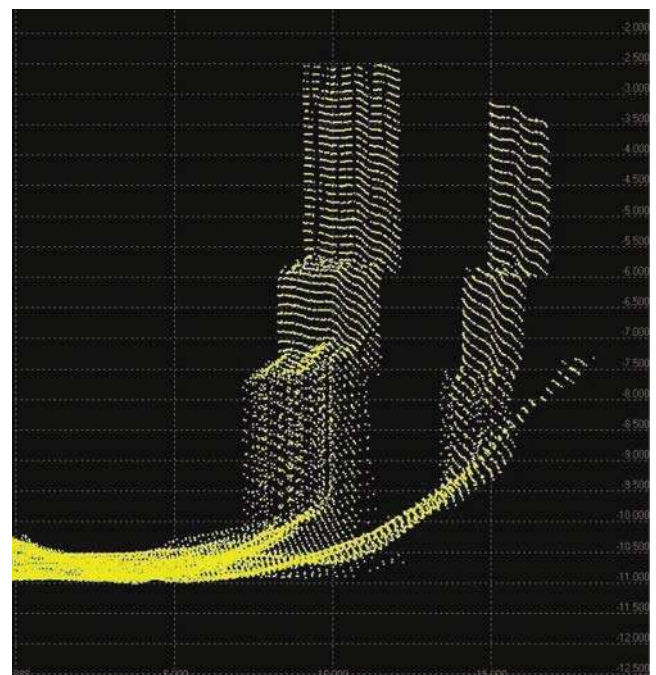
Sonic 2024 performance is characterized by low internal noise, high signal dynamic range and true broad band signal processing that suppress multi-bounce interference at greater beam angles.

Advanced functions including equidistant beam spacing, roll and pitch stabilization, and auto-ranging will all be released when the expanded data format accommodating these features is implemented. New enhanced firmware features may be easily downloaded in the field.

In addition, a optional steerable transmit projector upgrade is currently under development. With this option, customers will be able to select true multi-ping operation providing four simultaneous transmit pulses for 100% coverage at all ranges at increased survey speeds.



30° - 45° coverage, for increased resolution over bottom features



160° coverage, for mapping high up vertical surfaces

Components

Sonic Series systems represent new modern design and architecture, unencumbered by legacy designs.

The heavy, bulky and power consuming topside electronic components that characterize old multibeam echo sounder technology have been eliminated.

The sonar consists of three major components: a compact and lightweight projector, a receiver and a small dry side Sonar Interface Module (SIM). The extremely low power draw of <50W makes it possible to operate the system on vessel battery power (with DC/AC converter).

Unlike other commercial shallow water multibeam systems, all processing is embedded in the sonar receiver, dramatically increasing system efficiency. Third party auxiliary sensors are connected to the sonar interface module. The sonar data is tagged with GPS time.

The compact size, low weight, low power consumption <50W and elimination of separate topside processors make Sonic 2024 very well suited for small survey vessel or ROV/AUV operations. For AUV integration, apart from the transmit and receive transducer, the only hardware to be housed on the AUV is an interface board the size of a PC/104, Ethernet ports, and the provision of isolated 48V DC power.

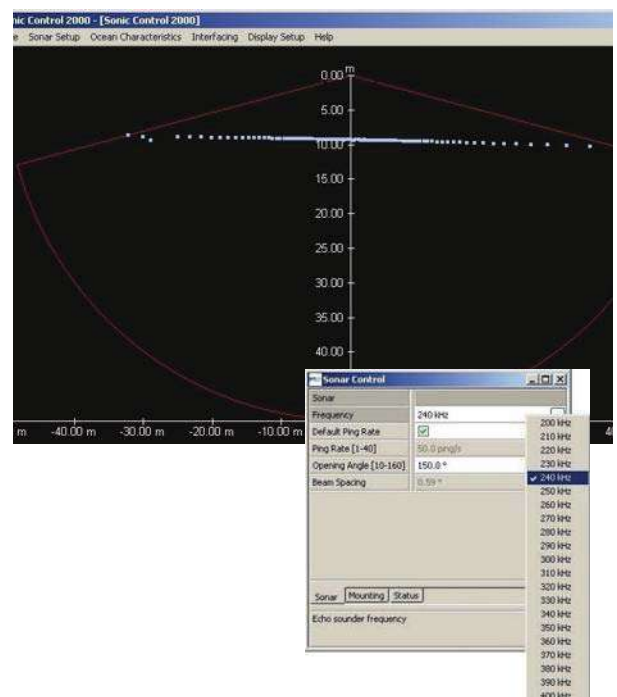


Operation

The sonar operation is controlled from a graphical user interface (GUI) on a PC or laptop, which is typically equipped with navigation, data collection and storage application software. The operator sets the sonar parameters in the sonar control window, while depth, imagery and other sensor data are captured and displayed by the application software.

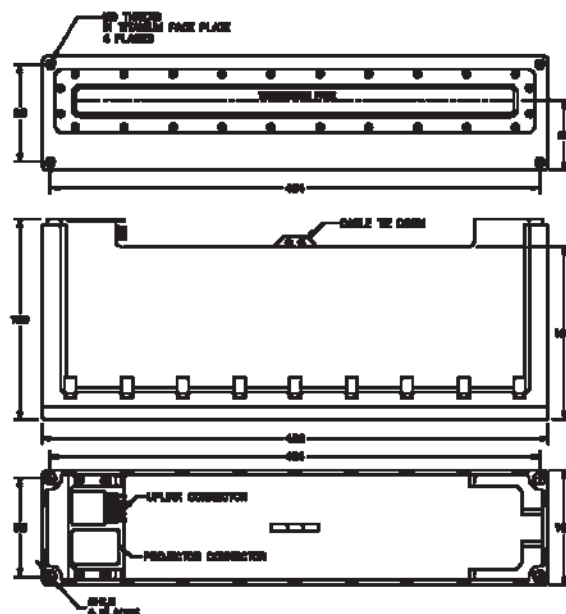
Commands are transmitted through an Ethernet interface to the Sonar Interface Module. The SIM supplies power to the sonar heads, synchronizes, time tags sensor data, and relays data to the application workstation and commands to the sonar head.

The receiver head decodes the sonar commands, triggers the transmit pulse, receives, amplifies, beamforms, bottom detects, packages and transmits the data through the SIM via Ethernet to the control PC.

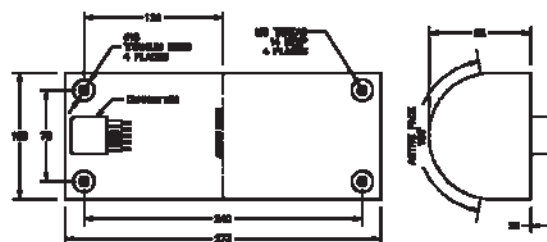


Technical Specifications

Frequency	200 to 400 kHz Over 20x frequency selections User selectable in real-time
Bandwidth	60 kHz, all frequency selections
Beamwidth	0.5° x 1° 0.5° x 0.5°** (w/steerable projector)
Swath Sector	10° to 160° All frequency selections User selectable in real-time
Max Range Setting	500m
Max Ping Rate	Up to 75 Hz
Range Resolution	1.25 cm, all frequency selections
Pulse Length	10µs-1ms
Number of Soundings per ping	256 equiangular/1300 equidistant 1024 equiangular/5200 equidistant (w/steerable projector)
Near-field Focusing	Yes, all beams, over entire swath
Equiangular or Equidistant beams	Yes*
Roll Stabilization	Yes*
Pitch Stabilization	Yes*
Multi-ping	Yes**, 4x simultaneous transmit pings w/steerable projector
Depth Rating	100m, 3000m optional
Operating Temp.	0°C to 50° C
Storage Temp.	-30°C to 55°C
Mains	90-260 VAC, 45-65Hz
Power Consumption	<50W
Uplink/Downlink	10/100/1000Base-T Ethernet
Deck Cable Length	15m, optional 25m, 50m
Receiver Dim (LWD)	480 x 109 x 190mm
Receiver Mass	12.9 kg
Projector Dim (LWD)	273 x 108 x 86mm
Projector Mass	3.3 kg
SIM (LWD)	280 x 170 x 60mm
SIM Mass	2.4 kg



Sonic 2024 Receiver



Sonic 2024 Projector

Sonar Options

Snippets Imagery Output
 Switchable Forward Looking Sonar Output
 Steerable Transmit Projector incl. Multi-ping Operation
 Mounting Frame & Hardware
 Over-the-Side Pole Mount Hardware
 Sound Velocity Probe & Profiler
 Extended Sonar Deck Cable, 25m or 50m
 3000m Immersion Depth
 * Available through firmware upgrade
 ** Available with steerable projector option

R2Sonic is engaged in continuous development and reserves the right to alter the specification without further notice.

1503-A Cook Place
 Santa Barbara, CA 93117
 USA

Telephone: +1-805-967-9192
 Fax: +1-805-967-8611
 www.r2sonic.com



OPTECH ILRIS 3-D Laser Scanner System



3-D Laser Scanning System designates the acquisition of 3D data by means of one or several laser scanners mounted on a mobile platform. The goal of dynamic laser scanning is the recording of 3D data of object surfaces by taking the following requirements into account:

- time-efficient data acquisition in expanded target areas
- automatic registration of 3D data in a common coordinate system
- high resolution and high accuracy of the registered data



Fugro's OpTech Dynamic Mobile Laser Scanning System comprises:

- An OpTech ILRIS 3-D **Laser Scanner**,
- an **IMU/GPS System** which measures the position and orientation of the mobile platform within the world geodetic system WGS84. The differential GPS System consists of a stationary base station and a so-called rover on the mobile platform
- a **Software** aimed at merging the geometric profile information (laser scan data) with the position and orientation data of the scanning platform
- a rigid and shock absorbing **Mobile Platform**
- Optional synchronized digital photo camera(s), mounted on the same platform



POS MV 320 E



Components

POS MV 320 E consists of three separate physical components:



POS Computer System (PCS): The PCS is configured for 19" rack mounting and for use with 110/230V AC power. The PCS contains firmware to perform all functions necessary to control the IMU and GNSS receivers, outputting data in the correct format to interface with other systems aboard the survey vessel. The processor software functions include the Strapdown Inertial Navigation Algorithm to compute velocity, roll, pitch and true heading from the accelerometer and gyro outputs, a Kalman filter that estimates long term drift in the inertial solution using aiding measurements from the GNSS receivers, and an error corrector that applies the Kalman Filter estimates to the strap-down navigator to continually calibrate the inertial sensor. The PCS also contains a GPS Azimuth Measurement Subsystem for computing true heading from carrier phase measurements output by the dual GNSS receivers. The processor firmware and software provide sensor calibration, and also fault detection, isolation and automatic reconfiguration.

Inertial Measurement Unit (IMU): The IMU contains 3 high quality gyroscopes and 3 high quality accelerometers. The IMU is entirely solid state for high reliability, and is housed in its own rugged, water and salt resistant case. Power for the IMU is provided by the PCS.

GNSS Sub-system: The GNSS subsystem is comprised of two antennas and two low noise, survey grade 72 channel GNSS receiver cards embedded in the PCS. The GNSS subsystem computes position to 0.02m with optional RTK, or 1m or better with standard differential corrections. Power for the GNSS antennas is provided by the PCS. The two GNSS antennas are also used by the Applanix proprietary GPS Azimuth Measurement Subsystem (GAMS), which provides heading aiding to the strap-down navigator by computing a Differential Carrier Phase solution to derive the heading of the baseline vector between the two antennas.

By integrating these components the POS MV 320 provides the functionality of a GNSS receiver, gyrocompass and conventional motion sensor in a single, user-friendly, turnkey solution.

Specifications

Accuracy (RMS)

Roll, Pitch accuracy:	0.01° RTK operations 0.02° C/A or Differential operations
Heading Accuracy:	0.01° with 4 m antenna baseline 0.02° with 2 m antenna baseline
Heave Accuracy:	5 cm or 5% (whichever is greater) for periods of ≤20 s
RTK Position Accuracy:	Horizontal: ±(10 mm + 1 ppm x baseline length) Vertical: ±(20 mm + 1 ppm x baseline length) RTK accuracies assume 1 m IMU-GNSS antenna offset
DGPS Position Accuracy:	0.5 – 2 m depending on quality of differential corrections

Accuracy During GNSS Outages (RMS)

Roll, Pitch accuracy:	0.02°
Heading accuracy degradation:	1° per hour (negligible for outages < 60 s)
Heave accuracy:	5 cm or 5% (whichever is greater) for periods of ≤20 s
Position accuracy degradation:	~ 6 m for 60 s total outages (DGNSS) ~ 3 m for 60 s total outages (RTK) ~ 2 m for 60 s total outages (post processed DGNSS) ~ 1 m for 60 s total outages (IAPPK)

Physical Characteristics

Size

IMU:	204 mm X 204 mm X 116 mm
PCS:	442 mm X 89 mm X 356 mm
	2.0U 19" Rack Mount
GNSS Antenna:	Ø165 mm X 76 mm

Weight

IMU:	3.5 kg
PCS:	5 kg
GNSS Antenna:	0.64 kg

Power

PCS:	AC 110/230 V, 50/60 Hz, Auto switching 80 W
IMU:	Power provided by PCS
GNSS Antennas:	Power provided by PCS

Environmental

Temperature Range (operating)

IMU:	0 °C to +55 °C
PCS:	0 °C to +55 °C
GNSS Antenna:	-40 °C to +70 °C

Temperature Range (storage)

IMU:	-40 °C to +85 °C
PCS:	-20 °C to +70 °C
GNSS Antenna:	-40 °C to +70 °C

Humidity / Ingress Protection

IMU:	IP67
PCS:	10-80% RH, non-condensing
GNSS Antenna:	100% humidity proof, fully sealed

Shock & Vibration

IMU Shock:	30 g, 11 ms
IMU Vibration:	10...2000 Hz 6.3 g RMS (endurance)
GNSS Antenna Shock:	MIL-STD-810-F 2 m drop onto concrete
GNSS Antenna Vibration:	MIL-STD-810-F on each axis

Trimble R8 GNSS Receiver



DATASHEET

TRIMBLE R8 GNSS RECEIVER

KEY FEATURES

- Advanced Trimble R-Track technology
- Unmatched GNSS tracking performance
- Includes Trimble Maxwell 6 chip with 220 channels
- Remote configuration and access
- Base and rover communications options to suit any application



The Trimble® R8 GNSS Receiver sets the new standard for full-featured GNSS (Global Navigation Satellite System) receiver technology. This integrated system delivers unmatched power, accuracy and performance in a rugged, compact unit.

ADVANCED TRIMBLE R-TRACK TECHNOLOGY

The Trimble R8 GNSS delivers the latest advancements in R-Track™ technology, designed to deliver reliable, precise positioning performance. In challenging areas for GNSS surveying, such as tree cover or limited sky view, Trimble R-Track provides unmatched tracking performance of GNSS satellite signals.

Trimble R-Track with Signal Prediction™ compensates for intermittent or marginal RTK correction signals, enabling extended precision operation after an RTK signal is interrupted.

The new CMRx communications protocol provides unprecedented correction compression for optimized bandwidth and full utilization all of the satellites in view, giving you the most reliable positioning performance.

Featuring the Trimble Maxwell™ 6 chip, the Trimble R8 GNSS advances the industry with more memory and more GNSS channels. Trimble delivers business confidence with a sound GNSS investment for today and into the future.

Broad GNSS Support

The Trimble R8 GNSS supports a wide range of satellite signals, including GPS L2C and L5 and GLONASS L1/L2 signals. In addition, Trimble is committed to the next generation of modernized GNSS configurations by providing Galileo-compatible products available for customers well in advance of Galileo system availability^{1,2}. In support of this plan, the new Trimble R8 GNSS is capable of tracking the experimental GIOVE-A and GIOVE-B test satellites for signal evaluation and test purposes.

FLEXIBLE SYSTEM DESIGN

The Trimble R8 GNSS receiver combines the most comprehensive feature set into an integrated and flexible system for demanding surveying applications. The Trimble R8 GNSS includes a built-in transmit/receive UHF radio,

enabling ultimate flexibility for rover or base operation. As a base station, the internal NTRIP caster provides you with customized access³ to base station corrections via the internet.

Trimble's exclusive, Web UI™ eliminates travel requirements for routine monitoring of base station receivers. Now you can assess the health and status of base receivers and perform remote configurations from the office. Likewise, you can download post-processing data through Web UI and save additional trips out to the field.

ENABLING THE CONNECTED SITE

Pair the speed and accuracy of the Trimble R8 GNSS receiver with flexibility and collaboration tools of Trimble Access™ software. Trimble Access brings field and office teams closer by enabling data sharing and collaboration in a secure, web-based environment. With optional streamlined workflows, Trimble Access further empowers surveyors and survey teams for success. Now it is easier than ever to realize the potential of the Trimble Connected Site. Connecting the right tools, techniques, services and relationships enables surveying businesses to achieve more every day.

¹ Galileo Commercial Authorization

Receiver technology having Galileo capability to operate in the Galileo frequency bands and using information from the Galileo system for future operational satellites is restricted in the publicly available Galileo Open Service Signal-In-Space Interface Control Document (GAL OS SIS ICD) and is not currently authorized for commercial use.

Receiver technology that tracks the GIOVE-A and GIOVE-B test satellites uses information that is unrestricted in the public domain in the GIOVE-A + B Navigation Signals-In-Space Interface Control Document. Receiver technology having developmental GIOVE-A and B capability is intended for signal evaluation and test purposes.

² For more information about Trimble and GNSS modernization, please visit http://www.trimble.com/srv_new_era.shtml.

³ Cellular modem required.



Trimble R8 GNSS Receiver



TRIMBLE R8 GNSS RECEIVER

PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Measurements

- Trimble R-Track technology
- Advanced Trimble Maxwell 6 Custom Survey GNSS chip with 220 channels
- High precision multiple correlator for GNSS pseudorange measurements
- Unfiltered, unsmoothed pseudorange measurements data for low noise, low multipath error, low time domain correlation and high dynamic response
- Very low noise GNSS carrier phase measurements with <1 mm precision in a 1 Hz bandwidth
- Signal-to-Noise ratios reported in dB-Hz
- Proven Trimble low elevation tracking technology
- Satellite signals tracked simultaneously:
 - GPS: L1C/A, L2C, L2E (Trimble method for tracking L2P), L5
 - GLONASS: L1C/A, L1P, L2C/A (GLONASS M only), L2P
 - SBAS: L1C/A, L5
 - Galileo GIOVE-A and GIOVE-B

Code differential GNSS positioning¹

Horizontal 0.25 m + 1 ppm RMS
Vertical 0.50 m + 1 ppm RMS
WAAS differential positioning accuracy² typically <5 m 3DRMS

Static and FastStatic GNSS surveying¹

Horizontal 3 mm + 0.1 ppm RMS
Vertical 3.5 mm + 0.4 ppm RMS

Kinematic surveying¹

Horizontal 10 mm + 1 ppm RMS
Vertical 20 mm + 1 ppm RMS
Initialization time³ typically <10 seconds
Initialization reliability⁴ typically >99.9%

HARDWARE

Physical

Dimensions (W×H) 19 cm × 11.2 cm (7.5 in × 4.4 in), including connectors
Weight 1.34 kg (2.95 lb) with internal battery, internal radio, standard UHF antenna.
3.70 kg (8.16 lb) entire RTK rover including batteries, range pole, controller and bracket

Temperature⁵

Operating -40 °C to +65 °C (-40 °F to +149 °F)
Storage -40 °C to +75 °C (-40 °F to +167 °F)

Humidity 100%, condensing

Water/dustproof IP67 dustproof, protected from temporary immersion to depth of 1 m (3.28 ft)

Shock and vibration Tested and meets the following environmental standards:

Shock Non-operating: Designed to survive a 2 m (6.6 ft) pole drop onto concrete. Operating: to 40 G, 10 msec, sawtooth
Vibration MIL-STD-810F, FIG.514.5C-1

Electrical

- Power 11 to 28 V DC external power input with over-voltage protection on Port 1 (7-pin Lemo)
- Rechargeable, removable 7.4 V, 2.4 Ah Lithium-Ion battery in internal battery compartment. Power consumption is 3.2 W, in RTK rover mode with internal radio. Operating times on internal battery:
 - 450 MHz receive only option 5.8 hours⁷
 - 450 MHz receive/transmit option 3.7 hours⁸
 - GSM/GPRS 4.1 hours⁹
- Certification Class B Part 15, 22, 24 FCC certification, 850/1900 MHz. Class 10 GSM/GPRS module. CE Mark approval, and C-tick approval

Communications and Data Storage

- 3-wire serial (7-pin Lemo) on Port 1. Full RS-232 serial on Port 2 (Dsub 9 pin)
- Fully integrated, fully sealed internal 450 MHz receiver/transmitter option:
 - Transmit power: 0.5 W
 - Range⁶: 3–5 km typical / 10 km optimal
- Fully integrated, fully sealed internal GSM/GPRS option⁷
- Fully integrated, fully sealed 2.4 GHz communications port (Bluetooth®)⁹
- External cellphone support for GSM/GPRS/CDPD modems for RTK and VRS operations
- Data storage on 57 MB internal memory: 40.7 days of raw observables (approx. 1.4 MB /Day), based on recording every 15 seconds from an average of 14 satellites
- 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, and 20 Hz positioning
- CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1 Input and Output
- 16 NMEA outputs, GSO, RT17 and RT27 outputs. Supports BINEX and smoothed carrier

¹ Accuracy and reliability may be subject to anomalies due to multipath, obstructions, satellite geometry, and atmospheric conditions. Always follow recommended survey practices.

² Depends on WAAS/EGNOS system performance.

³ May be affected by atmospheric conditions, signal multipath, obstructions and satellite geometry.

⁴ May be affected by atmospheric conditions, signal multipath, and satellite geometry. Initialization reliability is continuously monitored to ensure highest quality.

⁵ Receiver will operate normally to -40 °C; internal batteries are rated to -20 °C.

⁶ Varies with terrain and operating conditions.

⁷ Varies with temperature.

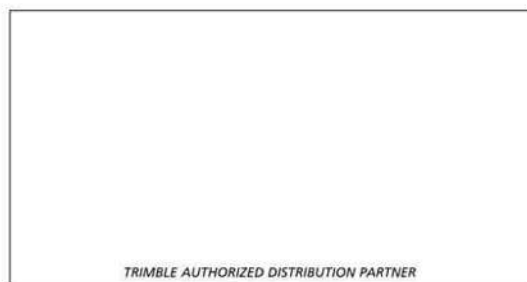
⁸ Varies with temperature and wireless data rate.

⁹ Bluetooth type approvals are country specific.

Contact your local Trimble Authorized Distribution Partner for more information.

Specifications subject to change without notice.

© 2005–2009, Trimble Navigation Limited. All rights reserved. Trimble and the Globe & Triangle logo are trademarks of Trimble Navigation Limited, registered in the United States and in other countries. Access, Integrated Surveying, Maxwell, R-Track, Signal Prediction, Trimble Survey Controller, VRS, and Web UI are trademarks of Trimble Navigation Limited. The Bluetooth word mark and logos are owned by the Bluetooth SIG, Inc. and any use of such marks by Trimble Navigation Limited is under license. All other trademarks are the property of their respective owners.
PN 022543-079U (11/09)



NORTH AMERICA

Trimble Engineering
& Construction Group
5475 Kellenburger Road
Dayton, Ohio 45424-1099 • USA
800-538-7800 (Toll Free)
+1-937-245-5154 Phone
+1-937-233-9441 Fax

EUROPE

Trimble GmbH
Am Prime Parc 11
65479 Raunheim • GERMANY
+49-6142-2100-0 Phone
+49-6142-2100-550 Fax

ASIA-PACIFIC

Trimble Navigation
Singapore Pty Limited
80 Marine Parade Road
#22-06, Parkway Parade
Singapore 449269 • SINGAPORE
+65-6348-2212 Phone
+65-6348-2232 Fax



www.trimble.com



Positioning Data Link

Datasheet



Surveyors utilizing Global Navigation Satellite Systems require rugged radio modem data links for precise positioning information. PDL products are compact, lightweight and offer power-efficient operation. They are easy to use and provide high performance and rugged dependability for the toughest survey environments.

PDL products are designed to easily mount on all standard tripods and range poles. Complete kit solutions are available.

PDL

High Performance Data Link

Designed for Survey Systems

19,200 Baud Rate

High Over-the Air Link Rate
Extends Your Battery Life

Enhanced User Interface

Change Channels in the Field
View Status Information

Compatible with GPS/GNSS RTK Equipment Worldwide

Complete Kit Solutions Available
for Your Application

Rugged and Reliable

Waterproof
All-Weather Operation

	High Power Base	Low Power Base	Rover
General Specifications			
DTE - DCE Interface	3 Wire, RS-232, 38.4k Baud Maximum		
User Interface	On/Off Button* ("Auto Power On" enabled when connected to power source Channel Button with AutoBase™ and AutoRover™ Digital Display Modem/Power Status Indicators RF Power Select Toggle Switch	On/Off Button* ("Auto Power On" enabled when connected to power source Channel Button with AutoBase™ and AutoRover™ Digital Display Modem/Power Status Indicators	On/Off Button Channel Button with AutoRover™ Digital Display Modem/Power Status Indicators
Power			
External	9 – 16 VDC		
Internal Battery	N/A	N/A	Lithium Ion Rechargeable
During TX (nominal)	110 Watts (35W)	11 Watts (2W)	N/A
During RX (nominal)	1.9 Watts	0.9 Watts	0.3 Watts
Antenna			
External	50 Ohm, BNC	50 Ohm, NMO	50 Ohm, NMO
Modem Specifications			
Link Rate/Modulation	19,200 bps/4 Level FSK (25 kHz) 9600 bps/4 Level FSK (12.5 kHz) 9600 bps/GMSK (25 kHz) 4800 bps/GMSK (12.5 kHz)		
Link Protocols	Transparent, Packet Switched, Digipeater, TRIMTALK™	Transparent, Packet Switched, Digipeater, TRIMTALK™	Transparent, Packet Switched, TRIMTALK™
Forward Error Correction	Yes		
Radio Specifications			
Frequency Bands	Refer to price list for available frequency bands.		
Frequency Control	Synthesized 12.5 kHz Resolution ±2.5 ppm Stability		
RF Power Select	Low/High	Factory Programmable	N/A
RF Transmitter Output	2/35 Watts Maximum	0.5 – 2 Watts	0 Watt (Receive Only)
Sensitivity	-110 dBm BER 10 ⁻⁵		
Adjacent Channel Selectivity	>65 dB (25 kHz), >55 dB (12.5 kHz)		>60 dB (25 kHz), >50 HdB (12.5 kHz)
Type Certification	All models are type accepted and certified for operation in the U.S. and Canada. For detailed information concerning your country's type certification, please contact your sales representative.		
Environmental Specifications			
Operating Temperature	-22° to +140° F (-30° to +60° C)		-4° to +140° F (-20° to +60° C)
Storage Temperature	-67° to +185° F (-55° to +85° C)		-4° to +185° F (-20° to +85° C)
Vibration/Shock	ANSI/ASAE EP455		
Enclosure	IEC 144/855420 I.P. 66 Watertight and Dustproof		
Mechanical Specifications			
Dimensions	6.23" W x 2.77" H x 6.58" L (15.8 cm W x 7.0 cm H x 16.7 cm L)	8.25" L x 2.40" Diameter (21.0 cm L x 6.1 cm Diameter)	8.25" L x 2.40" Diameter (21.0 cm L x 6.1 cm Diameter)
Weight	2.96 lbs. (1.34 Kg)	0.65 lbs. (0.30 Kg)	0.75 lbs. (0.34 Kg)
Data/Power Connector	5 Pin LEMO #1 Shell	5 Pin LEMO #0 Shell	5 Pin LEMO #0 Shell
Mount	Tripod Bracket	5/8" – 11 Range Pole	5/8" – 11 Range Pole



990 Richard Avenue, Suite 110, Santa Clara, CA 95050
Tel: 1.800.795.1001 (US & Canada) - +1.408.653.2070 (International) - +31.725.764.175 (Europe)
Fax: +1.408.748.9984, Web: www.pacificcrest.com, Email: sales@pacificcrest.com

©2008 Pacific Crest Corporation. TRIMTALK™ is a trademark of Trimble Navigation Limited.
License required prior to operation of radio communication equipment. Specifications subject to change without notification.

M00526-03

DIGIBAR PRO™

FOR SEAFLOOR OR RIVERBED SURVEYS

The Digibar Pro is the most cost-efficient and accurate means of determining water column sound velocities. It quickly calibrates acoustic systems regardless of sea state or current and is faster and safer than the traditional bar check method. Digibar Pro uses “sing-around” technology, which automatically compensates for all factors influencing sound velocity, including salinity, depth and temperature.

GENERAL SPECIFICATIONS

Velocity Range

- ▶ 1400 - 1600 m/sec
(4595 - 5250 ft/sec)

Velocity Resolution

- ▶ 0.1 m/sec (0.1 ft/sec)

Temperature Range

- ▶ 4° C - 40° C (39° F - 104° F) Typical

Communications

- ▶ RS232, selectable baud rate and choice of output formats
- ▶ Display and download/logging SW included

PROBE SPECIFICATIONS

Sing-Around Frequency

- ▶ 11 kHz

Velocity Accuracy

- ▶ +/- 0.3 m/sec (+/- 1 ft/sec)

Sample Rate

- ▶ 10 Hz

Depth Sensor Accuracy

- ▶ 31.0 cm (1.0 ft)

Communications

- ▶ RS485, 19.2 Baud (two way between handset and probe)

Dimensions

- ▶ 37.3 L x 5.0 D cm (14.7 L x 2.0 D in)

Weight

- ▶ 1.9 kg (4.2 lbs) in air

HAND UNIT SPECIFICATIONS

Power Requirement

- ▶ Three “C” cell alkaline batteries in hand unit powers both hand unit and probe
- ▶ External DC power supply available as an option for continuous SV output applications.

Dimensions

- ▶ 29.0 L x 14.0 W x 9.4 D cm
(11.4 L x 5.5 W x 3.7 D in)

Weight

- ▶ 1.2 kg (2.6 lbs)

CABLE SPECIFICATIONS

- ▶ 4-conductor, Polyethylene-jacketed with Kevlar strength member
- ▶ Breaking Strength - 182 kg (400 lbs)
- ▶ Standard Cable length - 20m
- ▶ Maximum Cable length - 100m

FEATURES

- Velocity profiles downloaded to a computer
- Handheld display/logger with computer interface
- Battery operated
- Detachable cable (in lengths up to 100 meters)
- Sampling by depth or time
- Stainless steel probe
- Waterproof
- Lightweight
- Portable
- Optional transit cases
- Optional Cable Reel
- Optional Kellems grip



 **TELEDYNE**
ODOM HYDROGRAPHIC
A Teledyne Technologies Company

▶ See our entire product line at: odomhydrographic.com

► DIGIBAR PRO™

FOR SEAFLOOR OR RIVERBED SURVEYS



MODEL DB1200

PROFILING SOUND
VELOCIMETER



TELEDYNE
ODOM HYDROGRAPHIC

A Teledyne Technologies Company