# ESTUDIO GEOFISICO MARINO GENERAL CENTRO DE CONVENCIONES CARTAGENA DE INDIAS 2025

Por Consorcio:

***10 de AGOSTO de 2025***

# Contenido

INTRODUCCIÓN....7
1. OBJETIVO....7
Objetivo General del Proyecto conforme Contrato No. 055-2025....7
Objetivos Específicos del Estudio Geofísico Marino Contrato No. 055-2025....7
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO....10
3. NORMATIVA APLICABLE....12
4. METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS....12
4.1. Levantamiento Topográfico en el CCCI....12
Generales....12
Coordenadas de Amarre o Control Topográfico....13
Alcance....14
Actividades....14
Contenido Geodésico....14
Listado de Personal....16
Equipo y Software....16
Sistemas de Referencia Topográfica....17
Levantamiento Topográfico....17
Plano Representativo Topográfico....19
Anexos digitales....20
4.2. Levantamiento Batimétrico en el CCCI....21
Generales....21
Objeto y Alcance....21
Listado de Personal....22
Geodesia....22
Niveles y Flujos de Agua....23
Levantamiento Hidrográfico....25
Equipo y Software....26
Calado de la nave aplicado....30
Procesamiento de datos hidrográficos....31
Plano Representativo Topográfico....32
Anexos digitales....33

Resultados de campo .....34
Conclusiones .....50
4.3. Levantamiento Sonar de Barrido Lateral (SSS) en el CCCI .....51
Generales .....51
Listado de Personal .....51
Geodesia.....51
Equipo y Software .....52
Levantamiento Hidrográfico con Sonar de Barrido Lateral.....56
Procesamiento de datos hidrográficos .....60
Plano Representativo Sonar de Barrido Lateral.....61
Anexos digitales.....62
Resultados de campo SSS .....62
4.4. Levantamiento Perfilador de Fondos Marinos (SBP) en el CCCI .....84
Generales .....84
Geodesia.....84
Equipo y Software .....84
Levantamiento Hidrográfico con Perfilador de Fondos marinos .....84
Personal.....87
Equipos y Software.....88
Software .....91
Plano Hidrográfico de SBP .....91
Resultados de campo SBP .....92
5. RECOMENDACIONES .....100

Ilustración 1. Macrolocalización del Área . ....11
Ilustración 2. Ubicación del área específica de estudio del CCCI. ....11
Ilustración 3 **Vértice CP5-11 Red Hidrográfica Dimar**....13
Ilustración 4. Datums de mareas ....24
Ilustración 5. Tabla de predicción de mareas 2025 para Colombia. ....24
Ilustración 6. Ilustración 6. Líneas de levantamiento hidrográfico ....25
Ilustración 7. OHI–S44 Estándares para Levantamientos Hidrográficos 6ta. Ed. febrero 2020 26
Ilustración 8.GPS TRIMBLE SPS351 Modular GPS Receiver....27
Ilustración 9. Especificaciones GPS ....28
Ilustración 10. Ecosonda Monohaz ODOM HYDROTRAC II. ....29
Ilustración 11. Perfilador de Velocidad del Sonido SVP VALEPORT SWIFT....30
Ilustración 12. Especificaciones SVP ....30
Ilustración 13. Ilustración 13. Ilustración de la Medición del Calado ....31
Ilustración 14. Ilustración Herramienta de edición del Programa de Hypack ....31
Ilustración 15. Cubrimiento del Área de Estudios. ....32
Ilustración 16. Imagen del plano batimetrico del CCCI. ....33
Ilustración 17. Nube de puntos batimétricos y superficie batimétrica. ....34
Ilustración 18. Profundidades zona marina Centro de Convenciones Cartagena de Indias ....35
Ilustración 19.rfiles para análisis de las profundidades. ....36
Ilustración 20.Imagen considerativa para el cálculo de la pendiente....37
Ilustración 21. P1 Sector 1. ....38
Ilustración 22. P2 Sector 1. ....38
Ilustración 23. P3 Sector 1. ....39
Ilustración 24. P4 Sector 2. ....39
Ilustración 25. P4 Sector 2. Vista transversal al perfil. ....40
Ilustración 26. P5 Sector 2. ....41
Ilustración 27. P6 Sector 3. ....41
Ilustración 28. P7 Sector 4. ....42
Ilustración 29. P8 Sector 4. ....42
Ilustración 30. P9 Sector 4. ....43
Ilustración 31. P10 Sector 4. ....43
Ilustración 32. P11 Sector 4. ....44
Ilustración 33. P12 Sector 4. ....44
Ilustración 34. P13 Sector 4. ....45
Ilustración 35. P14 Sector 5. ....45
Ilustración 36. P15 Sector 5. ....46
Ilustración 37. P16 Sector 5. ....46
Ilustración 38. P17 Sector 6. ....47
Ilustración 39. P18 Sector 6. ....47
Ilustración 40. P19 Sector 6. ....48
Ilustración 41. P20 Sector 7. ....48
Ilustración 42. P21 Sector 7. ....49
Ilustración 43. P22 Baluarte El Reducto. ....49
Ilustración 44. GPS G-Star IV ....52
Ilustración 45. SBL Starfish 990f....54
Ilustración 46. Software Sonarwiz Ver 6 ....55
Ilustración 47. Software Scanline 2.0 ....56

Ilustración 48. Distribución de Equipos.....59
Ilustración 49. Disposición de equipos abordo y en el agua .....59
Ilustración 50. Líneas Ejecutadas .....60
Ilustración 51. Visualización procesamiento.....61
Ilustración 52. Plano SSS .....61
Ilustración 53. Sector 1 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI. .....63
Ilustración 54. Sector 1 del muro perimetral. Arriba imagen aérea y abajo imagen subacuática con SSS.....63
Ilustración 55. Discontinuidades inferidas en la estructura subacuática perimetral del CCI.....64
Ilustración 56. Sector 2 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI. En verde vista superior del lugar de ubicación del tablestacado. .....65
Ilustración 57. Sector 2 del muro perimetral con tablestacado imagen subacuática con SSS. .66
Ilustración 58. Sector 3 y 4 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI.....67
Ilustración 59. Sector 3 y parte del Sector 4 (Claustro hacia B. Animas) con imagen subacuática con SSS. .....67
Ilustración 60. Discontinuidades o posibles salidas de material o separaciones .....68
Ilustración 61. Estructuras al parecer de apoyo (05) en el sector 3.....69
Ilustración 62. Discontinuidades en el sector 4 sobre la Bahía de las Animas que presumen pilotes con separación. .....70
Ilustración 63. Sector 4 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI. .....71
Ilustración 64. Sector 4 parcial (Claustro de Cara a Bodeguita) con imagen subacuática de SSS.....71
Ilustración 65. Sector 4 parcial (Claustro de Cara a Bodeguita) con imagen subacuática de SSS vista preprocesada.....72
Ilustración 66. Sector 5 (Inicio de parqueadero) sobre ortofoto con drone sobre el CCCI. .....73
Ilustración 67. Sector 5 (Inicio de parqueadero) con imagen subacuática de SSS. .....74
Ilustración 68. Sector 6 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI. .....75
Ilustración 69. Sector 6 con imagen subacuática de SSS. .....75
Ilustración 70. Sector 6 naufragio al oeste de la plazoleta de Food Truks, visto en ortofoto con drones.....76
Ilustración 71. Sector 6 naufragio al oeste de la plazoleta de Food Truks, imagen subacuatica con SSS.....77
Ilustración 72. Sector 6 suroeste de la plazoleta de comidas se observa roca o apoyo a la estructura y estructura discontinua asociada a posible colapso de pilote, visto en ortofoto con drones.....78
Ilustración 73. Sector 6 suroeste de la plazoleta de comidas se observa roca o apoyo a la estructura y estructura discontinua asociada a posible colapso de pilote, imagen subacuática con SSS.....79
Ilustración 74. Enrocado disperso en la media luna saliente de la plazoleta de comidas Food Trucks.....80
Ilustración 75. . Sector 7 extremo sur de la estructura perimetral visto en ortofoto con drones. .....81
Ilustración 76. Sector 7 extremo sur de la estructura perimetral imagen subacuática con SSS. .....81
Ilustración 77. . Baluarte contiguo al Sector 7, visto en ortofoto con drones.....82
Ilustración 78. Baluarte contiguo al Sector 7, imagen subacuatica con SSS. .....83
Ilustración 79. SBP a bordo de la embarcación. .....85

Ilustración 80. Líneas planeadas SBP. ....86
Ilustración 81. Procesamiento y análisis de información del SBP. ....87
Ilustración 82. Embarcación utilizada ....88
Ilustración 83. GPS HEMIPHERE R220 ....89
Ilustración 84. Perfilador de Subsuelo Stratabox HD Tipo Pinger 3.5 Khz de Syqwest ....90
Ilustración 85. Plano Perfilador de Subsuelo Centro de Convenciones. ....92
Ilustración 86. Perfil de subsuelo ....92
Ilustración 87.Bahía de Cartagena ....95
Ilustración 88.Distribución de lodos. Esquema generado con los datos de porcentaje de lodo las muestras colectadas en el interior de la Bahía (Rueda, 2008). ....96
Ilustración 89. Unidades geomorfológicas: plano continental (PPC), ladera (LD), fondo (FN), arrecife (AF), volcán de lodo (VD), pockmarks (PK), canal (CN), lóbulo de sedimento (LS), escollera (EC) (Villanueva-García et al., 2022). ....97
Ilustración 90.Plano SBP ....99

Tabla 1. Coordenadas de amarre ....13
Tabla 2 . Equipos utilizados ....16
Tabla 3 Software utilizado ....16
Tabla 4. Parametros geodesicos ....23
Tabla 5. Perfiles batmétricos y sectores ....37
Tabla 6. Parametros geodesicos ....52

# INTRODUCCIÓN

Fiducoldex ha considerado necesario llevar a cabo estudios y diseños de la estructura perimetral de confinamiento del material de relleno del Centro de Convenciones “Cartagena de Indias” al ser esencial para asegurar que las intervenciones ingenieriles a realizar se efectúen con los más altos estándares de calidad y seguridad, dado que se ha identificado un deterioro significativo en la estructura, con zonas en estado crítico que requieren atención inmediata.

Este deterioro no solo compromete la integridad estructural del cerramiento perimetral, sino que también representa un riesgo para la seguridad de las instalaciones y de las actividades que se desarrollan en el Centro de Convenciones.

La estructura no ha recibido de fondo los mantenimientos debidos, y por ello se hace necesario un estudio integral entre el componente terrestre y el componente marino, siendo éste último el que se sustenta en el presente documento.



# 1. OBJETIVO

### Objetivo General del Proyecto conforme Contrato No. 055-2025

Prestar los servicios de servicio de consultoría para la realización de los estudios de patología y diseños estructurales de la estructura perimetral de confinamiento del material de relleno en la estructural perimetral del Centro de Convenciones de Cartagena de Indias (CCCI).

### Objetivos Específicos del Estudio Geofísico Marino Contrato No. 055-2025

- **Levantamiento topográfico:** Para el desarrollo de esta actividad el **CONTRATISTA** deberá llevar a cabo, mediante sistema RTK, la topografía del muro de contención y áreas adyacentes hasta un (1) metro de profundidad, sectores donde no será posible llegar con el sistema Single Beam o Multibeam.
- **Batimetria General:** Para el desarrollo de esta actividad el **CONTRATISTA** deberá:

- Realizar el levantamiento hidrográfico siguiendo los estándares exigidos por la OHI (Organización Hidrográfica Internacional) en su publicación S-44 (Normas para la realización de levantamientos hidrográficos) y la Resolución DIMAR-1013 de noviembre 28 de 2022.
- Utilizar un sistema integrado para levantamientos batimétricos, compuesto por una ecosonda y equipos adicionales para corregir la dirección, posición, trayectoria de los haces emitidos por el transductor y compensar los movimientos propios de la embarcación (balanceo, cabeceo, guiñada). Estos equipos deben garantizar un dato de profundidad o elevación de la columna de agua corregido y preciso. Todos estos equipos deberán integrarse al software Hypack, el cual colecta, procesa, calcula y genera el producto final del estudio.
- Determinar la cobertura de barridos en función de la profundidad del área a levantar, considerando que el ancho del abanico de haces es directamente proporcional a la profundidad del cuerpo de agua.
- Garantizar un traslape de información entre barridos del 20%, lo cual asegurará el cubrimiento total y servirá como base para la verificación de los datos.
- Complementar la cobertura del Single Beam con el uso de un Side Scan Sonar, si es necesario, para asegurar un cubrimiento total del área.
- Realizar los barridos siguiendo paralelamente las isobatas, garantizando la cobertura total de las mismas hasta una profundidad mínima de dos (2) metros, si existiera. Esta es la profundidad máxima que se puede cubrir debido a las restricciones de la embarcación, el área de estudio y las medidas de seguridad de la tripulación y los equipos a bordo.
- **Modelación Hidrodinámica**: Para el desarrollo de esta actividad el **CONTRATISTA** deberá determinar la hidrodinámica a través del desarrollo de modelaciones implementando el modelo MOHID, que incluye un módulo hidrodinámico, lo cual permitirá calcular la morfología submarina (batimetría) y morfología costera (línea de costa) especialmente. Para lo anterior será necesario diseñar los archivos de datos de entrada al modelo como se relacionan a continuación:

  Grillas de cálculo: Se empleará el método “nested grid” iniciando con una grilla de gran escala que cubrirá un sector amplio desde aguas profundas. A esta grilla se anidarán otras grillas, aumentando la resolución, hasta cubrir únicamente el área de interés.

  Batimetría: Se utilizará información adquirida en campo y complementada con información batimétrica disponible para aguas profundas y el área general del Caribe

Norte Colombiano. Para la grilla de alta resolución, en el área de interés, será necesaria información batimétrica actualizada y de la mejor resolución posible (Tomada en Campo).

Forzantes físicas: Las variables forzantes (vientos, marea, oleaje, temperatura, salinidad, etc.) serán tomadas de información secundaria y registros disponibles de universidades e instituciones nacionales (DIMAR, IDEAM).

Línea de costa: La línea de costa será de la información de campo en la batimetría y adicionalmente contrapuesta con la extraída de fotografías aéreas, o aquella existente.

Calibración y validación del modelo Una vez diseñados todos los archivos de parámetros de entrada y grillas de cálculo, se efectuará una modelación teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y oceanográficas existentes En este proceso se ajustarán diferentes parámetros del modelo hasta calibrarlo, comparando los resultados con las mediciones existentes. De esta forma se validará el modelo, lo que permitirá continuar con la modelación de escenarios.

- **Corrida de Escenarios de Modelación**: Para el desarrollo de esta actividad el **CONTRATISTA** deberá realizar la simulación de todos los escenarios determinados para cada caso, considerando régimen de oleaje de aguas profundas con probabilidad de excedencia del 20%, 50% y condiciones de tormenta. En cuanto a las mareas, deberá contemplar régimen de mareas durante sicigia durante la época de mayor nivel del mar en la bahía de Cartagena y además considerar época seca y época húmeda (teniendo en cuenta descarga del Canal del Dique y régimen de vientos). Para esto se deberá incluir: i) Régimen de oleaje (con y sin proyecto), y ii) Régimen de corrientes (con y sin proyecto).
- **Estudio geotécnico (Side Scan Sonar – SSS, Subbotton Profiler - SBP)**: Para el desarrollo de esta actividad el **CONTRATISTA** deberá realizar levantamiento con Side Scan Sonar (SSS) con las siguientes características:

  Utilizar el Side Scan Sonar como equipo para generar imágenes detalladas del fondo marino en áreas extensas. Emitir pulsos cónicos en forma de abanico, direccionados en un ángulo amplio hacia el fondo marino, en dirección perpendicular a la trayectoria de navegación, con frecuencias dentro del rango de 455 KHz a 900 KHz.

Realizar el levantamiento utilizando un equipo de doble frecuencia. Obtener los datos mediante el seguimiento de líneas planeadas que garanticen una cobertura total del fondo en el área de estudio.

Efectuar el levantamiento siguiendo líneas planeadas a una velocidad promedio de 3 a 4 nudos, con una línea paralela al muro de contención a una distancia de aproximadamente 20 metros. Garantizar que este escaneo proporcione información sobre la conformación del lecho marino en la franja cercana al muro de contención y permita identificar la posible existencia de características culturales en dicha área.

Utilizar el equipo para observar todas las características naturales y antrópicas sobre el lecho marino, como tuberías, árboles, piedras, artefactos sumergidos, entre otros.

- **Levantamiento con perfilador de subsuelo**: Para el desarrollo de esta actividad el **CONTRATISTA** deberá efectuar levantamiento mediante el uso de un equipo acústico con capacidad de penetración por debajo del lecho, que permita identificar la configuración del subsuelo marino, a fin de detectar elementos enterrados y determinar su profundidad bajo el lecho, así mismo podremos conocer los espesores de capas de lodos en el área de interés. Esta información se obtendrá mediante el seguimiento de líneas planeadas, perpendiculares al muro o longitudinales cada 10 metros en la franja adyacente al muro de contención.



## 2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área general del proyecto del Centro de Convenciones Cartagena de Indias en el componente marino se muestra en la siguiente ilustración.

*Ilustración 1.* Macrolocalización del Área .

El área específica de trabajo se encuentra representada por el siguiente polígono, y dentro de éste, se desarrollaron los estudios especificados en los objetivos específicos.

*Ilustración 2.* Ubicación del área específica de estudio del CCCI.

## 3. NORMATIVA APLICABLE

- RESOLUCIÓN NÚMERO 0135-2018 MD-DIMAR-GLEMAR (27 de febrero de 2018) D.O. 50.529, marzo 8 de 2018 Por medio de la cual se expide el Reglamento Marítimo Colombiano (REMAC) El Director General Marítimo, en uso de sus facultades legales, en especial las conferidas por numerales 2, 4 y 5 del artículo 2 del Decreto 5057 de 2009, el artículo 2 del Decreto 1561 de 2002, los artículos 4 y 5 del Decreto Ley 2324 de 1984.

- Organización Hidrográfica Internacional) en su publicación S-44 (Normas para la realización de levantamientos hidrográficos).

- Resolución DIMAR-1013 de noviembre 28 de 2022

## 4. METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS

El estudio general referido en el presente informe, se desarrolla con los trabajos de Levantamiento Topográfico Costero, Levantamiento Batimétrico, Levantamiento de Sonar de Barrido Lateral, Levantamiento de Perfilador de Subfondos marinos y un ejercicio de Modelación Hidrodinámica.



Todos los resultados se describen de manera individual y de la integración de sus resultados, se refieren unas recomendaciones definitivas como insumo al futuro diseño de las obras y trabajos de recuperación del muro de contención perimetral del Centro de Convenciones Cartagena de Indias (CCCI).

### 4.1. Levantamiento Topográfico en el CCCI

#### Generales

A través del presente documento, se describen las especificaciones técnicas para la elaboración de estudio topográficos y los documentos adoptados para la verificación de la calidad del servicio y la metodología implementada para la toma de datos de campo.

Todos los procedimientos contemplados en este proyecto tienen como producto final un plano georreferenciado en el que se pueden visualizar los detalles del levantamiento topográfico.

Para el levantamiento se utilizaron como referencia las coordenadas de control de la Red Hidrográfica de Dimar identificado como CP5-11 ubicado en Castillo Grande frente a las instalaciones del Club Naval de Oficiales.

Las coordenadas del vértice CP5-11 fueron trasladas con equipo GNSS en modo RTK al parqueadero del centro de convenciones donde se dejaron 2 puntos materializados para el fácil manejo de control de obras y verificaciones futuras. Ver plano anexo.

## Coordenadas de Amarre o Control Topográfico

*Tabla 1. Coordenadas de amarre*

| PUNTO | NORTE | ESTE | ELEVACION |
|---|---|---|---|
| CP5-11 | 2707523.566 | 4721310.244 | 1.561 |
| GPS1 | 2710396.384 | 4721231.100 | 1.425 |
| GPS2 | 2710388.53 | 4721240.12 | 1.434 |

Ministerio de Defensa Nacional
**Dirección General Marítima**
Autoridad Marítima Colombiana

**CARTERA DE METADATOS VERTICES GEODÉSICOS Y DE CONTROL VERTICAL**
**RED HIDROGRÁFICA DE REFERENCIA VERTICAL**

**Proceso:** GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROGRÁFICA
**Código:** M14-00-FOR-038
**Versión:** 1

| INFORMACIÓN GENERAL DEL VÉRTICE | |
|---|---|
| **DEPARTAMENTO:** Bolívar | **RED:** Cartagena- Islas del Rosario |
| **MUNICIPIO:** Cartagena | **VÉRTICE:** CP5-11 |

| COORDENADAS GEOGRÁFICAS - WGS84 (GRS80) - EPOCA 2022.0 - Y SUS VELOCIDADES | | |
|---|---|---|
| Latitud: 10°23'33,22556"N | Longitud: 75°32'46,46126"W | Altura elipsoidal: -4,270 m |
| vLat: 0,0106 m/a | vLon: 0,0123 m/a | |
| **COORDENADAS GEOCÉNTRICAS - WGS84 (GRS80) - EPOCA 2022.0** | | |
| X: 1566027,1073 | Y: -6075600,518 | Z: 1142982,9458 |

| COORDENADAS PLANAS- EPOCA 2022.0 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **UTM** | Nortes: 1148867,535 | ZONA: 18N | **CTM12** | Nortes: 2707523,566 |
| | Estes: 440207,031 | | | Estes: 4721310,244 |

| H.M.S.N.M | | ONDULACIÓN GEOIDAL | |
|---|---|---|---|
| **GEOCOL 2004** | **EGM 2008** | **GEOCOL 2004** | **EGM 2008** |
| 0,6966 | 1,4138 | -4,9666 | -5,6838 |

| DESCRIPCIÓN DEL ACCESO GENERAL | DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PUNTO |
|---|---|
| Ubicado en la ciudad de Cartagena en el sector de Castillo Grande, | Frente al centro recreacional de Oficicales Club Naval Cruz de Castillo Grande, sobre la jardinera. Objetis cercanos: Jardinera (5,52m 220° SE) y Caseta celador (28,65m 145° SO) |

**MONUMENTACIÓN:** Mojón incrustado.

*Ilustración 3* ***Vértice CP5-11 Red Hidrográfica Dimar***

El procedimiento utilizado fue realizar los levantamientos topográficos fue el siguiente, utilizando equipo GNSS de doble frecuencia (HITARGET V60) Y armando el equipo base sobre el GPS1 y desde ahí comenzar a realizar los levantamientos con el equipo ROVER, SOBRE toda el área del proyecto, se realizó levantamiento de muro perimetral, parqueaderos, construcciones y demás detalles relevantes para el proyecto.

## Alcance

Las actividades comprendidas en el presente proyecto están encaminadas a suministrar comisión topográfica para ejecutar las obras de levantamiento topográfico del muro perimetral del Centro de Convenciones en la ciudad de Cartagena - departamento de Bolívar.

## Actividades

**Preliminares**

- Recorrido por los límites del proyecto

**Topografía**

- Verificación de puntos de amarre geodésicos.
- Levantamiento topográfico del muro de contención.
- Levantamiento topográfico de vías.
- Levantamiento topográfico de linderos.
- Levantamiento de curvas de nivel y detalles relevantes
-

**Entregables**

- Elaboración y entrega de informe con la descripción de las actividades realizadas.
- Elaboración de Planos.
- Carteras del levantamiento topográfico.
- Certificados de calibración.



## Contenido Geodésico

El proceso geodésico realizado para este proyecto se basa en tecnología GNSS. GNSS (Global Navigation Satellite System) o SSNG (Sistema Satelitales de Navegación Global) son los acrónimos que se utilizan para agrupar los diferentes sistemas de navegación por satélite que con cobertura global proveen un posicionamiento geoespacial de una manera autónoma.

Este concepto agrupa a diferentes sistemas como son el GPS, Glonass, Galileo o Compass entre otros, permitiendo posicionamientos muy precisos basándose en señales emitidas por estos satélites siendo múltiples sus aplicaciones como la geo información o en investigaciones geo científicas. Este complejo sistema está compuesto de: – Sistema Satelital – Sistema de Control Terrestre – Sistema de Usuario.

Para el proyecto se realiza un posicionamiento diferencial con fase, ya que este ofrece una mayor precisión y permite disponer de soluciones en postproceso. Los puntos GPS1 y GPS2 se posicionan por método estático.

El posicionamiento GNSS estándar determina la posición del usuario midiendo el tiempo de vuelo de las señales de los satélites al receptor. La precisión de este método está influenciada por varios factores, como los errores del reloj del satélite, los retrasos atmosféricos y los errores de trayectos múltiples.

RTK mejora la precisión del posicionamiento GNSS mediante el uso de una red de estaciones de referencia fijas con posiciones conocidas. Estas estaciones observan continuamente las señales de los satélites y calculan las correcciones de los errores mencionados anteriormente. Un receptor RTK móvil aplica estas correcciones en tiempo real para mejorar su precisión posicional.

El método estático consiste en el estacionamiento de receptores que no se moverán de su posición original durante la etapa de observación. La referencia se establecerá con las bases permanentes de control GPS del IGAC; la precisión se dará en función del tiempo de observación, de la geometría y del instrumento utilizado. El tiempo de rastreo se determina a partir de la metodología implantada por el IGAC en la cual se establece que para distancias menores a ochenta (80) kilómetros, con equipos de doble frecuencia L1/L2 se debe aplicar la siguiente formula:

$t = 65 + (3\ min * (d - 10))$

Ecuación 1. Tiempo de rastreo. Fuente: IGAC.

Donde, t= Tiempo de rastreo d= Distancia en kilómetros



De la tal manera que el tiempo de observación es proporcional a la longitud que exista desde las bases permanentes a usar y el punto amojonado.

El procesamiento geodésico se realiza con las bases permanentes de control GPS del IGAC certificadas por SIRGAS, bajo el sistema de referencia geodésico GRS80 – Magna SIRGAS. Los puntos denominados GPS1 y GPS2 son referencia de amarre o partida para los itinerarios planimétricos.

Sin embargo, el equipo GNSS se dejará más tiempo de rastreo del calculado anteriormente, esto con el fin de generar una gran cantidad de observaciones que cumplan y que den las precisiones requeridas para así evitar retrocesos de los trabajos en campo, pos proceso y entrega de resultados.

Ver Anexo HSE anexo. En especial se soporta el no poder operar en aguas profundas por lo que fue imposible descargar datos y cambiar batería

## Listado de Personal

| | |
|---|---|
| Topógrafo | Fernando Rojas Parga |
| Técnico de proyecto: | Roberson Sánchez Rodríguez |
| Cadenero: | Anderson Caballero Sanchez |

## Equipo y Software

*Tabla 2 . Equipos utilizados*

| ACTIVIDAD | EQUIPO | MARCA | MODELO |
|---|---|---|---|
| **Levantamiento topográfico/ Georreferenciación** | Equipo RTK-GNSS | HI TARGET | V-60 |
| **Levantamiento topográfico/ Georreferenciación** | Estación total | TOPCON | GTS-239W |



*Tabla 3 Software utilizado*

| ACTIVIDAD | SOFTWARE | APLICACIÓN | VERSIÓN |
|---|---|---|---|
| **Elaboración de planos** | **Autodesk** | **AutoCAD** | **2023** |
| | **Autodesk** | **AutoCAD CIVIL 3D** | **2023** |
| **Levantamiento topográfico/ Georreferenciación** | Hi TARGET | Hi SURVAY ROAD | 2.0.3 |

## Sistemas de Referencia Topográfica

-El sistema nacional de geo-referenciación (IGAC) coordenadas CTM - 12

-La proyección cartográfica (coordenadas planas) es Gauss-Kruger con origen complementario Bogotá (N=2.000.000; E=5.000.000).

-Geoide utilizado: GEOCOL2004.

Marco de referencia del proyecto:

Se realizó levantamiento topográfico detallado con equipo GNSS-RTK de doble frecuencia y se georreferenciaron los detalles más relevantes del terreno.

## Levantamiento Topográfico

La medición en un receptor GPS es representada mediante Vectores tridimensionales que contienen distancia, dirección y un diferencial de altura entre los puntos de la medición. No necesita línea directa de vista entre los puntos de estudio, pero si necesita tener una línea directa de vista a un número suficiente de satélites para que el software pueda generar el vector como la diferencia entre las coordenadas X, Y, Z de un sistema dado.



El receptor hace sus mediciones desde el centro de su antena y nosotros usamos la altura de la antena para corregir la medida al punto que está debajo del instrumento. Esto quiere decir que la altura de la antena es una parte muy importante de nuestras mediciones. En la topografía convencional (mediante estación total), a menudo se separan las partes de las dimensiones tanto horizontal (ángulo y distancia) y vertical (la elevación). Sin embargo, una medida proporcionada por GPS, es totalmente tridimensional, y no podemos manejar los componentes horizontal y vertical por separado. El componente horizontal afecta al vertical y viceversa, por ello es necesario contar con una base fija para realizar el levantamiento topográfico en RTK

El equipo completo estaría compuesto por:

• Antena base y antena móvil GPS con radios internos.

• Controladora inalámbrica para GPS.

• Trípode con base nivelante y plomada óptica

• Bastón telescópico

Primeramente, se establece el sistema de coordenadas atrabajar (Cartesianas, Geodésicas, Locales). En base a esto, se seleccionan los vértices que nos van a servir de control y se diseña la red básica de trabajo para realizar las observaciones con GPS.

Ya en campo, la obtención del levantamiento de detalle, la metodología de observación con GPS en tiempo real, es un método rápido, cómodo y capaz de dar la precisión requerida para el trabajo. El método de trabajo con GPS en tiempo real se compone de un GPS fijo de referencia y un GPS en movimiento. El receptor fijo lo situamos sobre un punto de la red básica (GPS1), de coordenadas conocidas en el sistema de referencia de coordenadas elegido, el cual servirá como vértice de control. A esta estación se le llama Estación Base.

La topografía con GPS es radial, es decir, estamos haciendo radiaciones relativas a nuestra estación base. Tras poner en funcionamiento este receptor, se ha de esperar a que resuelva su posición antes de proceder a la obtención de datos de los puntos del levantamiento. Si el número de satélites sobre el horizonte es el adecuado (entre mayor sea el número de satélites observado, mayor será la precisión y menor el tiempo), el receptor de referencia fijará sus coordenadas en pocos minutos. Una vez realizada esta operación el cálculo de coordenadas de los demás puntos será casi instantáneo.



La comunicación entre el receptor de referencia y los receptores móviles, es posible gracias al sistema de telecomunicaciones utilizado para la transmisión, con un alcance de 5 Km aproximadamente entre ambos receptores, es por esto que no es necesario que los puntos sean visibles entre sí. Para evitar problemas de comunicación entre receptores,

Las coordenadas del levantamiento se obtienen con una precisión de 20 mm +- 1ppm es importante hacer notar que este error se mantiene constante en todo el levantamiento, o sea que no es acumulable al alejarse del banco de nivel, y como los errores no son acumulables y no se tienen restricciones visuales o meteorológicas, se trabaja por lo menos al doble de velocidad y exactitud de los equipos topográficos tradicionales.

Las coordenadas de los puntos, se obtienen en el sistema de referencia WGS84. La metodología RTK permite asociar una proyección y un sistema de referencia distinto, podemos obtener las coordenadas de los puntos directamente en la proyección UTM. También podrían obtenerse en cualquier otro sistema de referencia local con respecto al cual se haya realizado la georeferenciación

Las precisiones obtenidas en las coordenadas del levantamiento dependerán de varios factores, tales como condiciones climáticas (nublado o despejado influye en la visibilidad de los satélites), precisión de los equipos utilizados, numero de satélites disponibles al momento de realizar el

levantamiento, errores accidentales cometidos, etc. De esta forma, la precisión de los puntos del levantamiento puede llegar a ser del orden de 1 cm de manera no acumulativa.

El levantamiento se lleva a cabo por dos operarios y dos receptores, uno de referencia (estación base) y otro móvil. Uno de los operadores se encarga de la toma de puntos con el receptor móvil, así como anotando el número de punto y su correspondiente descripción, quedando así definido cualquier tipo de elemento a representar mientras que el otro operario está a cargo de la vigilancia del receptor fijo.

Dependiendo de lo que nos interese verificar en el levantamiento, se toman las lecturas de los elementos necesarios, tales linderos, postes, carreteras, árboles, y los accidentes del terreno como por ejemplo los taludes.

Por ejemplo, el levantamiento de una carretera se efectuaría mediante secciones transversales, a una equidistancia promedio de 10 m y en puntos obligados donde se hagan cambios de pendiente, además de ir tomando en cada una de las estaciones los diferentes elementos que la componen.

Al final de cada día los puntos observados en campo se importan a la computadora, observando que los puntos levantados hayan cubierto toda la zona de interés y evitando que queden zonas sin el número de puntos adecuado, para tener una buena configuración de terreno.



Se realizó finalmente levantamiento detallado del muro perimetral que limita con el mar 852 metros lineales y se realiza adquisición de fotografías con Drone que permitió una generación de una Ortofoto del Centro de Convenciones para facilitar la visualización del proyecto.

## Plano Representativo Topográfico

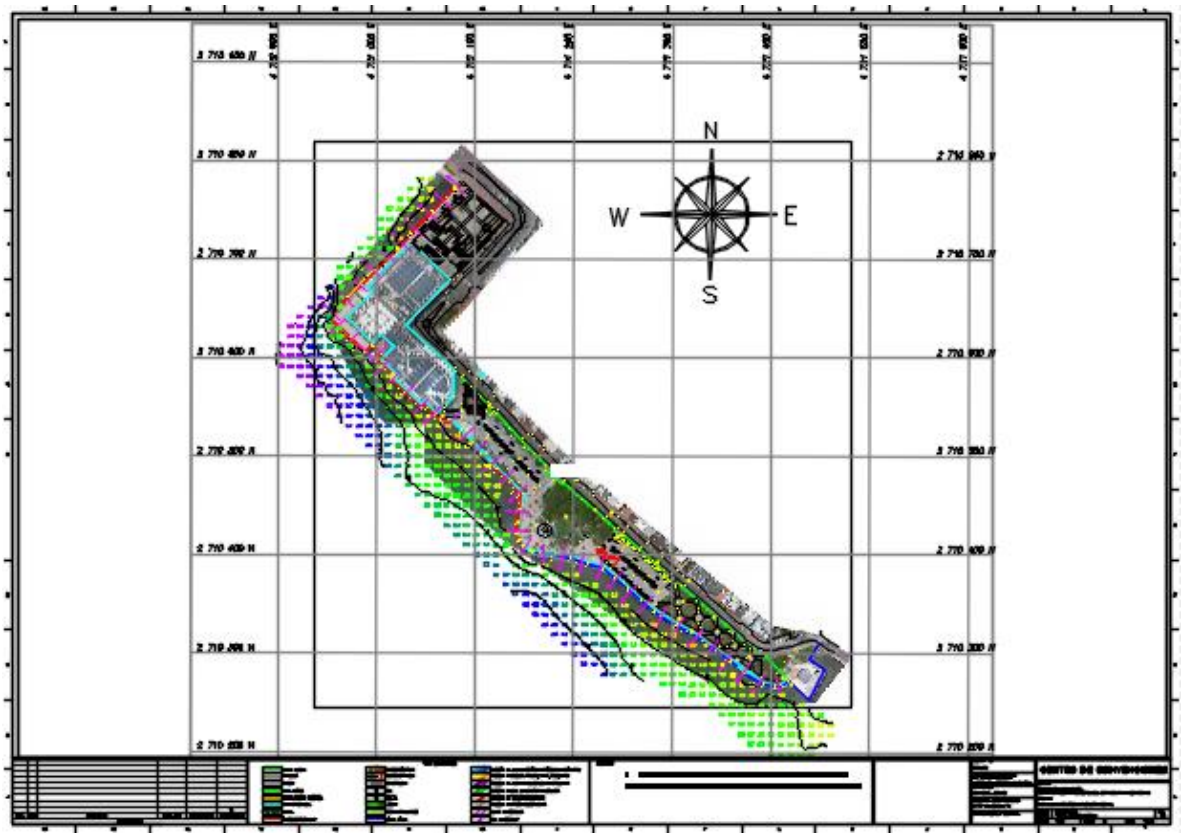





*Ilustración 4. Plano Tiopografico*

## Anexos digitales

- Planos en Pdf
- Planos Dwg
- Carteras Topograficas
- Certificado de Calibracion
- Ortofoto Ecw
- Ortofoto .Tiff
- Fotos Drone

## 4.2. Levantamiento Batimétrico en el CCCI

### Generales

Para el cubrimiento detallado y conocimiento del relieve del fondo marino en el área marítima perimetral al Centro de Convenciones se realizó el levantamiento hidrográfico con el sistema de ecosonda hidrográfica Monohaz ODOM HYDROTRAC II y el DGPS Trimble SPS351Modular GPS Receiver, y el Perfilador de Velocidad del Sonido SVP Valeport SWIFT (Para la columna de agua).

Las correcciones por nivel de agua aplicada a los datos batimétricos fue de acuerdo Tabla de Predicción de las Mareas de Colombia, para el Caribe en Cartagena mayo 11 de 2025 DIMAR – IDEAM.

### Objeto y Alcance



Los contenidos en el Contrato No. 055-2025 y de manera concreta:

Realizar el levantamiento hidrográfico del área marítima al perímetro del Centro de Convenciones de acuerdo con los Estándares Internacionales Para la Realización de los Levantamientos Hidrográficos de 2020, S44 de la OHI (Organización Hidrográfica Internacional), y el cumplimiento de los requisitos de la Resolución Número (0123-2022) MD-DIMAR-SUBDEMAR-GINSEM-ARINV 10 de febrero de 2022.

Cubrir el área marítima al perímetro del Centro de Convenciones con líneas hidrográficas de corridas cada 20 m, paralelas al centro de Convenciones y perpendicular al muelle de los Pegasos.

Diseñar un plano del área levantada a escala mayor (1:750) que permita un mejor análisis del área de estudios.

## Listado de Personal

El levantamiento se realizó a bordo de la lancha de nombre Amigos con la participación del siguiente personal.

| | |
|---|---|
| Jairo González Paternina | Hidrógrafo |
| Richard Guzmán Martínez | Hidrógrafo |

*Ilustración 5. Personal hidrográfico*



## Geodesia

El Levantamiento fue ajustado a los parámetros técnicos necesarios para realizar los levantamientos de precisión que exige la DIMAR. En este se aplicó las especificaciones técnicas

consignadas y exigidas por la Capitanía de Puerto. Así mismo se aplicó los términos de la Circular DIMAR No. CR-20210061 - Adopción Del Nuevo Sistema de Proyección Cartográfico Con un Único Origen Para Colombia.

*Tabla 4. Parametros geodesicos*

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Proyección | Transversa de Mercator |
| Elipsoide | GRS80 |
| Origen: Latitud | 4° N |
| Origen: Longitud | 73° W |
| Falso Este | 5000000 |
| Falso Norte | 2000000 |
| Unidades | Metros |
| Factor de escala | 0,9992 |

## Niveles y Flujos de Agua

La información batimétrica (profundidades) recolectada el día 11 de mayo de 2025 fue corregida acuerdo Tabla Predicción de las mareas de Colombia – 2025, para el sector de Cartagena.



La Dirección General Marítima – DIMAR desde el 2016 empezó a consolidar su propia red de vértices geodésicos, la cual se constituye la materialización de 95 marcas fijas en terreno entre pilastras y mojones incrustados, que están distribuidos alrededor de los principales puertos del país. Adoptándose para la Región Pacífico, el datum de referencia que se basó en la Marea Astronómica Más Baja (LAT), que se espera ocurra en cada estación mareográfica durante un ciclo de 19 años, proporcionando así una base consistente para la predicción de las alturas de mareas. (**Fuente tomada de Tabla Predicción de las mareas de Colombia – 2025**)

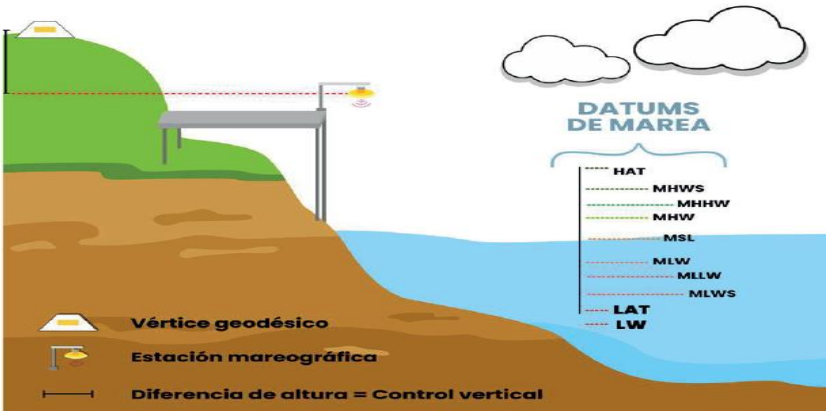



*Ilustración 6. Datums de mareas*

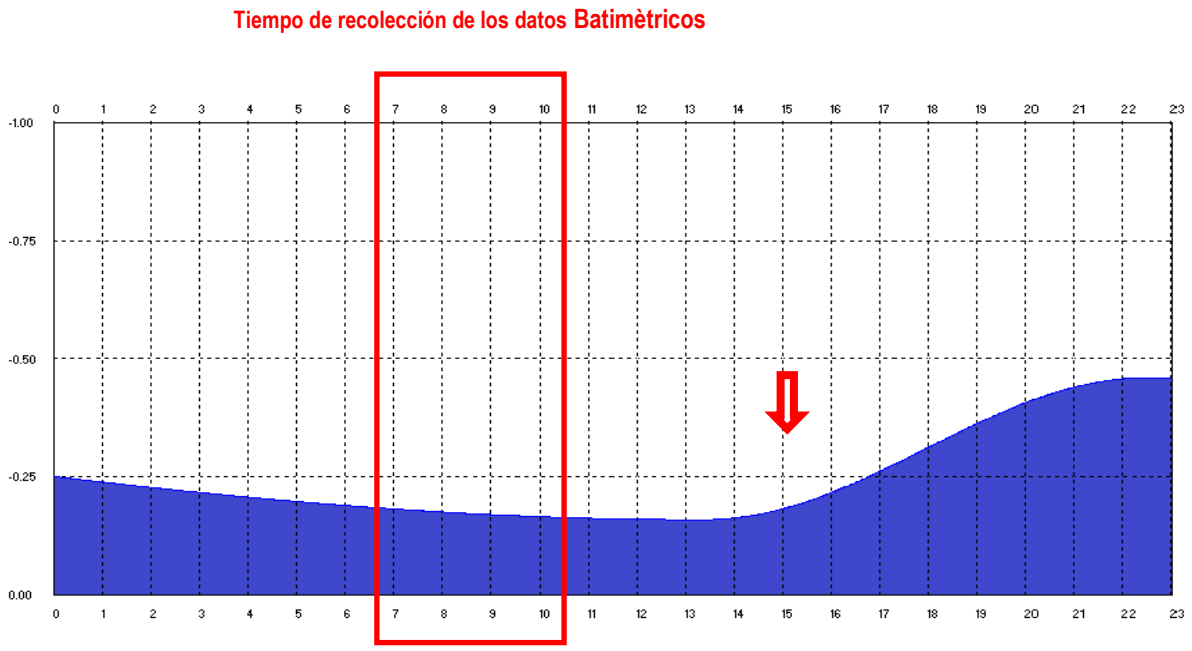



*Ilustración 7.* Tabla de predicción de mareas 2025 para Colombia.



El tiempo de corrección para los datos de mareas, fue entre las 0650 horas y 1020 horas, lapso en el que fueron recolectados los datos batimétricos, que acuerdo con la Tabla Predicción de las mareas de Colombia – 2025, se observó una Pleamar de 0.18 cm y una Bajamar de 0.17 cm.

## Levantamiento Hidrográfico

El levantamiento hidrográfico con sistema de ecosonda Monohaz ODOM HYDROTRAC II consiste en la integración de este a través de un ordenador en el que se configura con el programa hidrográfico HYPACK Max versión 2018, recolectándose y almacenándose la información de profundidad y posición en tiempo real, y posteriormente realizar la edición o limpieza de datos, aplicándose los valores del calado medido desde el Transducer hasta la línea superficial o espejo del agua y la corrección por marea. El parámetro de corrección por Velocidad Sonido, fue configurado directamente en el equipo de ecosonda, obteniéndose como resultado final un XYZ o Nube de Puntos.

Se diseñaron líneas de corridas Hidrográficas espaciadas cada 20 m en sentido paralelo al Centro de Convenciones y perpendicular al muelle de los Pegasos.

*Ilustración 8. Ilustración 6. Líneas de levantamiento hidrográfico*

El orden (**OHI–S44 Estándares para Levantamientos Hidrográficos 6ta. Ed. febrero 2020)** está orientado a áreas en las que los tipos de embarcaciones de superficie que se espera que la naveguen son tales que permiten que una representación general del fondo se considere adecuada. Como mínimo, requiere una cobertura batimétrica distribuida uniformemente del 10% del área del levantamiento. Esto supone que no se detectarán algunos elementos, pero la distancia entre las áreas con cobertura batimétrica limitará el tamaño de esos elementos no detectados. Este orden (**2**) de levantamientos sólo se recomienda cuando se considere que el agua bajo quilla no va a suponer un problema.

| Reference | Criteria | Order 2 | Order 1b | Order 1a | Special Order | Exclusive Order |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Chapter 1 | **Area description** (Generally) | Areas where a general description of the sea floor is considered adequate. | Areas where underkeel clearance is not considered to be an issue for the type of surface shipping expected to transit the area. | Areas where underkeel clearance is considered not to be critical but features of concern to surface shipping may exist. | Areas where underkeel clearance is critical | Areas where there is strict minimum underkeel clearance and manoeuvrability criteria |
| Section 2.6 | **Depth THU** [m] + [% of Depth] | 20 m + 10% of depth *Ba5, Bb2 | 5 m + 5% of depth *Ba8, Bb3 | 5 m + 5% of depth *Ba8, Bb3 | 2 m *Ba9 | 1 m *Ba10 |
| Section 2.6 Section 3.2 Section 3.2.3 | **Depth TVU** (a) [m] and (b) | a = 1.0 m b = 0.023 *Bc7, Bd4 | a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6 | a = 0.5 m b = 0.013 *Bc8, Bd6 | a = 0.25 m b = 0.0075 *Bc10, Bd8 | a = 0.15 m b = 0.0075 *Bc12, Bd8 |
| Section 3.3 | **Feature Detection** [m] or [% of Depth] | Not Specified | Not Specified | Cubic features > 2 m, in depths down to 40 m; 10% of depth beyond 40 m *Be5, Bf3 beyond 40m | Cubic features > 1 m *Be6 | Cubic features > 0.5 m *Be9 |
| Section 3.4 | **Feature Search** [%] | Recommended but Not Required | Recommended but Not Required | 100% *Bg9 | 100% *Bg9 | 200% *Bg12 |
| Section 3.5 | **Bathymetric Coverage** [%] | 5% *Bh3 | 5% *Bh3 | ≤ 100% *≤ Bh9 | 100% *Bh9 | 200% *Bh12 |

*Ilustración 9. OHI–S44 Estándares para Levantamientos Hidrográficos 6ta. Ed. febrero 2020*



## Equipo y Software

Se utilizaron los siguientes equipos durante el levantamiento:

01 Ecosonda Monohaz ODOM HYDROTRAC II
01Transducer de 200 KHz
01Sondaleza
01 Licencias HYPACK Max versión 2018
01 TRIMBLE SPS351 Modular GPS Receiver01 Computador portátil Dell
01 Batería de 12v
01 Inversor de voltaje de 12v a 110 AC.
01 Cámara fotográfica

Durante el levantamiento la información de posición se recolectó con el GPS TRIMBLE SPS351 Modular GPS Receiver en modo diferencial, calculándose su posición a través del Sistemas de aumentación basados en satélites (WAAS), permitiendo una precisión Centimetrica

*Ilustración 10.GPS TRIMBLE SPS351 Modular GPS Receiver*

Los parámetros mínimos configurados y observados durante el levantamiento fueron los siguientes:



| | |
|---|---|
| Proyección: | WGS-84, Lat, Long. |
| Modo: | Diferencial Satelital (WAAS) |
| Numero de satélites: | 12 |
| PDOP: | 0.7 |
| SRN: | 10 |

Para establecer la comunicación entre el DGPS y el programa hidrográfico de HYPACK Max versión 2018, se realizó la conexión a través del puerto serial ajustándose los siguientes parámetros:

| | |
|---|---|
| Librería | GPS nmea.dll |
| Puerto Serial | RS232 |
| Baud Rate | 19200 |
| Paridad | N |
| Data Bits | 8 |
| Stop Bits | 1 |
| Control de Flujo | (NO) |

| Specifications | Trimble SPS351 Modular GPS Receiver |
|---|---|

| | |
|---|---|
| **Receiver Name** | **SPS351 DGPS/Beacon Receiver** |
| **Configuration Option** | |
| Type | Modular |
| Base and rover interchangeability | Yes |
| Base operation | SPS351 with DGPS RS option |
| Rover operation | Yes |
| Heading and Moving Base operation | N/A |
| Rover position update rate | 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz |
| Rover maximum range from base | Unlimited |
| Rover operation within a VRS™ network | RTCM DGPS only |
| Factory options | DGPS Reference Station |
| **General** | |
| Keyboard and display | VFD display 16 characters by 2 rows<br>On/Off key for one-button startup<br>Escape and Enter keys for menu navigation<br>4 arrow keys (up, down, left, right) for option scrolls and data entry |
| Dimensions (L × W × D) | 24 cm (9.4 in) × 12 cm (4.7 in) × 5 cm (1.9 in) including connectors |
| Weight | 1.31 kg (2.9 lb) receiver only |
| **Antenna Options** | |
| GA510 | L1 GPS, SBAS |
| GA530 | L1 GPS, MSK Beacon, SBAS (included in SPS351 kit) |
| GA810 | L1 GPS, SBAS |
| L1/Beacon, DSM 232 | Not supported |
| Zephyr™ Model 2 | |
| Zephyr Geodetic™ Model 2 | |
| Zephyr Model 2 Rugged | |
| **Temperature** | |
| Operating | –40 °C to +65 °C (–40 °F to +149 °F)[1] |
| Storage | –40 °C to +80 °C (–40 °F to +176 °F) |
| Humidity | MIL-STD 810F, Method 507.4 |
| Waterproof | IP67 for submersion to depth of 1 m (3.3 ft), dustproof |
| **Shock and Vibration** | |
| Pole Drop | Designed to survive a 1 m (3.3 ft) drop onto a hard surface |
| Shock – Non-operating | To 75 g, 6 ms, saw-tooth |
| Shock – Operating | To 40 g, 10 ms, saw-tooth |
| Vibration | Tested to Trimble Survey profile (2.6 g RMS): 5 Hz–350 Hz: 0.15 g/Hz;[2]<br>350 Hz to 500 Hz: –6 dB/octave |
| **Measurements** | |
| | Advanced Trimble Maxwell™ 5 Custom GPS chip<br>L1 signal-to-noise ratios reported in dB-Hz |
| | Proven Trimble low elevation tracking technology |
| | 12-channel L1 C/A code |
| | EVEREST™ multipath signal rejection<br>2-channel MSK Beacon<br>2-channel SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS) |
| **Code Differential GPS Positioning[2]** | |
| Correction type | DGPS RTCM 2.x |
| Correction source | Internal MSK Beacon, DGPS Base via external radio or Internet |
| Horizontal accuracy | ±(0.25m + 1 ppm) RMS ±(0.8 ft + 1 ppm) |
| Vertical accuracy | ±(0.50m + 1 ppm) RMS ±(1.6 ft + 1 ppm) |
| **SBAS (WAAS/EGNOS/MSAS) Positioning[3]** | |
| Horizontal accuracy | Typically <1 m (3.3 ft) |
| Vertical accuracy | Typically <5 m (16.4 ft) |

*Ilustración 11. Especificaciones GPS*

Durante la recolección de la información de datos de las profundidades se utilizó el equipo de ecosonda Monohaz ODOM HYDROTRAC II, este equipo fue enlazado con el menú de levantamiento SURVEY del programa HYPACK Max versión 2018. Las profundidades fueron guardadas en metros y decimas de metros.

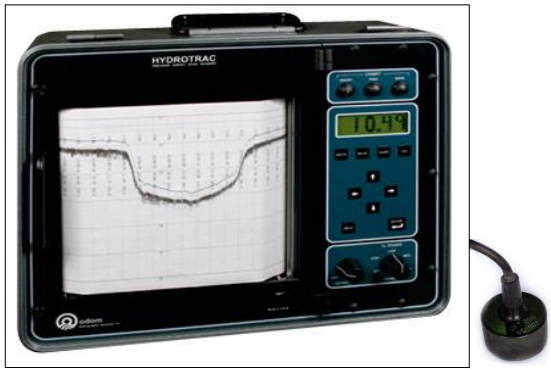



*Ilustración 12. Ecosonda Monohaz ODOM HYDROTRAC II.*

Para establecer la comunicación entre el equipo de ecosonda Monohaz ODOM HYDROTRAC II y el programa hidrográfico de HYPACK, se realizó la conexión a través del puerto serial ajustándose los siguientes parámetros:

| | |
|---|---|
| Librería | ECHOTRAC.dll |
| Network | PCI 2X2 Serial |
| Baud Rate | 9600 |
| Paridad | N |
| Data Bits | 8 |
| Stop Bits | 1 |
| Control de Flujo | (NO) |



Frecuencias: 40 KHz y 200 KHz
Impresión térmica de alta resolución para toma de datos análogos.
Resolución 0.01 metros.
Precisión con Transducer de 200 KHz 1% de la profundidad
Interface RS 232 y dos puertos COM para comunicación con el PC.
Salida digital de datos.

**Perfilador de Velocidad del Sonido SVP VALEPORT SWIFT**

Equipo para determinar la velocidad del sonido en la columna de agua a levantar, proporciona la información para la corrección de la dirección de las señales acústicas hacia el lecho marino o acuático en general. con este equipo se puede tomar información de temperatura, salinidad, conductividad, presión y velocidad del sonido hasta una profundidad de 500 metros.

*Ilustración 13. Perfilador de Velocidad del Sonido SVP VALEPORT SWIFT*

| Sensor Specifications | |
|---|---|
| The SWiFT SVP is fitted with Valeport's digital time of flight sound velocity sensor, temperature compensated piezo-resistive pressure transducer and a PRT temperature sensor | |
| **Sound Velocity** | |
| Range | 1,375-1,900 m/s |
| Resolution | 0.001 m/s |
| Accuracy | ±0.02 m/s |
| **Pressure** | |
| Range | 50 Bar |
| Resolution | 0.001% FS |
| Accuracy | ±0.01% FS |
| **Temperature** | |
| Range | -5°C to +35°C |
| Resolution | 0.001°C |
| Accuracy | ±0.01°C |
| **Calculated Perameters and Accuracies** | |
| Calculations based on Valeport's proprietary DASH formula | |
| Conductivity | ±0.05 mS/cm |
| Salinity | ±0.05 PSU |
| Density | ±0.05 kg/m³ |
| **Physical** | |
| Materials | Titanium \| Stainless Steel deployment weight |
| Depth Rating | 500m |
| Dimensions | ø78mm x Length 264mm |
| Weight | 2.0kg (in air) / 0.9kg (in water) \| 3.0kg (in air) / 1.8kg (in water) with deployment weight |

| Communications (set up and data offload) | |
|---|---|
| USB Serial | |
| Bluetooth v4 - low energy | |
| **Electrical** | |
| Battery | Internal rechargeable battery pack |
| Battery life | Up to 5 days operations |
| Charging | USB<br>Typically, 1 hour fast charge will give 12 hours operation |
| **Software** | |
| IOS App for Bluetooth compatible mobile devices - instrument set up, data offload, display and translation to common SVP formats, Android to follow. Valeport's Connect PC software, with both USB cable and Bluetooth connectivity, for instrument setup, data extraction, display and translation to common SVP formats. | |
| **Ordering** | |
| Sub Title | |
| USB Serial | |
| Bluetooth v4 - low energy | |
| 0660047 50 | SWiFT SVP Profiler<br>Titanium housing rated to 500m |
| Supplied with | Deployment weight<br>PC Bluetooth adapter<br>USB interface and charging cable<br>1.5 A charger<br>Valeport Connect software<br>Operating manual<br>System transit case |

As part of our policy of continuing development, Valeport Ltd. reserve the right to alter at any time, without notice, all prices, specifications, designs and conditions of sale of all equipment.
Valeport Ltd © 2019.
Datasheet Reference: SWiFT SVP | July 2019 |

*Ilustración 14. Especificaciones SVP*



## Calado de la nave aplicado

El calado se aplicó en post-proceso, el dato del calado se obtiene de manera directa midiendo desde la línea de flotación hasta la cara externa del transducer con el fin de medir ese parámetro

La corrección del calado durante el levantamiento fue de 0.30 Cm.

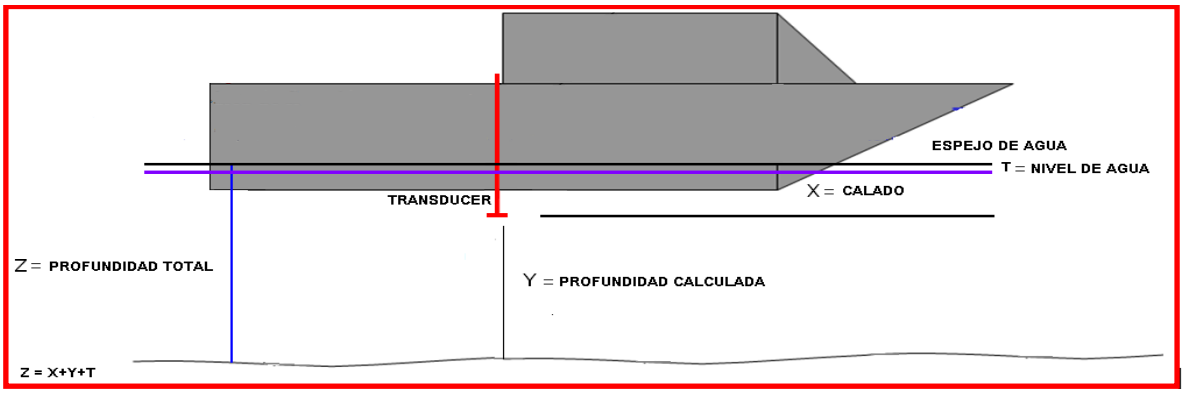



*Ilustración 15. Ilustración 13. Ilustración de la Medición del Calado*

## Procesamiento de datos hidrográficos

Los datos fueron editados con la herramienta de Editores del programa de Hypack, durante el cual la batimetría se corrigió con los parámetros de los niveles de agua (mareas) y calado de la embarcación, generándose los archivos editados y XYZ.



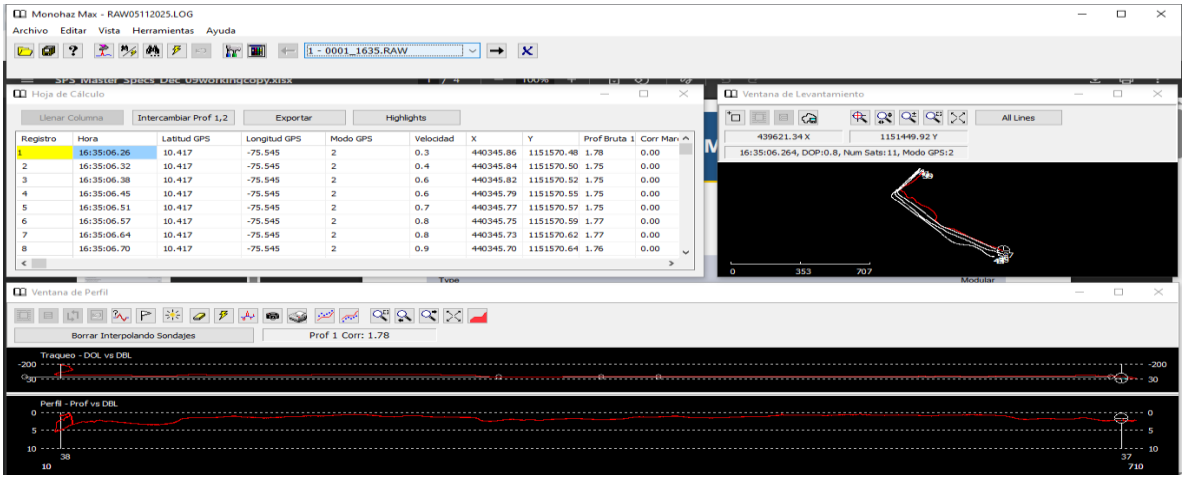



*Ilustración 16. Ilustración Herramienta de edición del Programa de Hypack*

El área de estudio presentó una mínima profundidad de 0.40 m y máxima profundidad de 6.4 m. con un Perímetro de 1.930,4 M y un área de 49.322,9 $M^2$ aproximados.

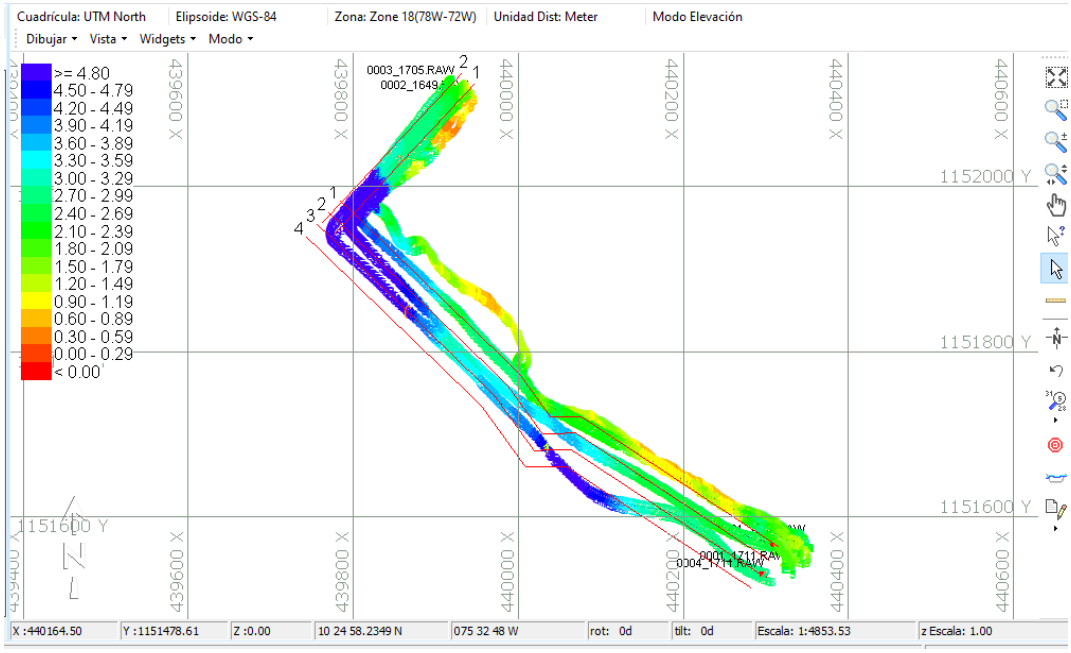



*Ilustración 17. Cubrimiento del Área de Estudios.*



## Plano Representativo Topográfico

Se elaboraron 01 Plano final a escala 7:50 de acuerdo con los siguientes parámetros:

| | |
|---|---|
| **Proyección:** | Transversa de Mercator |
| **Cuadrícula:** | U. T. M zona 17 norte, meridiano central 81 |
| **Origen Cartográfico:** | Origen Único Colombia<br>Latitud origen 04 – 00 – 00 N<br>Longitud origen 73 – 00 – 00 W |
| **Elipsoide:** | GRS8O |
| **Datum de sondeo:** | Lowest Astronomical Tide - LAT (promedio de las Bajamares de Sicigia). |

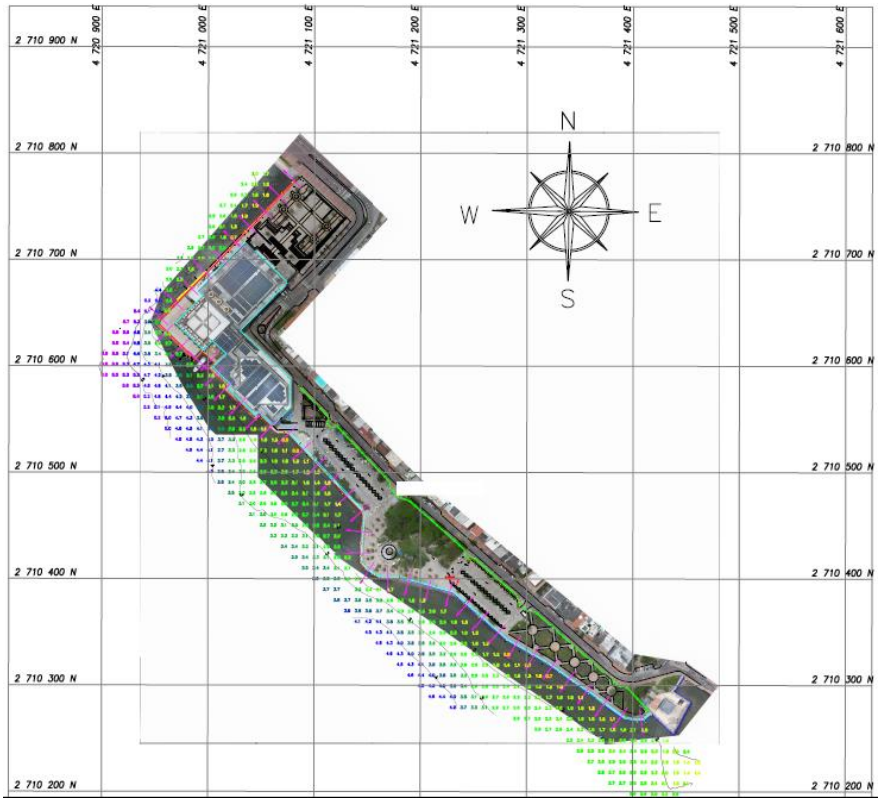





*Ilustración 18. Imagen del plano batimetrico del CCCI.*

## Anexos digitales

- **Lineas Hidrográficas**: Líneas de corridas.
- **RAW:** Datos recolectados.
- **Niveles de Agua**: Marea (Tabla Predicción de las mareas de Colombia – 2023, para el sector de Coveñas)
- **EDIT:** Datos procesados y corregidos por calado, Nivel de agua y Velocidad del Sonido.
- **Datos XYZ**: Nube de Puntos
- **Datos DXF**: Plano Final
- **Informe Final**

## Resultados de campo

El análisis batimétrico se fundamenta inicialmente en los puntos de batimetría en cumplimiento de los estándares OHI y a partir de allí se genera una superficie batimétrica sobre la cual podemos ver de manera más visual, las profundidades, siendo las menores tendiente hacia la paleta de los rojos y más profundo hacia la paleta de los azules. Ver Ilustración 19

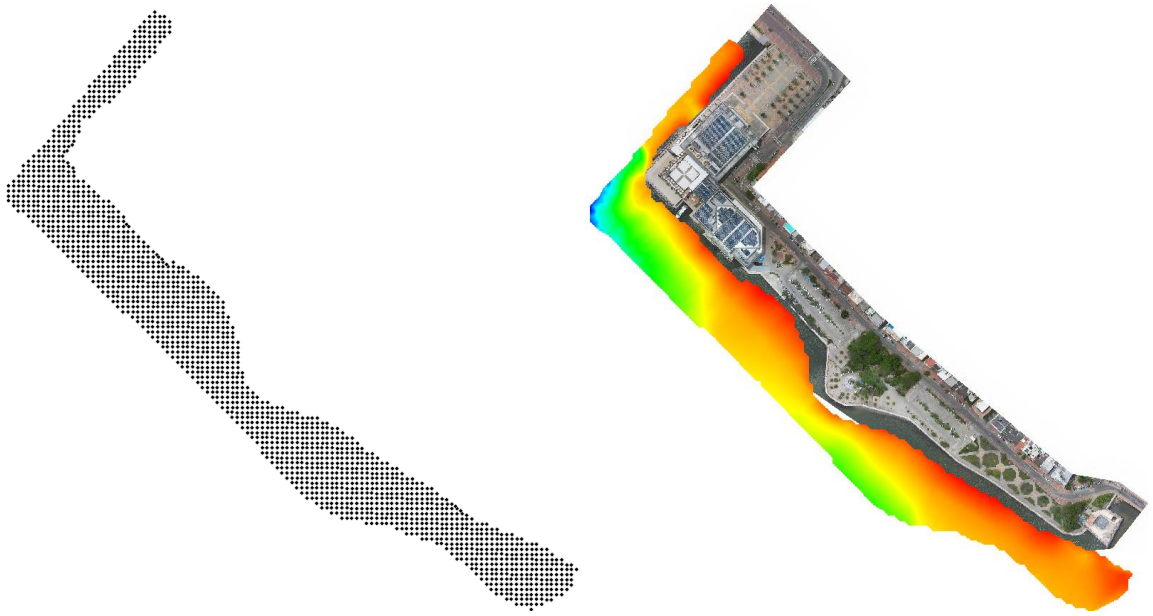


*Ilustración 19. Nube de puntos batimétricos y superficie batimétrica.*

Es así como finalmente se trazan los veriles o isolineas de profundidad y se muestra la paleta de colores. Ver Ilustración 20.

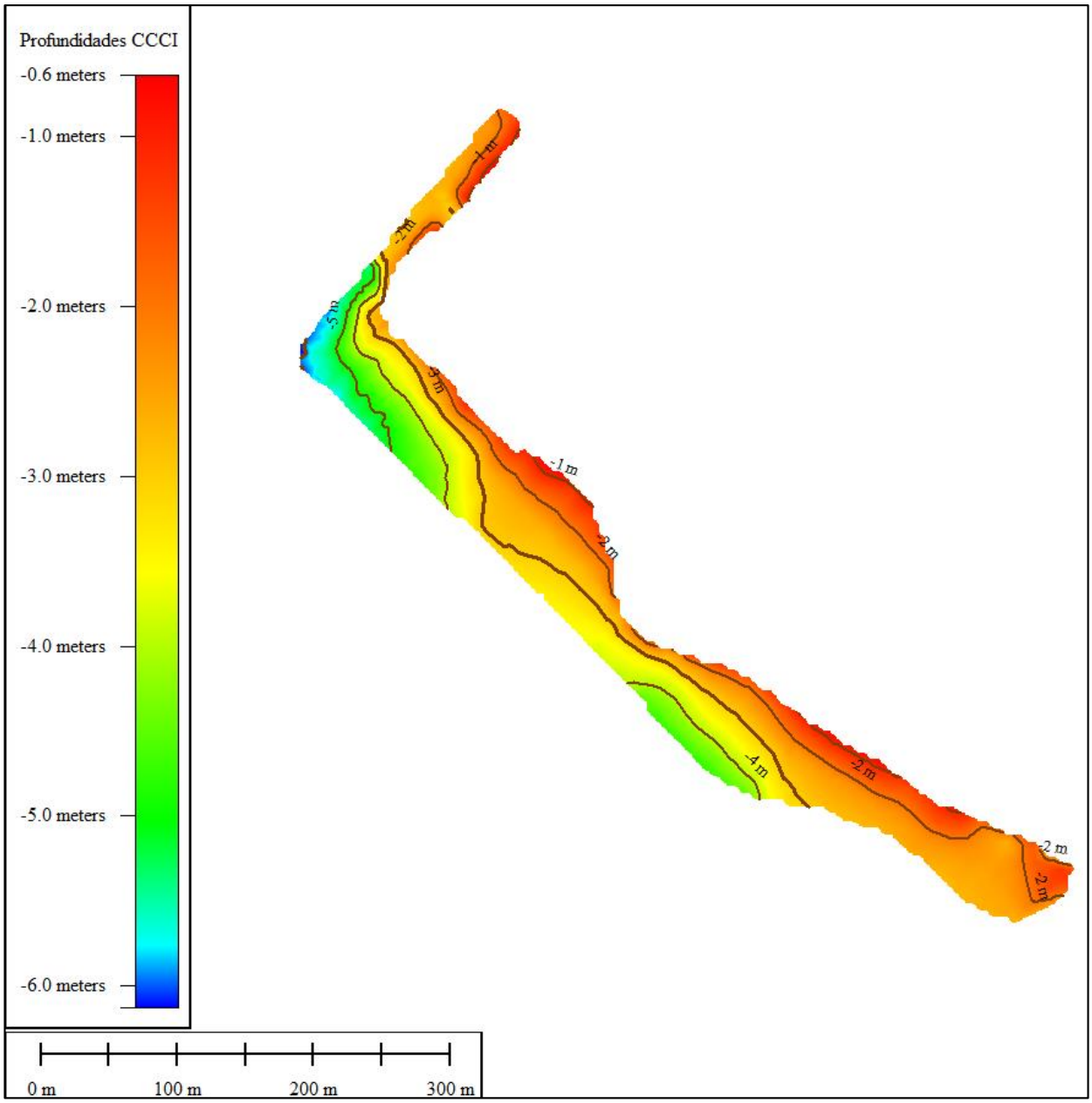



*Ilustración 20. Profundidades zona marina Centro de Convenciones Cartagena de Indias*

A continuación, se trazarán unos perfiles de manera tal que se puedan apreciar las pendientes de manera especial para que sean consideradas al momento de la búsqueda de la solución. Se trazan 22 perfiles que permitan caracterizar de manera general los sectores en cuanto a las diferencias de niveles, entendidos estos como profundidades, las pendientes y otros datos complementarios, no tienen una espacialidad regular.

Los datos sirven para analizar durante el diseño el sector cuenta con algún riesgo relacionado con posible pérdida de material en el fondo marino u otras consideraciones de parte del diseñador.

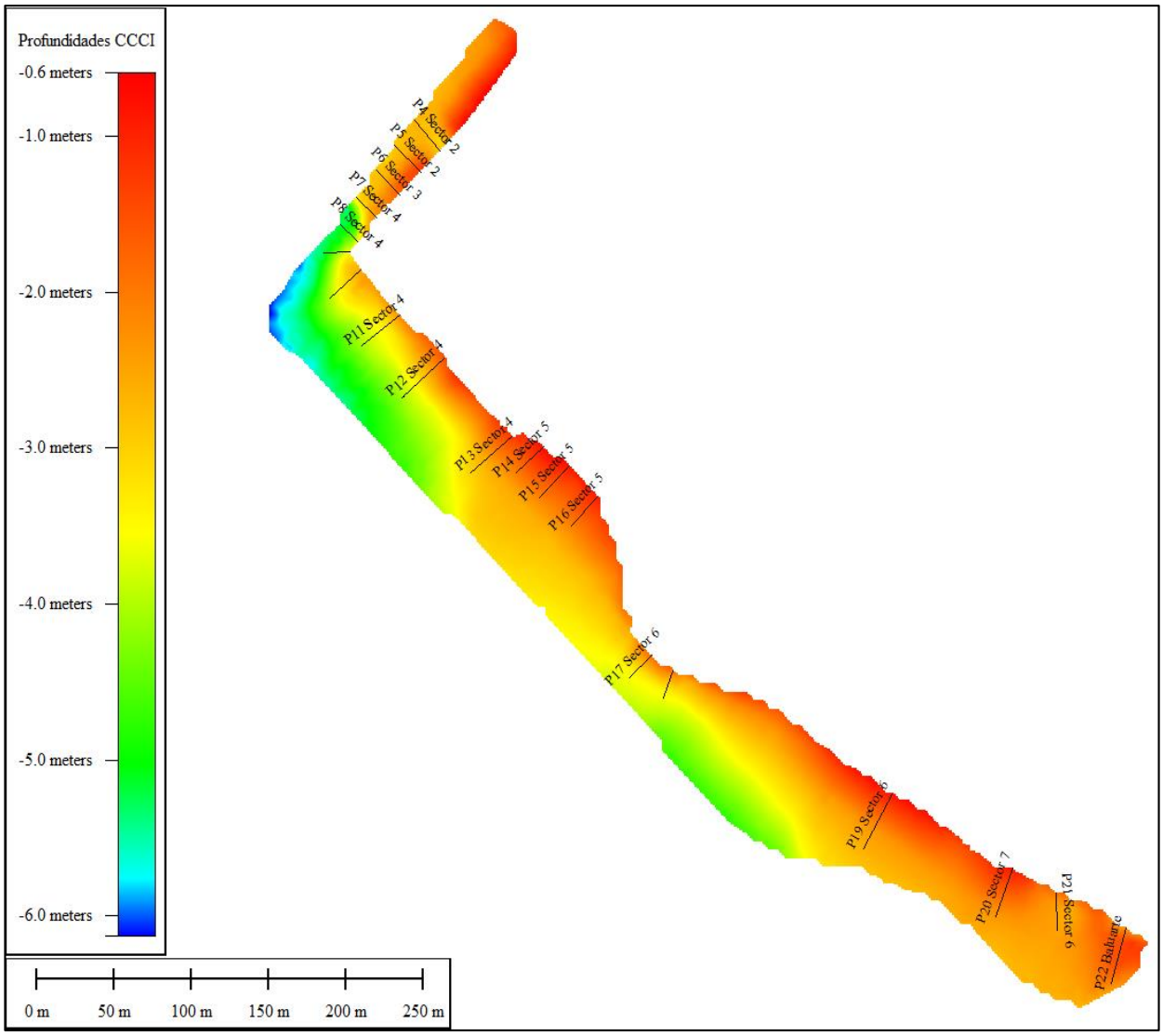



*Ilustración 21.rfiles para análisis de las profundidades.*

*Tabla 5. Perfiles batmétricos y sectores*

| SECTOR | NOMBRE PERFIL |
|---|---|
| Sector 1 | P1 |
| Sector 1 | P2 |
| Sector 1 | P3 |
| Sector 2 | P4 |
| Sector 2 | P5 |
| Sector 3 | P6 |
| Sector 4 | P7 |
| Sector 4 | P8 |
| Sector 4 | P9 |
| Sector 4 | P10 |
| Sector 4 | P11 |
| Sector 4 | P12 |
| Sector 4 | P13 |
| Sector 5 | P14 |
| Sector 5 | P15 |
| Sector 5 | P16 |
| Sector 6 | P17 |
| Sector 6 | P18 |
| Sector 6 | P19 |
| Sector 7 | P20 |
| Sector 7 | P21 |
| Baluarte | P22 |



En cada perfil se ha tomado como relevante la descripción de los cinco (05) primeros metros medidos perpendicularmente desde la estructura perimetral o lo mas cerca a ésta, hacia aguas de la bahía interior como son Bahía de las Animas para Sectores 1 a 4 y Bodeguita/Bahía Interior para Sectores 4 a 7 y Baluarte, considerando que es la zona que mayor interés tiene en el trabajo de recuperación o en el diseño de obras costeras.

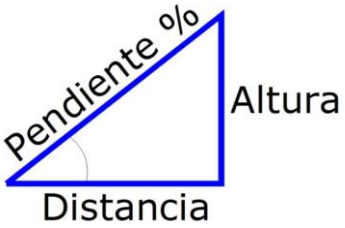



*Ilustración 22.Imagen considerativa para el cálculo de la pendiente*

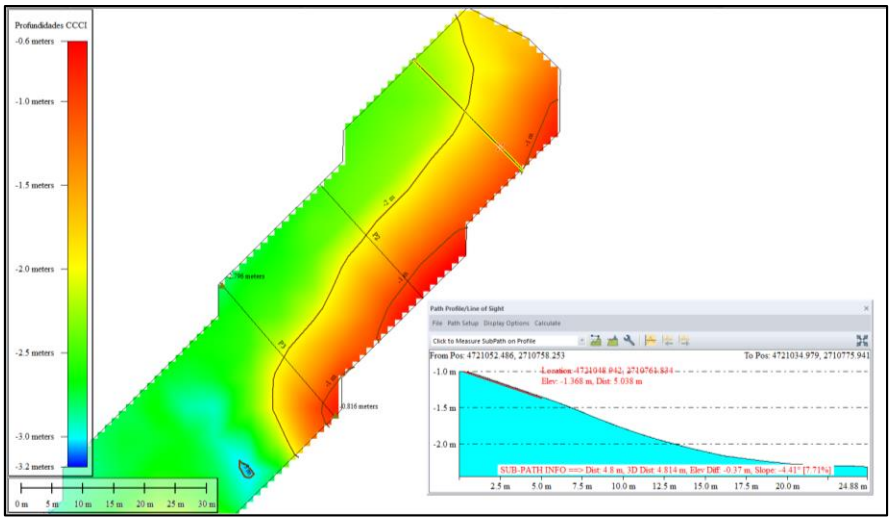



*Ilustración 23. P1 Sector 1.*

Perfil 1 Sector 1, medido desde Posición 27110758.253N,4721052.486 E de 24.88m de extensión en el extremo norte del muro perimetral de CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.37m (h) y una pendiente negativa de -4.41°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.4/5 aprox.



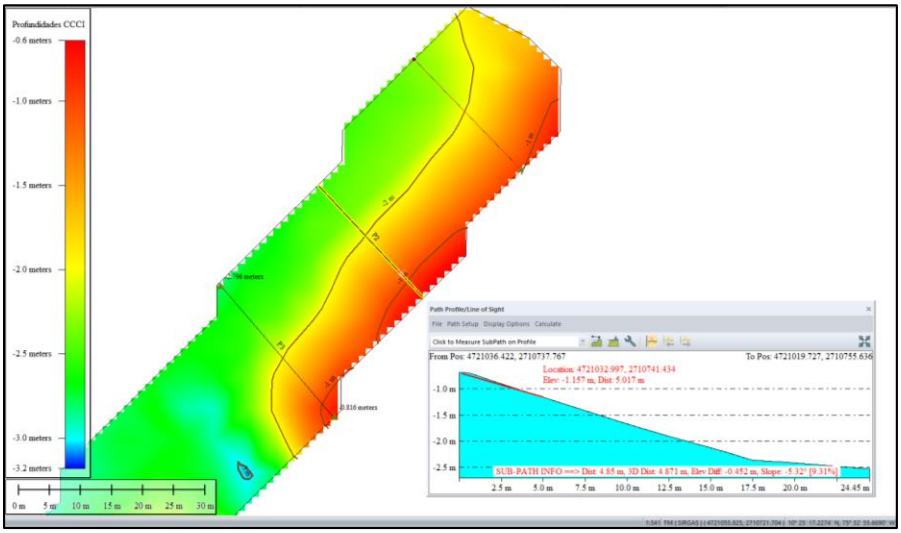



*Ilustración 24. P2 Sector 1.*

Perfil 2 Sector 1, medido desde Posición 2710737.767N,4721036.422E de 24.45m de extensión en el extremo norte del muro perimetral de CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.452m (h) y una pendiente negativa de -5.32°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.5/5 aprox.

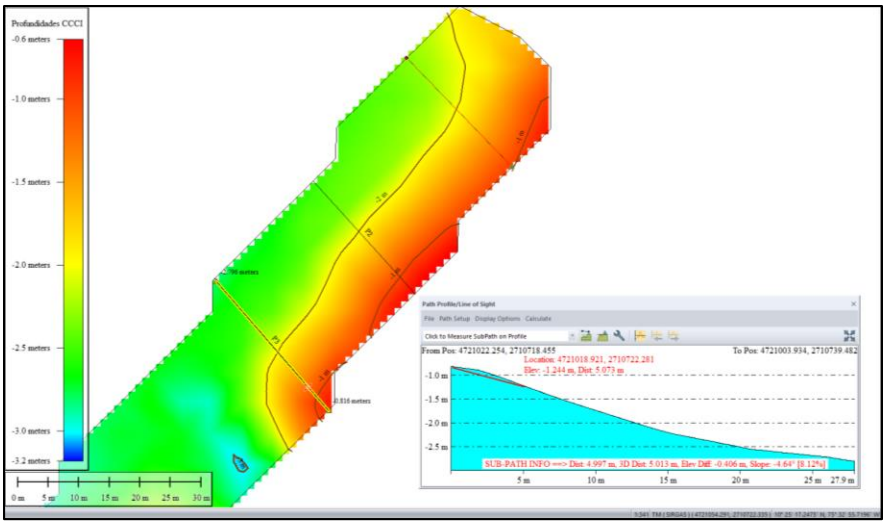



*Ilustración 25. P3 Sector 1.*

Perfil 3 Sector 1, medido desde Posición 2710718.455N,4721022.254E de 27.9m de extensión en el extremo norte del muro perimetral de CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.406m (h) y una pendiente negativa de -4.64°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.4/5 aprox.



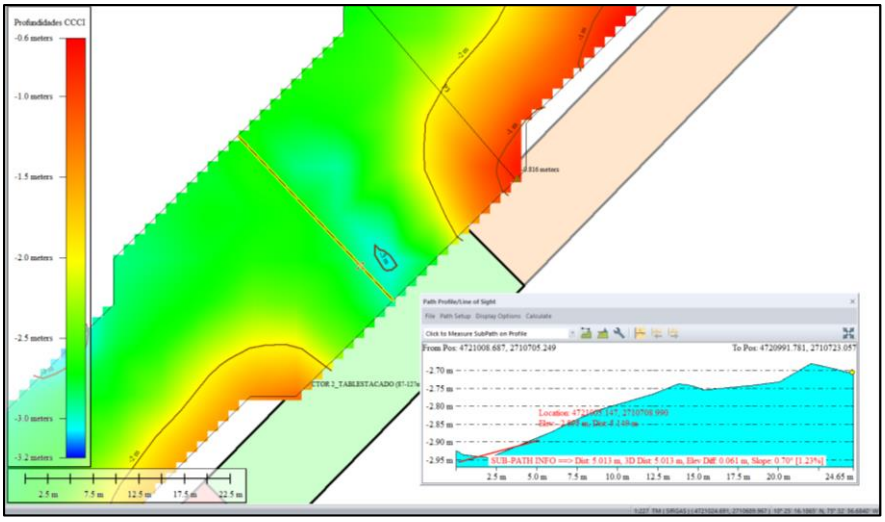



*Ilustración 26. P4 Sector 2.*

Perfil 4 Sector 2, medido desde Posición 2710705.249N,4721088.687E de 24.65m de extensión en el extremo norte del muro perimetral de CCCI lugar del tablestacado. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de +0.061m (h) y una pendiente positiva de

0.70°, lo cual indica que no se profundiza al contar con inclinación positiva con relación casi de 0 aprox.

Este sector muestra algo particular, se observa claramente que el sector fue profundizado a través de alguna relimpia o dragado, ya que se tiene mayor profundidad que en los espacios contiguos y en el resto del perfil de la Bahía de las Animas.

Nótese claramente lo anterior en la visualización del Perfil 4 en la Ilustración 26. P4 Sector 2. la profundización en color verde (mayores profundidades) mientras los espacios contiguos presentan una paleta de colores hacia los naranjas y rojos (menores profundidades).

A continuación, se muestra una vista transversal al Perfil 4 en dicho sector en la cual se observa claramente el valle y las crestas, indicando claramente profundización.

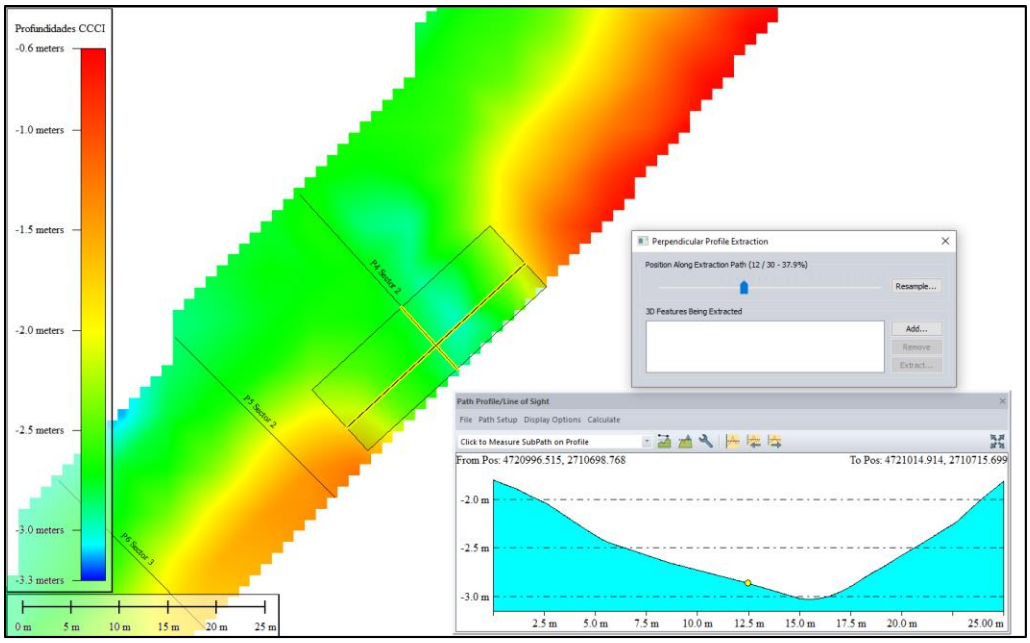



*Ilustración 27. P4 Sector 2. Vista transversal al perfil.*

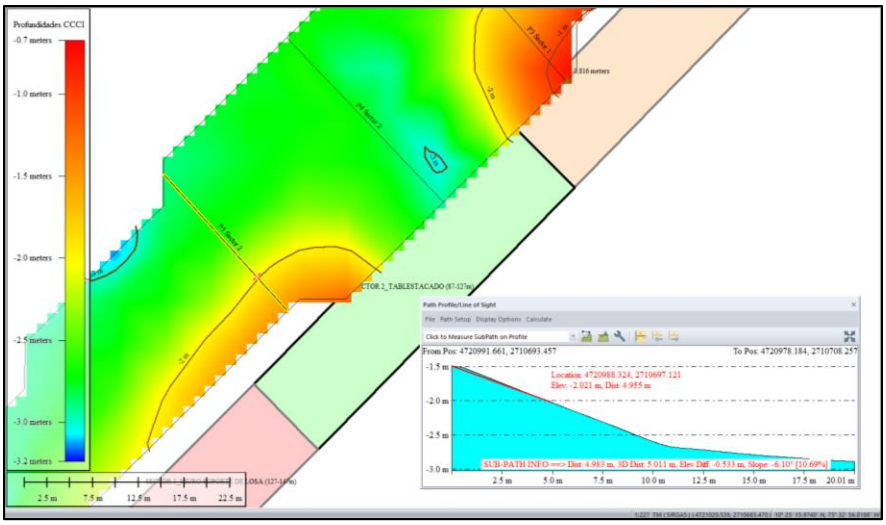



*Ilustración 28. P5 Sector 2.*

Perfil 5 Sector 2, medido desde Posición 2710693.457N,4720991.661E de 20.01m de extensión alaaltura del final del sector 2 tablestacado del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.533m (h) y una pendiente negativa de -6.10°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.5/5 aprox.



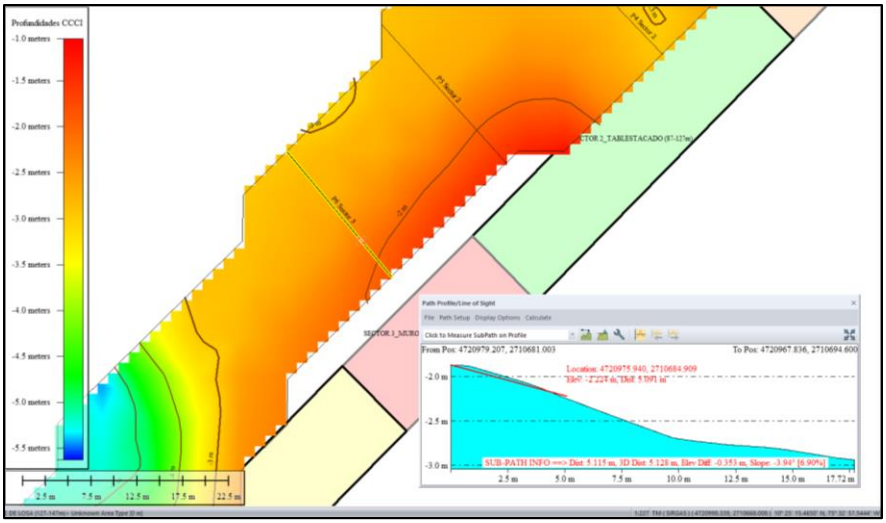



*Ilustración 29. P6 Sector 3.*

Perfil 6 Sector 3, medido desde Posición 2710681.003N,4720979.207E de 17.72m de extensión a la altura del acceso a la pasarela del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.353m (h) y una pendiente negativa de -3.94°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.4/5 aprox.

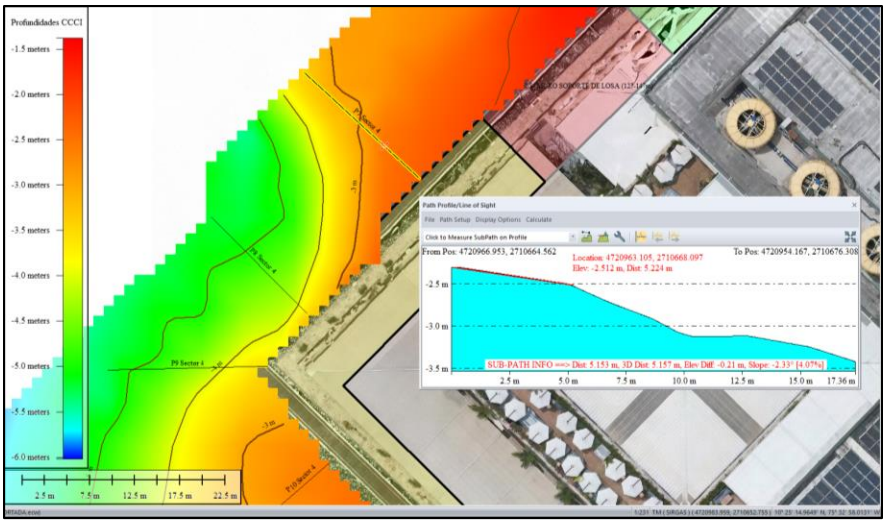



*Ilustración 30. P7 Sector 4.*

Perfil 7 Sector 4, medido desde Posición 2710664.562N,4720966.953E de 17.36m de extensión a la altura del metraje 157 en el claustro del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.21m (h) y una pendiente negativa de -2.33°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.2/5 aprox.



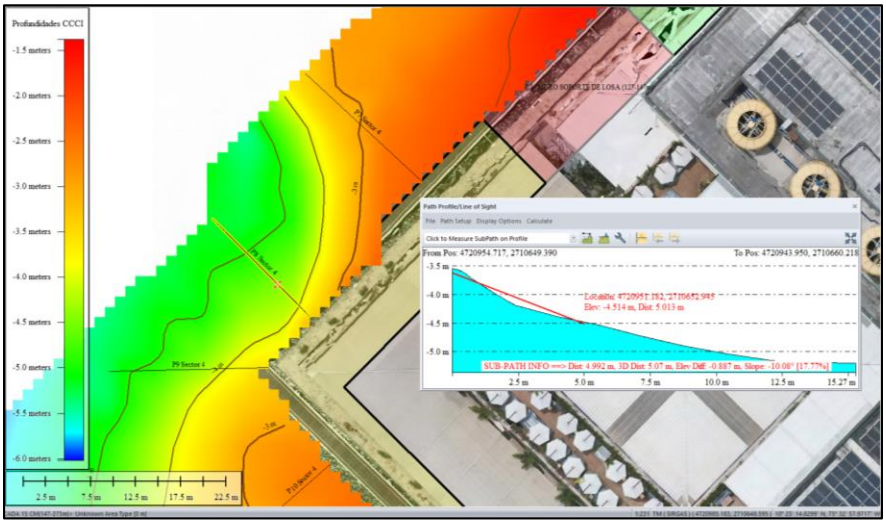



*Ilustración 31. P8 Sector 4.*

Perfil 8 Sector 4, medido desde Posición 2710649.390N,4720954.717E de 15.27m de extensión a la altura del metraje 174 en el claustro del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.887m (h) y una pendiente negativa de -10.08°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 1/5 aprox.

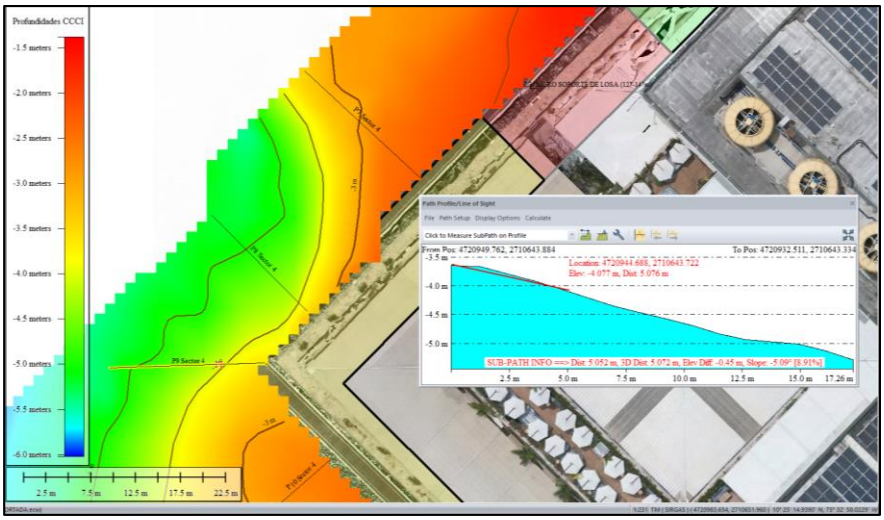



*Ilustración 32. P9 Sector 4.*

Perfil 9 Sector 4, medido desde Posición 2710643.390N,4720949.762E de 17.26m de extensión a la altura del metraje 182 esquina en el claustro del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.45m (h) y una pendiente negativa de -5.09°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.5/5 aprox.



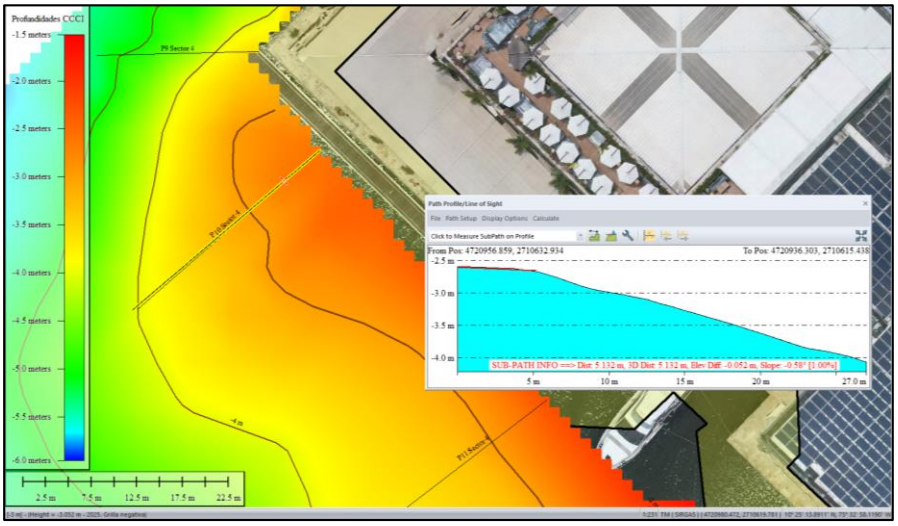



*Ilustración 33. P10 Sector 4.*

Perfil 10 Sector 4, medido desde Posición 2710632.934N,4720956.859E de 27.0m de extensión a la altura del metraje 194 en el claustro del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.052m (h) y una pendiente negativa de -0.58°, lo cual indica que es muy plano el terreno y poco se profundiza.

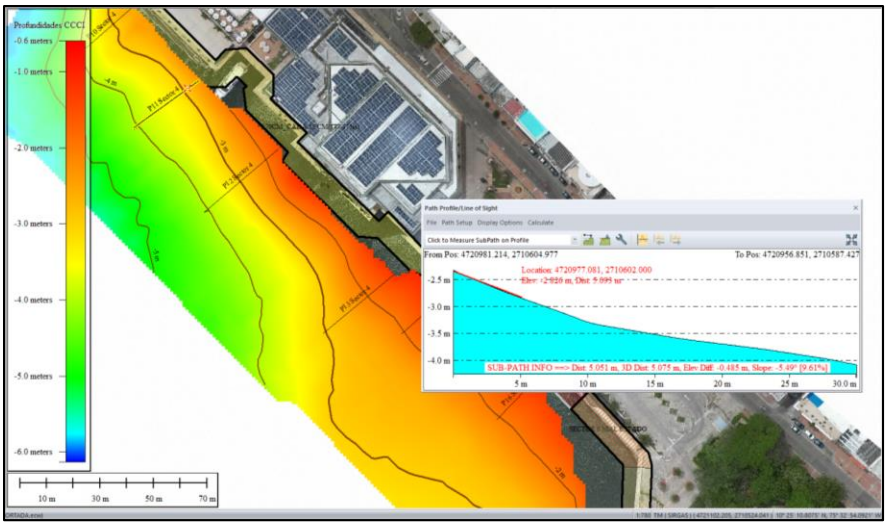



*Ilustración 34. P11 Sector 4.*

Perfil 11 Sector 4, medido desde Posición 2710604.977N,4720981.214E de 30m de extensión a la altura del metraje 231 esquina sur del claustro del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.485m (h) y una pendiente negativa de -5.49°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.5/5 aprox.



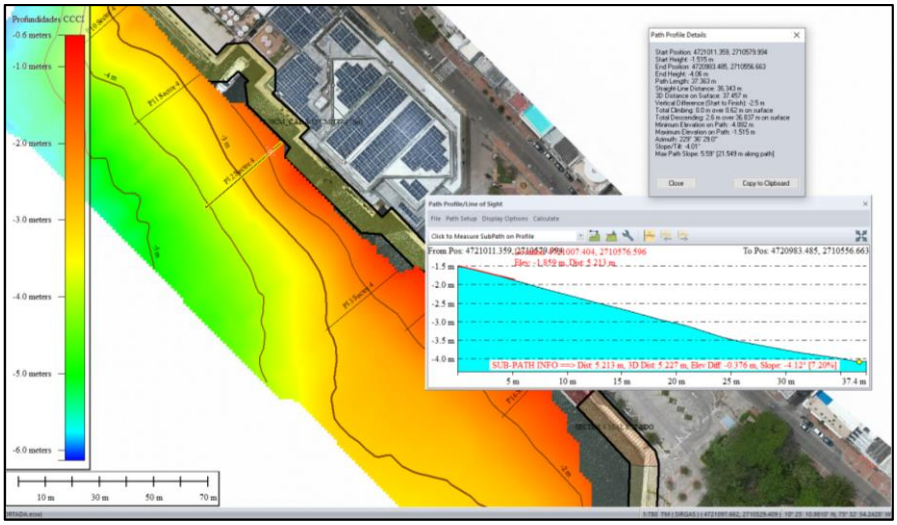



*Ilustración 35. P12 Sector 4.*

Perfil 12 Sector 4, medido desde Posición 2710579.994N,4721011.359E de 37.4m de extensión a la altura del metraje 288 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.376m (h) y una pendiente negativa de -4.12°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.4/5 aprox.

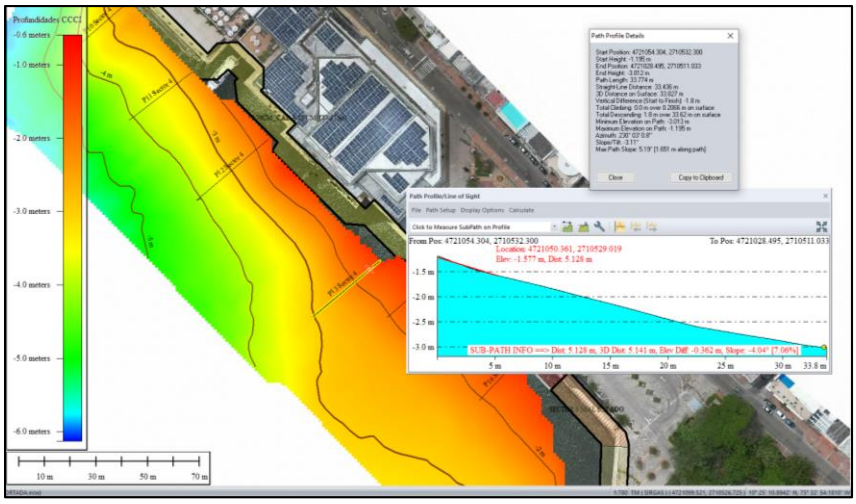



*Ilustración 36. P13 Sector 4.*

Perfil 13 Sector 4, medido desde Posición 2710532.300N,4721054.304E de 33.8m de extensión a la altura del metraje 360 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.362m (h) y una pendiente negativa de -4.04°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.4/5 aprox.



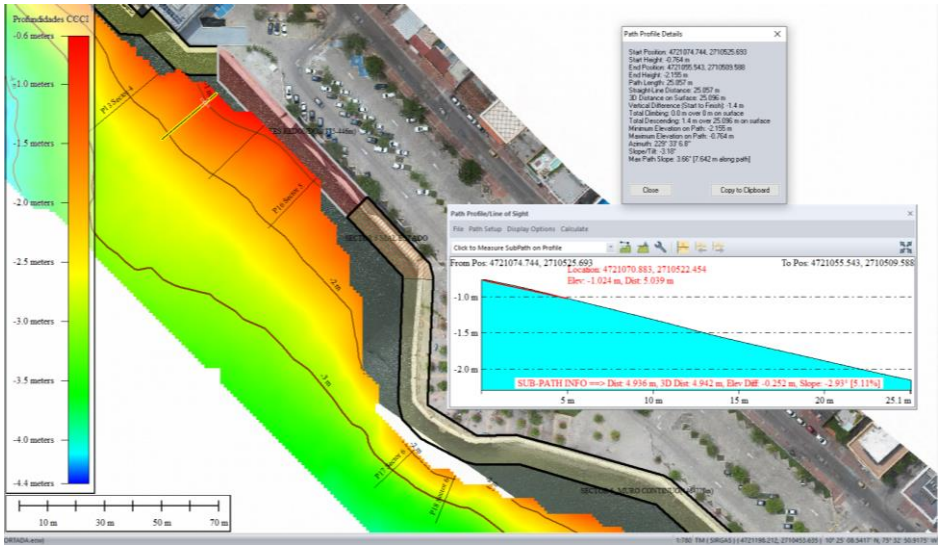



*Ilustración 37. P14 Sector 5.*

Perfil 14 Sector 5, medido desde Posición 2710525.693N,4721074.744E de 25.1m de extensión a la altura del metraje 383 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.252m (h) y una pendiente negativa de -2.93°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.3/5 aprox.

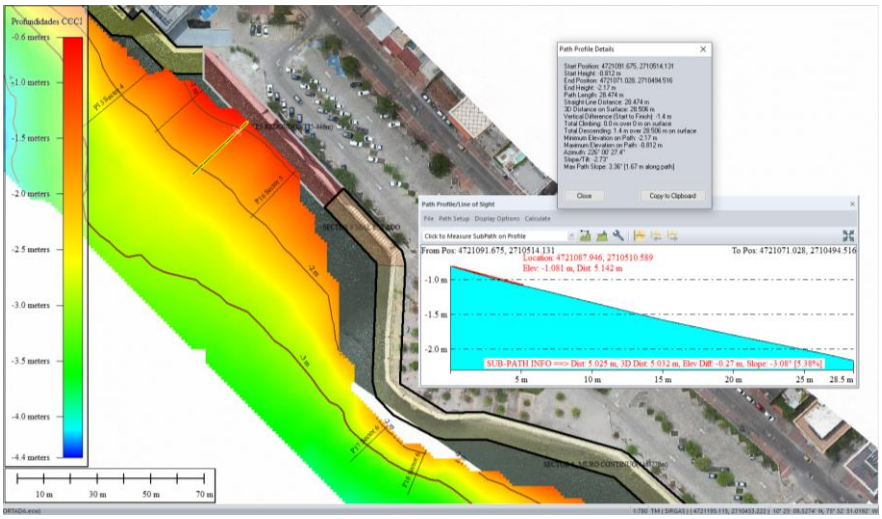



*Ilustración 38. P15 Sector 5.*

Perfil 15 Sector 5, medido desde Posición 2710514.131N,4721091.675E de 28.5m de extensión a la altura del metraje 403 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.27m (h) y una pendiente negativa de -3.08°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.3/5 aprox.



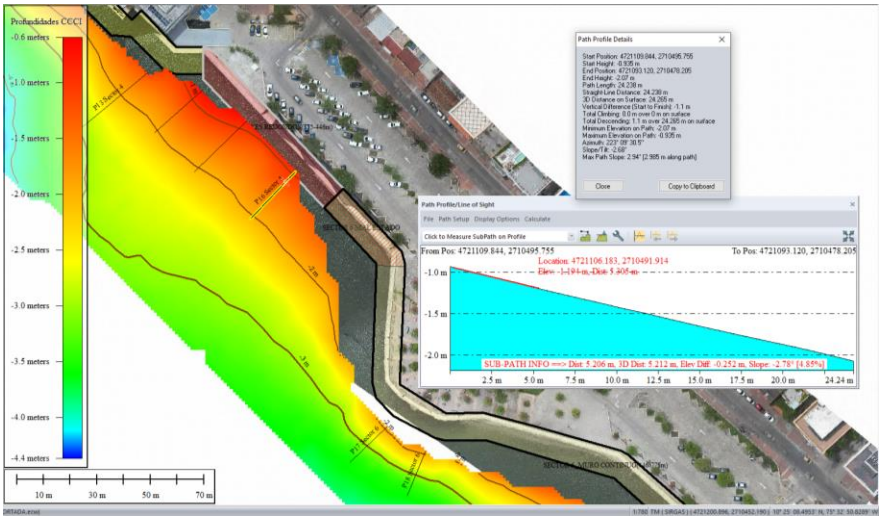



*Ilustración 39. P16 Sector 5.*

Perfil 16 Sector 5, medido desde Posición 2710495.755N,4721109.844E de 24.24m de extensión a la altura del metraje 429 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.252m (h) y una pendiente negativa de -2.78°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.3/5 aprox.

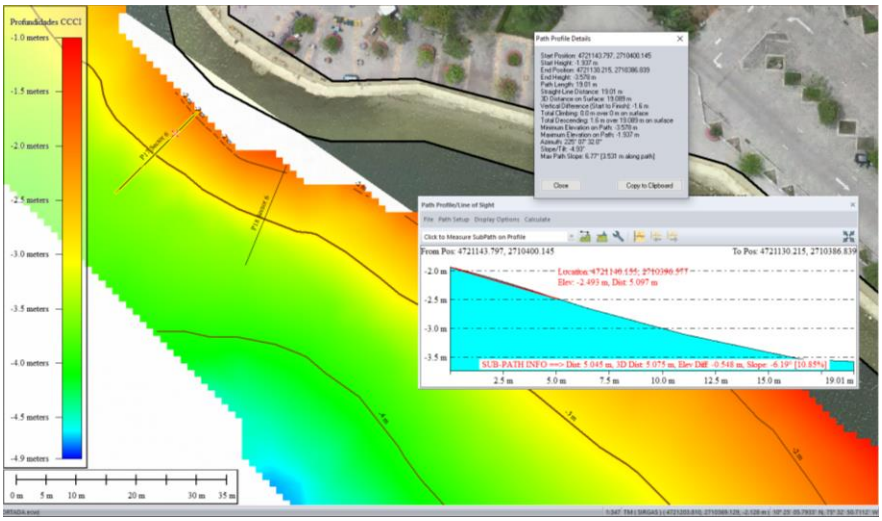



*Ilustración 40. P17 Sector 6.*

Perfil 17 Sector 6, medido desde Posición 2710400.145N,4721143.797E de 19.01m de extensión a la altura del metraje 535 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.548m (h) y una pendiente negativa de -6.19°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.5/5 aprox.



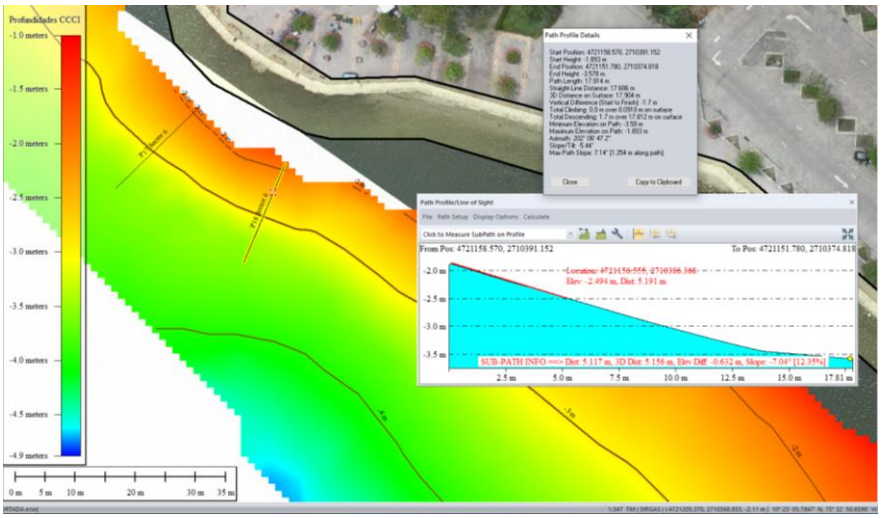



*Ilustración 41. P18 Sector 6.*

Perfil 18 Sector 6, medido desde Posición 2710391.152N,4721158.570E de 17.81m de extensión a la altura del metraje 550 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.632m (h) y una pendiente negativa de -7.04°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.6/5 aprox.

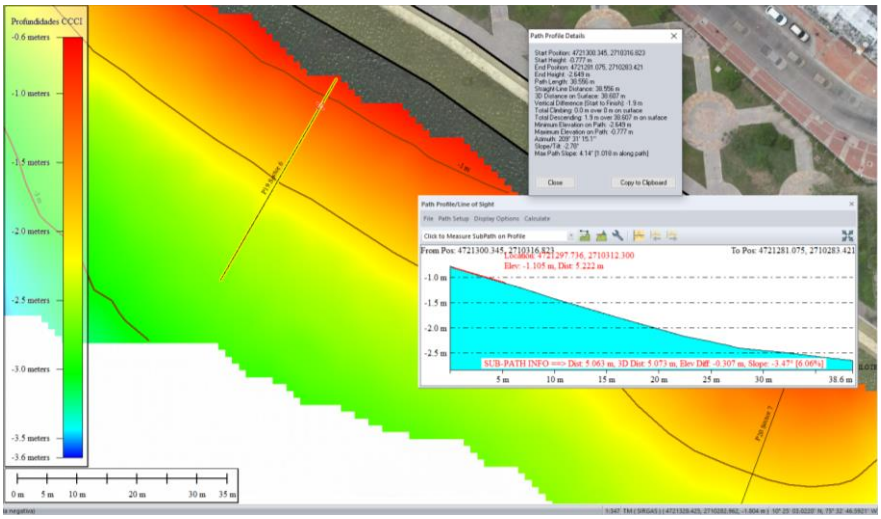



*Ilustración 42. P19 Sector 6.*

Perfil 19 Sector 6, medido desde Posición 2710316.823N,4721300.345E de 36.6m de extensión a la altura del metraje 716 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.307m (h) y una pendiente negativa de -3.47°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.3/5 aprox.



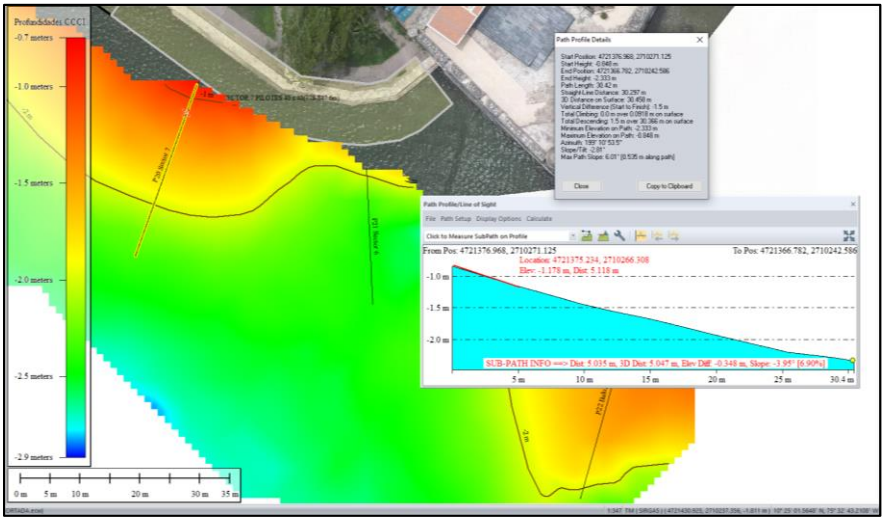



*Ilustración 43. P20 Sector 7.*

Perfil 20 Sector 7, medido desde Posición 2710271.125N,4721376.968E de 30.4m de extensión a la altura del metraje 807 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.348m (h) y una pendiente negativa de -3.95°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.4/5 aprox.

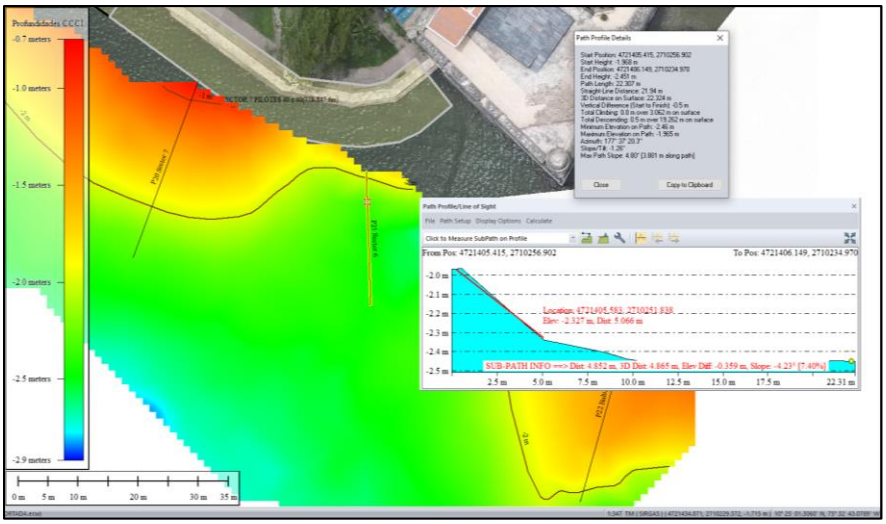



*Ilustración 44. P21 Sector 7.*

Perfil 21 Sector 7, medido desde Posición 2710256.902N,4721405.415E de 22.31m de extensión a la altura del metraje 833 del CCCI. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de -0.359m (h) y una pendiente negativa de -4.23°, lo cual indica que se profundiza al contar con inclinación descendente con relación de 0.4/5 aprox.



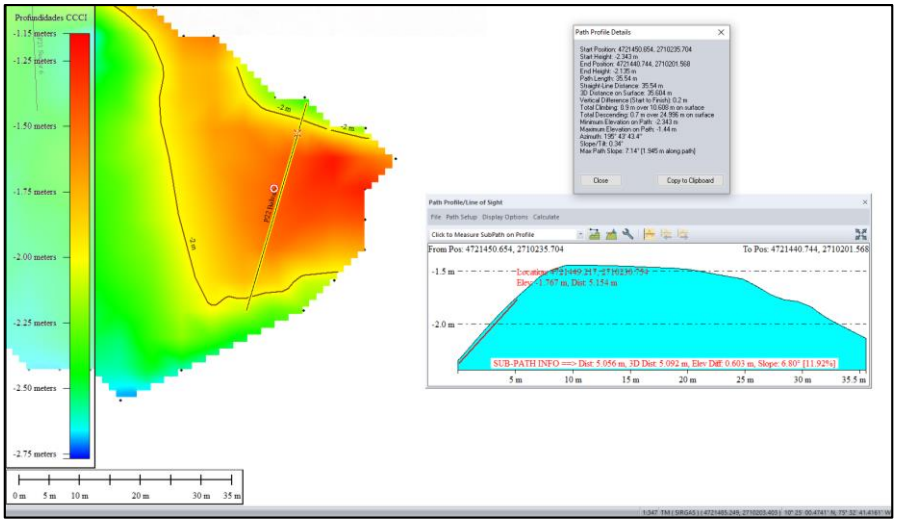



*Ilustración 45. P22 Baluarte El Reducto.*

Perfil 22 Sector Baluarte El Reducto, medido desde Posición 2710235.704N,4721450.654E de 35.5m de extensión a la altura del Baluarte El Reducto. A una distancia de 5 m aprox (l). presenta una diferencia de profundidades de +0.603m (h) y una pendiente positiva 6.80°, lo cual indica que sencillamente a la base del Baluarte con una profundidad de aprox. 2m se le coloca poco

delante una barrera de protección concentrada a fin de protegerla de los embates de laerosión y afectaciones de corrientes y oleajes naturales o debido a las naves. Se recomienda tener de ejemplo para el sector de las comidas Food Trucks.

## Conclusiones Hidrografia

- Toda el área presenta pendientes inferiores a 1/5 lo cual se considera muy positivo.
- El sector de las comidas en la Plazoleta de los Food Trucks se observa como una saliente importante a ser protegida, el diseñador debe cotejar el estado del sector y vida útil deseada.
- El Sector 2 fue sometido a una relimpia o dragado, se considera pertinente analizar su condición actual frente a solución deseada.
- El área de estudios se cubrió acuerdo con lo planeado, sin embargo, el acercamiento a la costa siempre fue un limitante.
- La corrección por nivel de agua (mareas), se efectuó acuerdo con la Tabla Predicción de las Mareas de Colombia – 2025. Mayo de 2025 Cartagena.
- Acuerdo con la Tabla Predicción de las Mareas de Colombia – 2025. Mayo de 2025 Cartagena el datum de referencia fue el LAT Marea Astronómica Más Baja.
- De acuerdo con la Tabla Predicción de las mareas de Colombia – 2025. Mayo de 2025 Cartagena, en el tiempo de la recolección de los datos se observó una Pleamar de 0.18 cm y una Bajamar de 0.17 cm
- Los datos de profundidades fueron corregidos por velocidad del sonido en 1535 m/s (este valor fue configurado directamente en los parámetros de la ecosonda), y por calado fue de 0.30 Cm.
- Teniendo en cuenta la normatividad de la Organización Hidrográfica Internacional de la OHI–S44 Estándares para Levantamientos Hidrográficos 6ta. Ed. febrero 2020 y de acuerdo con lo planeado en este documento, el levantamiento se **clasificó como orden 2**, la separación quilla-fondo no representa ningún riesgo para el tipo de embarcación que se espere navegue por este sector.
- Teniendo en cuenta lo desarrollado en este Documento, se da el cumplimiento de los requisitos de la RESOLUCIÓN NÚMERO (0123-2022) MD-DIMAR-SUBDEMAR-GINSEM-ARINV 10 DE FEBRERO DE 2022 y Circular DIMAR No. CR-20210061 - Adopción del Nuevo Sistema de Proyección Cartográfico Con un Único Origen Para Colombia.
- Personal y equipos sin novedad.

## 4.3. Levantamiento Sonar de Barrido Lateral (SSS) en el CCCI

### Generales

Los servicios consisten en efectuar una búsqueda de posibles objetos en lecho marino y anomalías en las inmediaciones del Centro de Convenciones Cartagena de Indias, para esta búsqueda se utiliza el sonar de barrido lateral STARFISH 990f de la fábrica inglesa TRITECH.

Este informe pretende presentar las metodologías utilizadas, los equipos empleados, resultados de procesamiento.

El estudio se efectuó en área del marítima de las inmediaciones de Centro de Convenciones Cartagena de Indias en la Bahía de las Animas, en esta área de estudio se cubrió un total de 51.000 metros cuadrados aproximadamente.

### Listado de Personal



El levantamiento se realizó a bordo de la lancha de nombre Amigos con la participación del siguiente personal.

| | |
|---|---|
| Jairo González Paternina | Hidrógrafo |
| Richard Guzmán Martínez | Hidrógrafo |

### Geodesia

El Levantamiento fue ajustado a los parámetros técnicos necesarios para realizar los levantamientos de precisión que exige la DIMAR. En este se aplicó las especificaciones técnicas consignadas y exigidas por la Capitanía de Puerto. Así mismo se aplicó los términos de la Circular DIMAR No. CR-20210061 - Adopción Del Nuevo Sistema de Proyección Cartográfico Con un Único Origen Para Colombia.

*Tabla 6. Parametros geodésicos*

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Proyección | Transversa de Mercator |
| Elipsoide | GRS80 |
| Origen: Latitud | 4° N |
| Origen: Longitud | 73° W |
| Falso Este | 5000000 |
| Falso Norte | 2000000 |
| Unidades | Metros |
| Factor de escala | 0,9992 |

## Equipo y Software

### Control Horizontal.

### GPS G-Star IV

*Ilustración 46. GPS G-Star IV*

**ESPECIFICACIONES GPS BU-353S4**

Características eléctricas (receptor)
Conjunto de chips GPS SiRF STAR IV GSD4e
Frecuencia L1, 1575.42 MHZ
Código C / A Velocidad de chip de 1.023 MHz
Canales 48
Sensibilidad -163dBm
Exactitud
Posición horizontal <2.5m 2D RMS SBAS Enable
Velocidad 0.1m / sec 95% (SA apagado),
Hora 1 micro-segundo sincronizada con la hora del GPS
WAAS habilitado para productos de América del Norte (USGlobalSat, Inc)
Dato
Datum WGS-84
Tasa de adquisición
Arranque en caliente 8 segundos, promedio (con efemérides y almanaque válidos)
Inicio cálido 35 segundos, promedio (con almanaque pero no efemérides)
Inicio en frío 35 segundos, promedio (ni almanaque ni efemérides)
Readquisición 0.1 seg. promedio (tiempo de recuperación de interrupción) Protocolo
Protocolo GPS Predeterminado: NMEA 0183 (Secundario: SiRF binario)
Datos de salida GPS
Binario SiRF >> posición, velocidad, altitud, estado y control NMEA 0183 MEA0183 V3.0 protocolo y soporta comando: GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL v2.2 (VTG y GLL son opcionales)
Velocidad de transferencia de GPS Configuración de comando de software (Predeterminado: 4800, n, 8,1 para NMEA)
Condición dinámica
Límite de aceleración inferior a 4 g
Límite de altitud 18,000 metros (60,000 pies) máx.
Límite de velocidad 515 metros / seg. (1,000 nudos) máx.
Límite de tirón 20 m / seg ** 3
Temperatura
Funcionamiento -40 ° ~ 80 ° C
Almacenamiento -40 ° ~ 85 ° C
Humedad Hasta 95% sin condensación
Poder
Voltaje 5V ± 5%
Corriente 60mA típica
Características físicas
Dimensión 2.32 "x 1.65" x 0.82 "(59 mm x 47 mm x 21 mm)
Longitud del cable USB 60 "(152 cm)
Amplificador de bajo ruido
Amplificador Ganancia sin cable 27 dB Típico Filtrado -25dB (+100 MHz) Salida VSWR 2.0 Máx.
Voltaje DC 3 ~ 5.0V
Corriente 15mA max @ 5VDC

**Sonar de Barrido Lateral STARFISH 990f**

*Ilustración 47. SBL Starfish 990f*

**Especificaciones sonar Starfish 990f**

Dimensiones Longitud 166 mm (6,54").
Ancho 106 mm (4,17").
Altura 34 mm (1,34").
Peso en el aire aprox. 0,4 kg (0,88 lb).
Voltaje de fuente de alimentación 90-264 V CA, 47-63 Hz con adaptador de red.
Alimentación 9-28 V CC.
Consumo 2,4W (200mA @ 12V) aprox.
6 W (500 mA a 12 V) aprox.
Interfaces de alimentación: conector jack de CC de 2,1 mm.
Conector de datos USB tipo B.
Zócalo acústico hembra tipo D de 9 vías.
Rango de temperatura ambiental: -5 °C a +40 °C (23 °F a 104 °F). Clasificación IP IP50 (Protegido contra la entrada de polvo, sin protección contra la entrada de líquidos).
Dimensiones Longitud 378 mm (14,88").

Ancho 110 mm (4,33").
Altura 97 mm (3,81").
Peso en el aire aprox. 2,0 kg (4,4 lb).
En agua dulce aproximadamente 1,0 kg (2,2 lb).
Construcción del cuerpo: Caucho de poliuretano rojo reforzado.
Clasificación de profundidad 50 m (164 pies).
Longitud del cable de remolque 20 m (65,6 pies).
Esfuerzo de rotura >150 kg (330,7 lb).
Construcción: Revestimiento de poliuretano negro con interior de Kevlar. elemento de refuerzo (deformación). Radio de curvatura mínimo 30 mm (1,2").
Disposición del transductor Transductores montados en aletas dobles, con inclinación de 30° ángulo desde la horizontal.
Haz vertical de 60° de ancho nominal (nivel de señal de -3dB).
Haz horizontal de 0,3° de ancho nominal (nivel de señal de -3 dB).
Frecuencia acústica 1000 kHz nominal.
Alcance de 1 m a 35 m (3 pies a 115 pies) en cada canal Proporcionando una cobertura total máxima de 70 m (230 pies).
Modo de compresión de pulsos CHIRP.
Longitud de pulso 100µs típica.
Fuente de transmisión
Nivel de potencia
<210 dB re 1 Pa a 1 m



**Software.**

Software especializado para el levantamiento y procesamiento de imágenes de sonar.

*Ilustración 48. Software Sonarwiz Ver 6*

Software SCANLINE versión 2 .1 para el control del sonar, análisis de los datos obtenidos

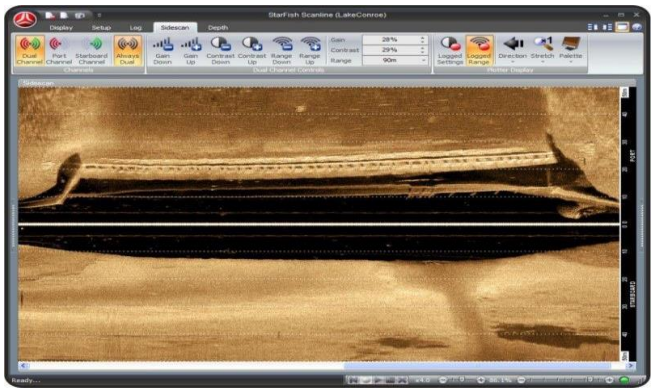


*Ilustración 49. Software Scanline 2.0*

## Levantamiento Hidrográfico con Sonar de Barrido Lateral



El levantamiento con sonar de barrido lateral sonar fue realizado en el la Bahía de las Animas, en inmediaciones del Centro de Convenciones Cartagena de Indias

El SBL (Sonar de Barrido Lateral en español) es ahora aceptado como una ayuda esencial para el levantamiento moderno y permanece el hecho de que ningún levantamiento en la plataforma continental puede ser considerado completo a menos que se haya realizado un barrido completo del sonar e investigado todos los contactos.

Además de localizar las ruinas y las obstrucciones entre las líneas de levantamiento, el SBL también proporciona una cantidad considerable de otra información del fondo marino.

Estos datos, cuando se combinan con las muestras del fondo marino y los contornos de la profundidad para producir la clasificación del fondo marino, son de gran valor para aquellos relacionados con interpretación del mismo.

Cuando se usa en el levantamiento hidrográfico, el SBL tiene cuatro funciones principales:

- La detección de naufragios y de obstrucciones entre las líneas de sondeo. Aunque la posición exacta y la menor profundidad no pueden ser determinadas por el SBL, un sonar correctamente calibrado y utilizado detectará casi todos los accidentes significativos entre las líneas.

- La detección de otros accidentes del fondo marino. Correctamente usado, el SBL puede detectar accidentes muy pequeños del fondo marino. A pesar de que no sean peligrosas a la navegación, las posiciones de tales objetos, o grupos de accidentes, son de importancia considerable en operaciones militares y submarinas.

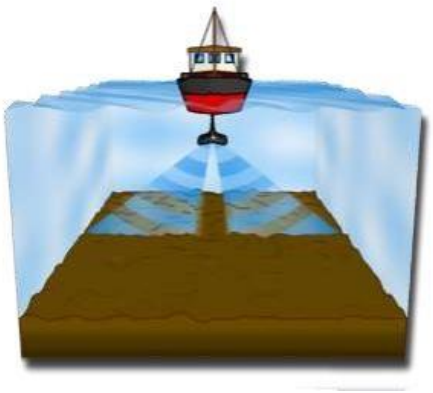
- La agrupación de la clasificación de los datos del fondo marino. El conocimiento de la textura del fondo marino, combinada con las muestras, es de gran importancia para las operaciones militares y submarinas, y para los pesqueros y el desarrollo de los recursos.

- La identificación de áreas dinámicas del fondo marino. La presencia de ondas de arena y de pliegues son indicaciones de que el fondo marino en un área en particular es dinámico.



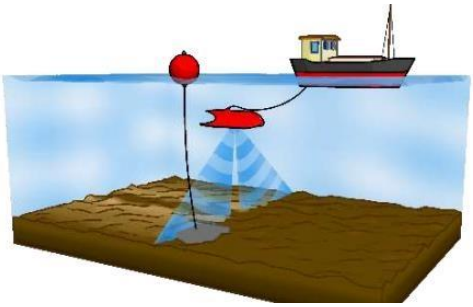
Los métodos de operación del SBL:

Instalación Fija en un Poste



De acuerdo a los criterios de búsqueda en áreas donde se desconoce la profundidad por seguridad, se inician los barridos instalando el sonar en poste fijo a la embarcación sumergido por debajo de quilla, con el fin de obtener una idea inicial del área de estudio y de esta forma asegurarse de la presencia o no de objetos que puedan poner en riesgo la integridad del sonar.

Sonar Remolcado



El sonar es remolcado por la popa de la embarcación o uno de los costados llevándolo a distancia prudente del fondo, este método permite obtener imágenes con una sobra acústica más definida dependiendo del tamaño y forma del fondo u objeto.

Estos dos métodos tienen sus ventaja y desventajas:

El primero solo se puede realizar en áreas cubiertas y donde prácticamente no exista oleaje, ya que este afecta la calidad de las imágenes, por otra parte, si es muy profunda el área las sombras acústicas no estarán definidas y por ende es más difícil su interpretación. Ventajas es que se pueda llegar a aguas muy someras sin exponer el sonar, el posicionamiento de las imágenes es 100% más preciso algo muy importante a la hora de efectuar la cartografiar e inspección de los objetos detectados.



El segundo está restringido en bajas profundidades, las áreas deben ser conocidas y de morfología estable, se debe hacer un reconocimiento inicial del área a una altura segura y luego planear el levantamiento, este permite establecer la altura óptima para obtener la mejor sombra acústica. Desventajas el posicionamiento ya que este es aproximado.

El levantamiento se efectuó mediante el uso del sonar de barrido lateral STARFISH 990F y GPS, estos equipos se enlazaron a un computador portátil con el software de levantamientos Starfish, el cual controla el sonar, captura y almacena la información.

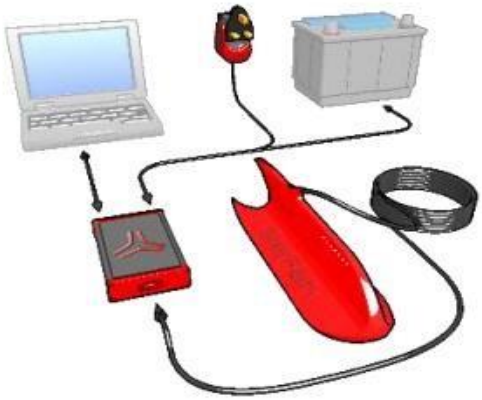


*Ilustración 50. Distribución de Equipos*

Teniendo en cuenta la poca profundidad del área y las condiciones del meteomarina del área de estudio se utilizó el método de fijado en a la embarcación, de esta manera se garantizó el cubrimiento en las áreas más bajas sin poner en riego el sonar, y obteniendo imágenes de alta calidad, exente resolución y una alta precisión en posición dadas también las condiciones.

*Ilustración 51. Disposición de equipos abordo y en el agua*

El levantamiento se realizó mediante el seguimiento de las líneas con una velocidad promedio de 3 nudos, donde se realizaron perfiles paralelos a las orillas y parte central del área de estudio con rangos de 20 a 30 metros, lo que permitió el barrido total del área de estudio de manera reiterativa.

*Ilustración 52. Líneas Ejecutadas*



## Procesamiento de datos hidrográficos

En post-proceso se realizaron los ajustes de las imágenes para llegar a una visualización optima del fondo marino e interpretación, el levantamiento se efectuó en WGS 84 zona 18 y empleando el software Starfih Scanline 2.1 y Sonarwiz V6.

Los equipos que se utilizaron para este trabajo son de última tecnología y garantizan máximas precisiones y resolución de los datos colectados.

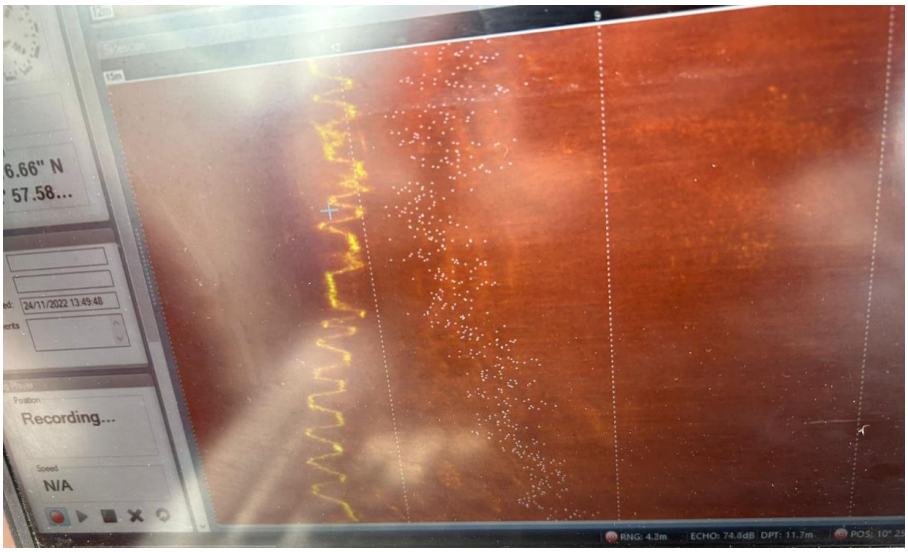



*Ilustración 53. Visualización procesamiento*

## Plano Representativo Sonar de Barrido Lateral



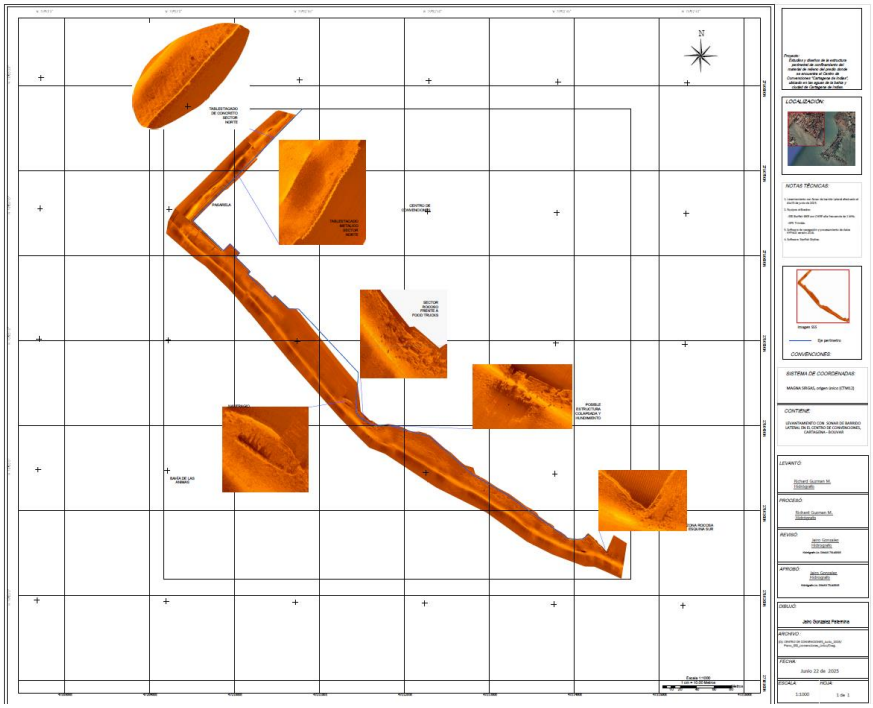



*Ilustración 54. Plano SSS*

## Anexos digitales

- Informe técnico del levantamiento SSS.
- Información Datos Brutos
- Imágenes de cada barrido.
- Reporte de anomalías.
- Plano con mosaico del sonar y anomalías.
- Registro fílmico y fotográfico

## Resultados de campo SSS

Se levantó un área total de 51.000 metros cuadrados abarcando en su totalidad el área de estudio.

Se evidencia la presencia de objetos como rocas, estructuras asociadas al muelle, llantas, pilotes, estructuras cuadradas y redondas, entre otras, consignadas en el reporte de anomalías.



A continuación, se muestran algunos resultados de imágenes que pueden resultar útiles para el desarrollo de la solución. Cabe resaltar que las imágenes no son definitivas de un dictamen, tan solo orientativas para la toma de decisiones y es importante cotejarles con otros estudios o inspecciones visuales.

Se procederá a describir lo evidenciado y relevante durante el levantamiento de sonar de barrido lateral en cada sector (son 7 sectores) del muro de contención del Centro de Convenciones de Cartagena de Indias.

**Sector 1**

Conforme el Informe Técnico de Fiducoldex se define este sector 1 (Ver Ilustración 55) así: *"El Sector 1 cuenta con una extensión de 87 metros y su configuración al parecer corresponde a la de cimientos conformados por pilotes unidos por una viga cabezal, de borde, y muro de contención."*

*Ilustración 55. Sector 1 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI.*



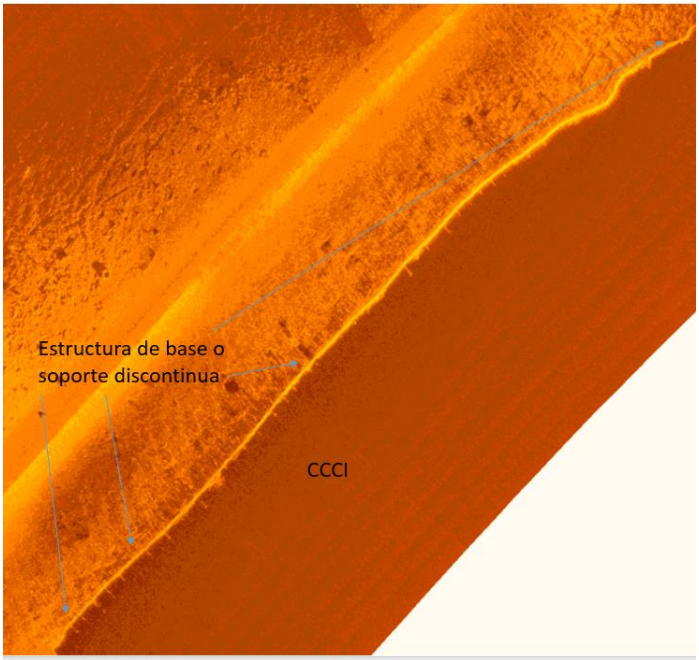



*Ilustración 56. Sector 1 del muro perimetral. Arriba imagen aérea y abajo imagen subacuática con SSS.*

Del resultado del levantamiento de SSS en este sector 1 (Ver Ilustración 56), se observa que el equipo identifica algunas discontinuidades en la parte sumergida de la estructura, al parecer se asocia con pilotes o separaciones de la base o soporte utilizado en el método constructivo.

Las separaciones o discontinuidades se presumen se presentan por el reflejo del haz en las superficies duras de los costados de los pilotes, éstas corresponden de poco menos de 6cm y se aprecian en la ilustración con el nombre de “Estructura de Base o soporte discontinua”, mostrando un metraje de cada pilote de aproximadamente 1 m. Ver Ilustración 57.

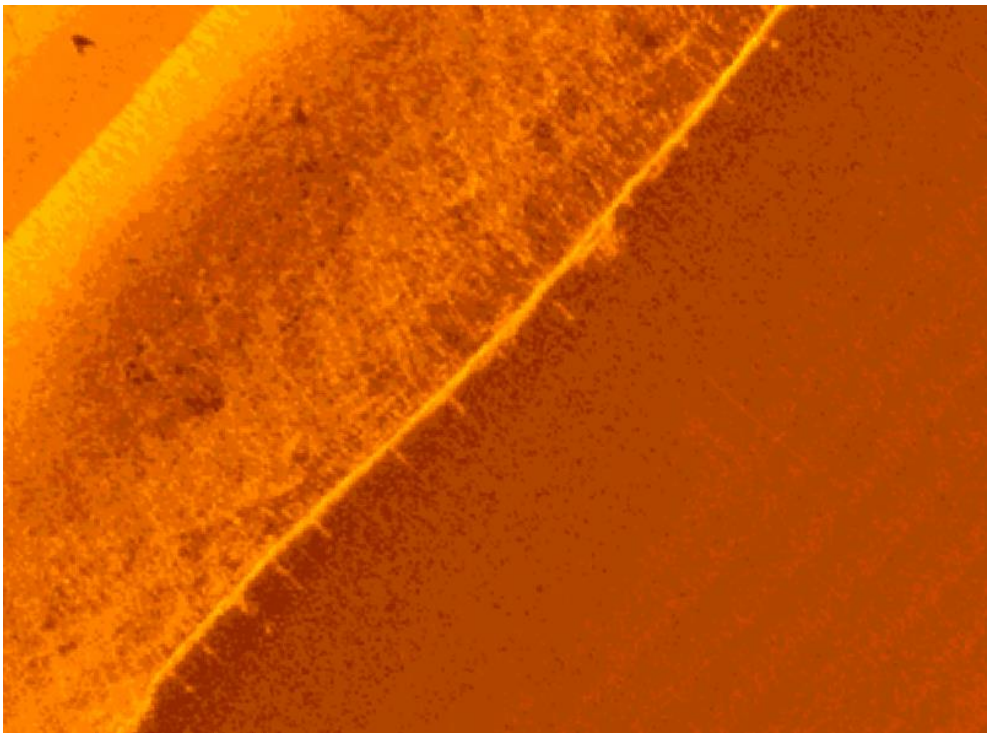


*Ilustración 57. Discontinuidades inferidas en la estructura subacuática perimetral del CCI*

El equipo no permite mostrar todas las separaciones o caras internas de los pilotes de seguro por su tamaño tan pequeño debido a estar los pilotes muy juntos, sin embargo, si se observan en casi toda la extensión del Sector 1.

Se recomienda cotejar si el diseño original presupone una pantalla como tal continua, ya que de ser así, es posible que se presente pérdida de material de relleno que en esencia debe estar contenido tras la estructura.

**Sector 2**

Conforme el Informe Técnico de Fiducoldex se define este sector 2 (Ver Ilustración 58) así: *"El Sector 2 cuenta con una extensión de 40 metros y su configuración corresponde claramente a la de un tablestacado sobre el cual esta fundida una viga/losa…"*

En la imagen submarina de SSS en este sector 2, claramente se define la configuración del tablestacado, y se observa como una línea dentada claramente iluminada debido a su dureza.

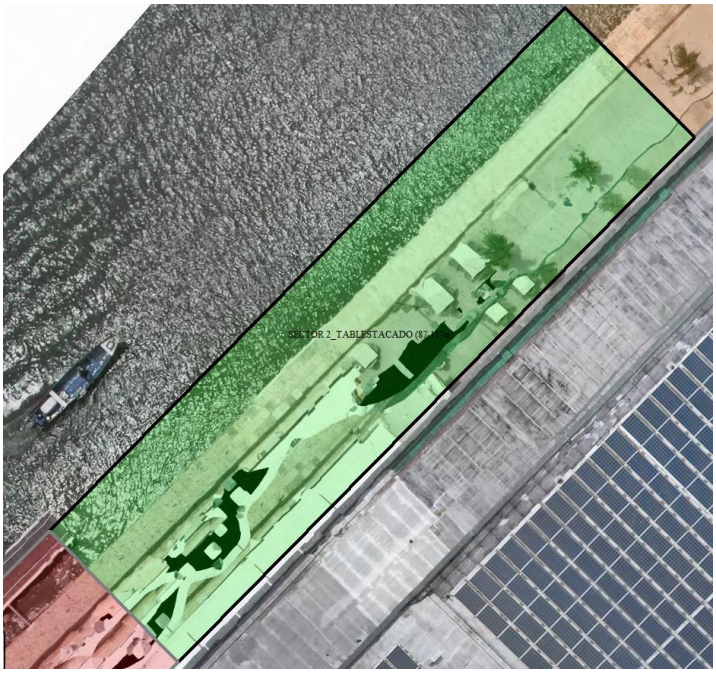



*Ilustración 58. Sector 2 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI. En verde vista superior del lugar de ubicación del tablestacado.*

Frente al tablestacado se observa una acumulación de algunas rocas o estructuras, posiblemente asociadas a los trabajos de recuperación de este sector cuando fue intervenido debido a su daño. Ilustración 59

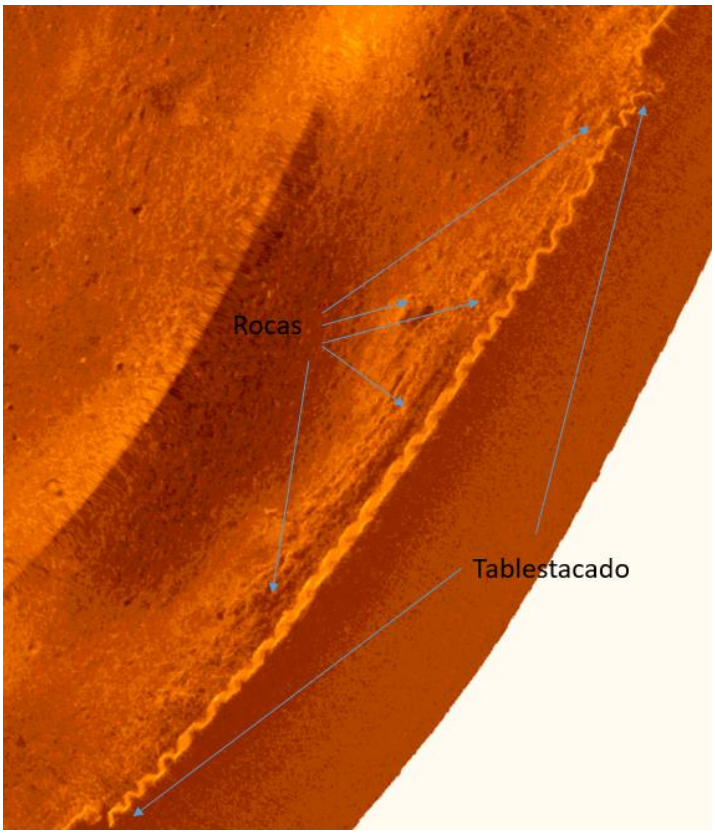





*Ilustración 59. Sector 2 del muro perimetral con tablestacado imagen subacuática con SSS.*

**Sector 3 y 4**

Conforme el Informe Técnico de Fiducoldex este sector 3 (Ver Ilustración 60) se define así: *"El Sector 3 cuenta con una extensión de 20 metros y su configuración al parecer corresponde a la de cimientos conformados por pilotes (no diferenciados) unidos por una viga cabezal o de borde y una losa. Sin embargo, no es clara completamente su definición en las fotografías recibidas podría la viga estar apoyada en un muro como cimiento, aunque lo más probable y lógico es que el sector presente una configuración similar en su extensión, especialmente al sector 1 y 2 (antes de ser tablestacado)."*

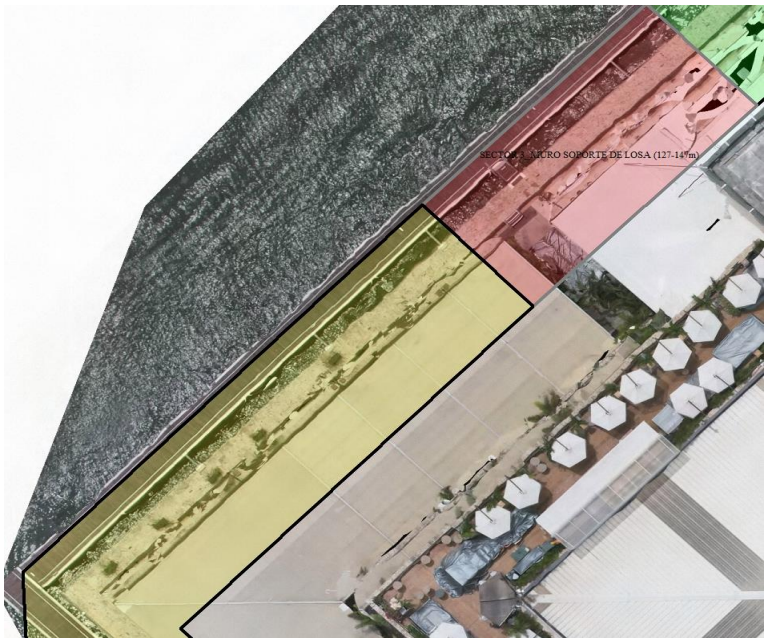



*Ilustración 60. Sector 3 y 4  sobre ortofoto con drone sobre el CCCI.*



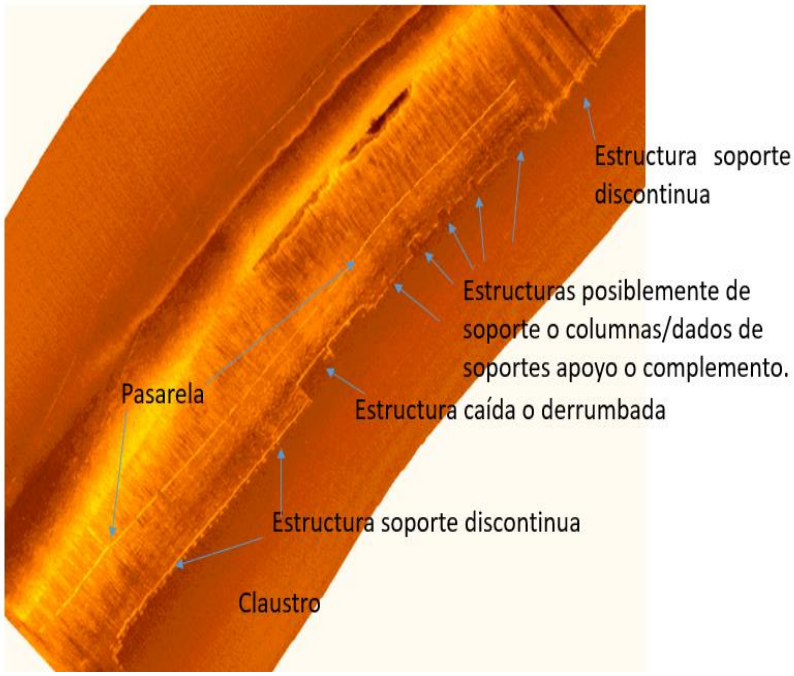



*Ilustración 61. Sector 3 y parte del Sector 4 (Claustro hacia B. Animas) con imagen subacuática con SSS.*

En la ilustración subacuática del SSS Ver Ilustración 61, se aprecia una configuración variada desde el tablestacado, hasta casi la esquina del claustro.

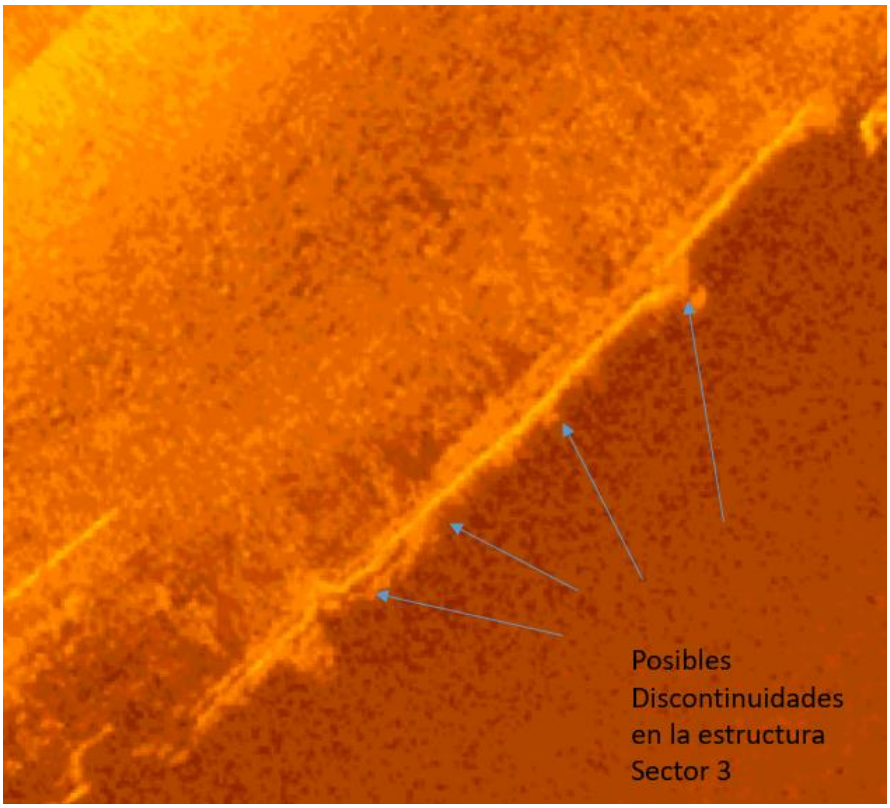



*Ilustración 62. Discontinuidades o posibles salidas de material o separaciones*



Primero más al norte (Sector 3-Ver Ilustración 62) contiguo al tablestacado se observan algunas pequeñas discontinuidades las cuales se recomiendan sean revisadas para constatar que son conforme diseño o por el contrario se pierde a través de ellas material de relleno, seguido a ellas, se evidencian unas estructuras a manera de dados o columnas (5 en total-Ver Ilustración 63) con medidas aproximadas de 0.6mx0.6m, sin embargo, la primera de ellas ubicada más al norte, es algo mayor en tamaño. Todas estas se observan aparentemente integradas a la estructura principal.

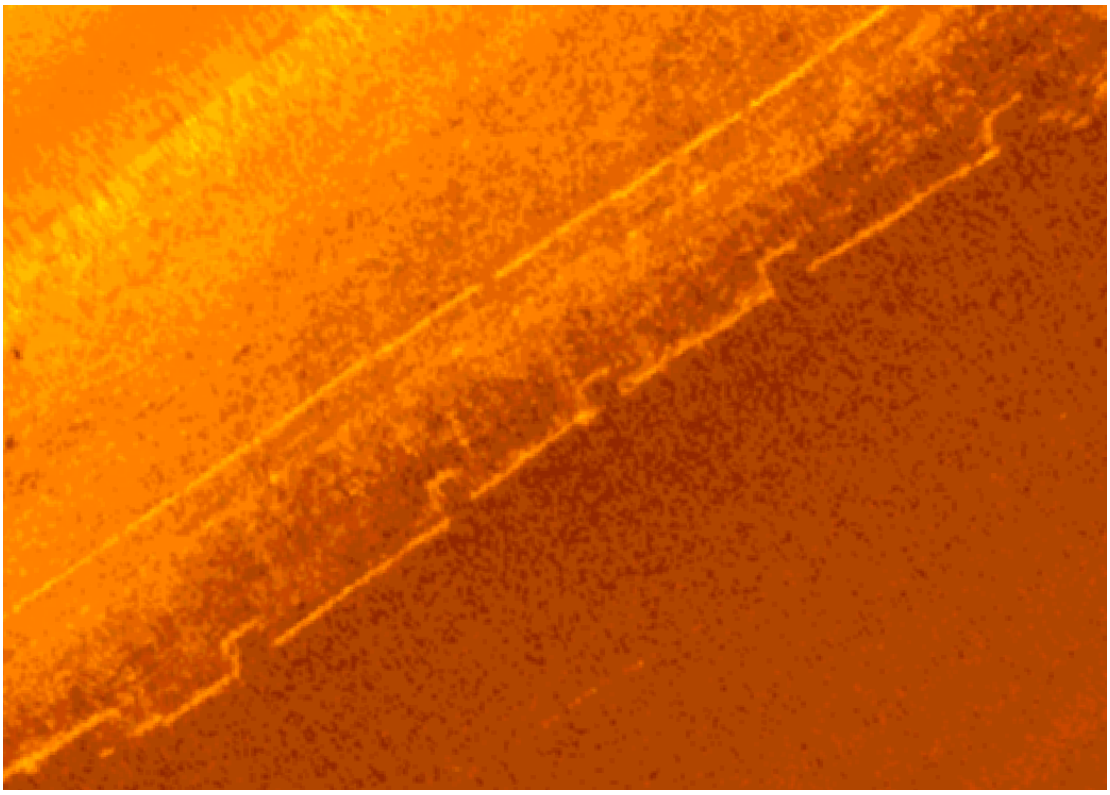




*Ilustración 63. Estructuras al parecer de apoyo (05) en el sector 3*

La función de estas estructuras no es clara, sin embargo, por su ubicación fuera de eje de la estructura se presumen como soportes adicionales (a manera de columnas) o apoyos complementarios; también es importante revisarlos a la luz del plano de diseño, para definir su preexistencia desde la construcción o si en algún momento posterior fueron construidas como apoyo adicional por alguna inestabilidad.

La estructura caída que es evidente a simple vista, también es representada por el equipo y consignada dentro de las evidencias como una desalineación del eje de la estructura.

Hacia la esquina del claustro con cara a la Bahía de las Animas en el sector 4, se observan algunas discontinuidades en la estructura sumergida de presumible pilotes o soportes con algo de luz entre ellos hasta donde el equipo logra penetrar, sin embargo, la resolución no permite definirles con claridad.

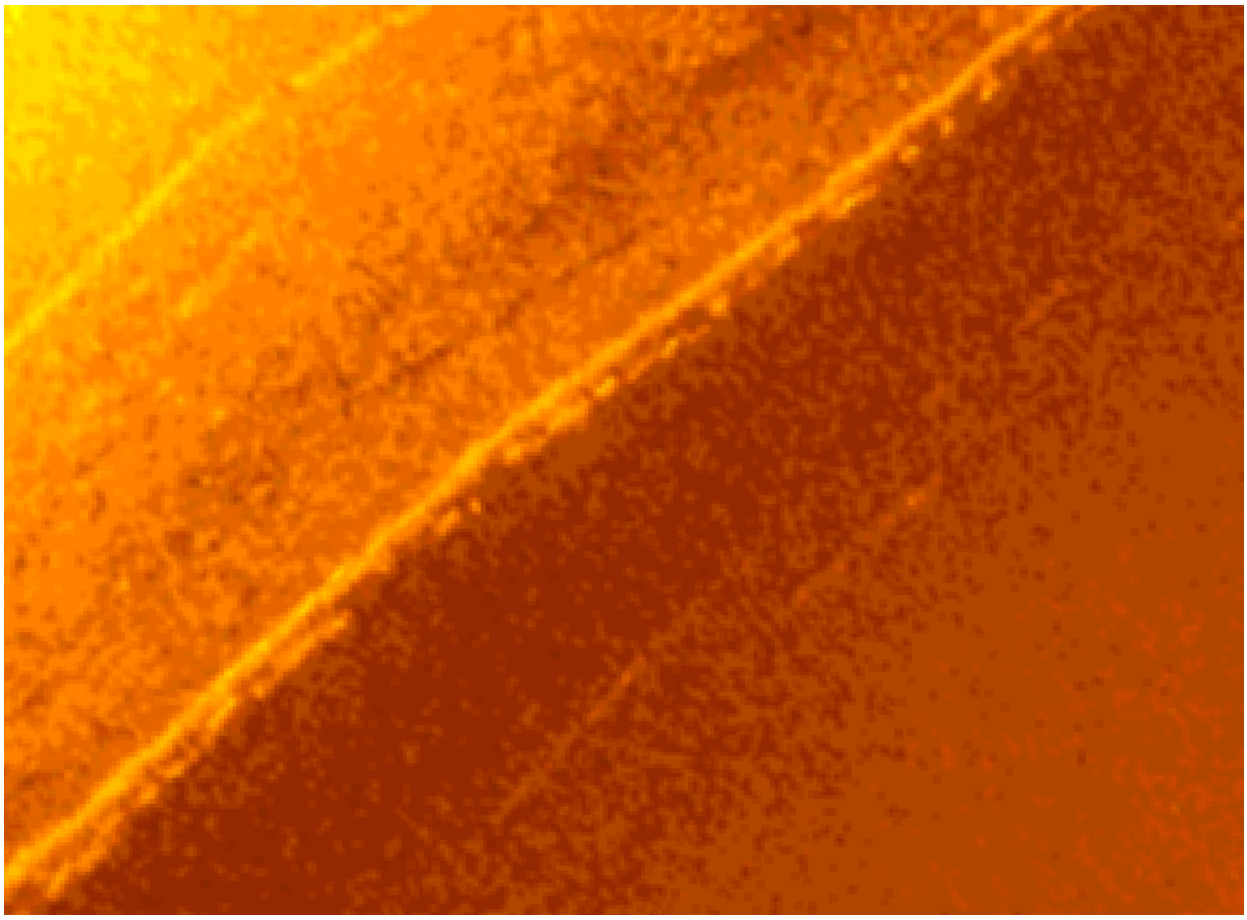




*Ilustración 64. Discontinuidades en el sector 4 sobre la Bahía de las Animas que presumen pilotes con separación.*

Siguiendo con el sector 4 luego de la esquina del claustro y hacia el sur (Ver Ilustración 65), el equipo permite ver con mayor detalle esas discontinuidades, las cuales presuponen pilotes o soportes de unos 0.6 a 0.65 m aproximadamente (Ver Ilustración 66).

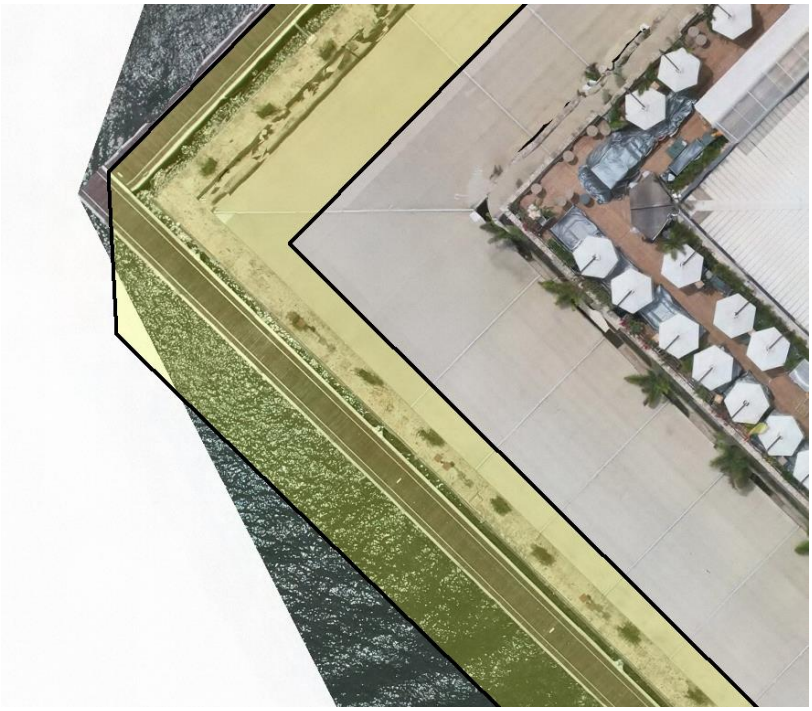


*Ilustración 65. Sector 4 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI.*



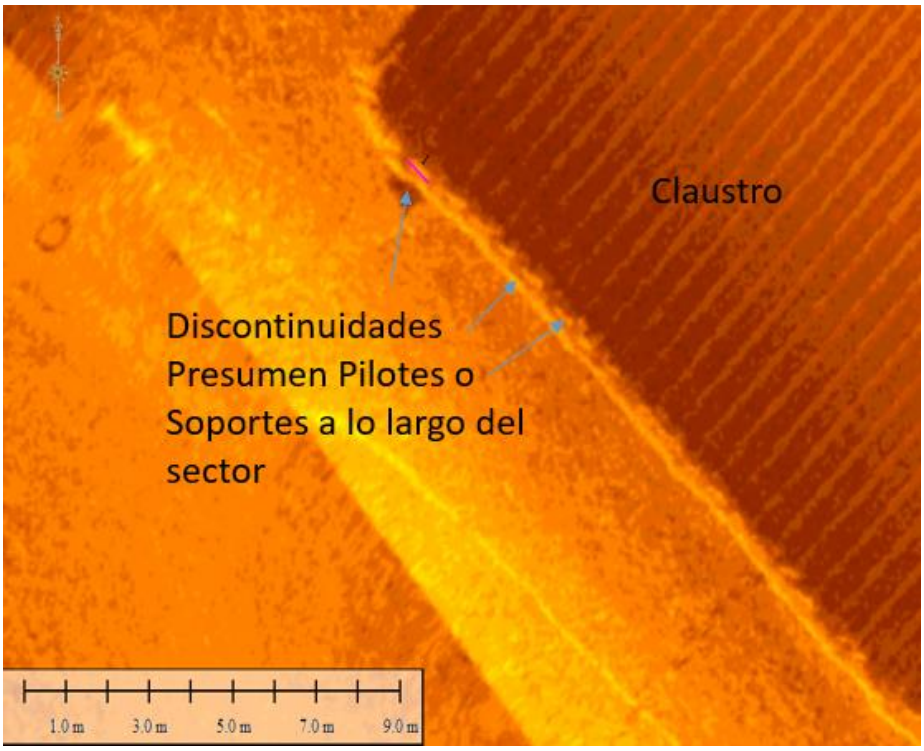



*Ilustración 66. Sector 4 parcial (Claustro de Cara a Bodeguita) con imagen subacuática de SSS.*

Ya con mayor detalle en la siguiente ilustración (Ver Ilustración 67) se puede observar con mayor detalle en la resolución del equipo, luego de un post-proceso, la conformación de la base del claustro y siguiente metraje en el sector 4.

Se observa un pilote o estructura similar tumbado en el lecho marino, sin embargo, no se evidencia algún faltante, por lo que se presume un pilote o soporte abandonado.

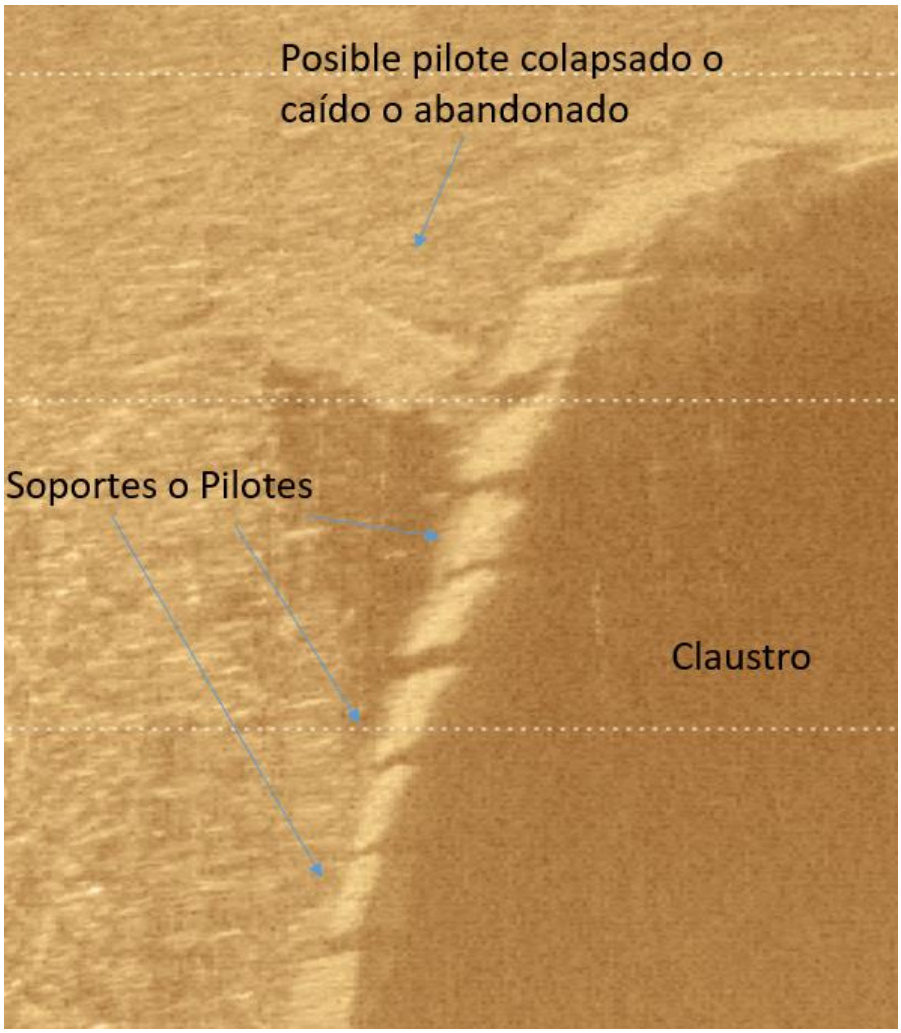



*Ilustración 67. Sector 4 parcial (Claustro de Cara a Bodeguita) con imagen subacuática de SSS vista preprocesada.*

**Sector 5**

Conforme el informe técnico de Fiducoldex este sector 5 (Ver Ilustración 68) se define: *"El Sector 5 cuenta con una extensión de 71 metros y su configuración corresponde a la de cimientos conformados por pilotes redondos (bien diferenciados) de aproximadamente 0.30m con separación entre ellos de 8-10m unidos por una viga cabezal o de borde"*

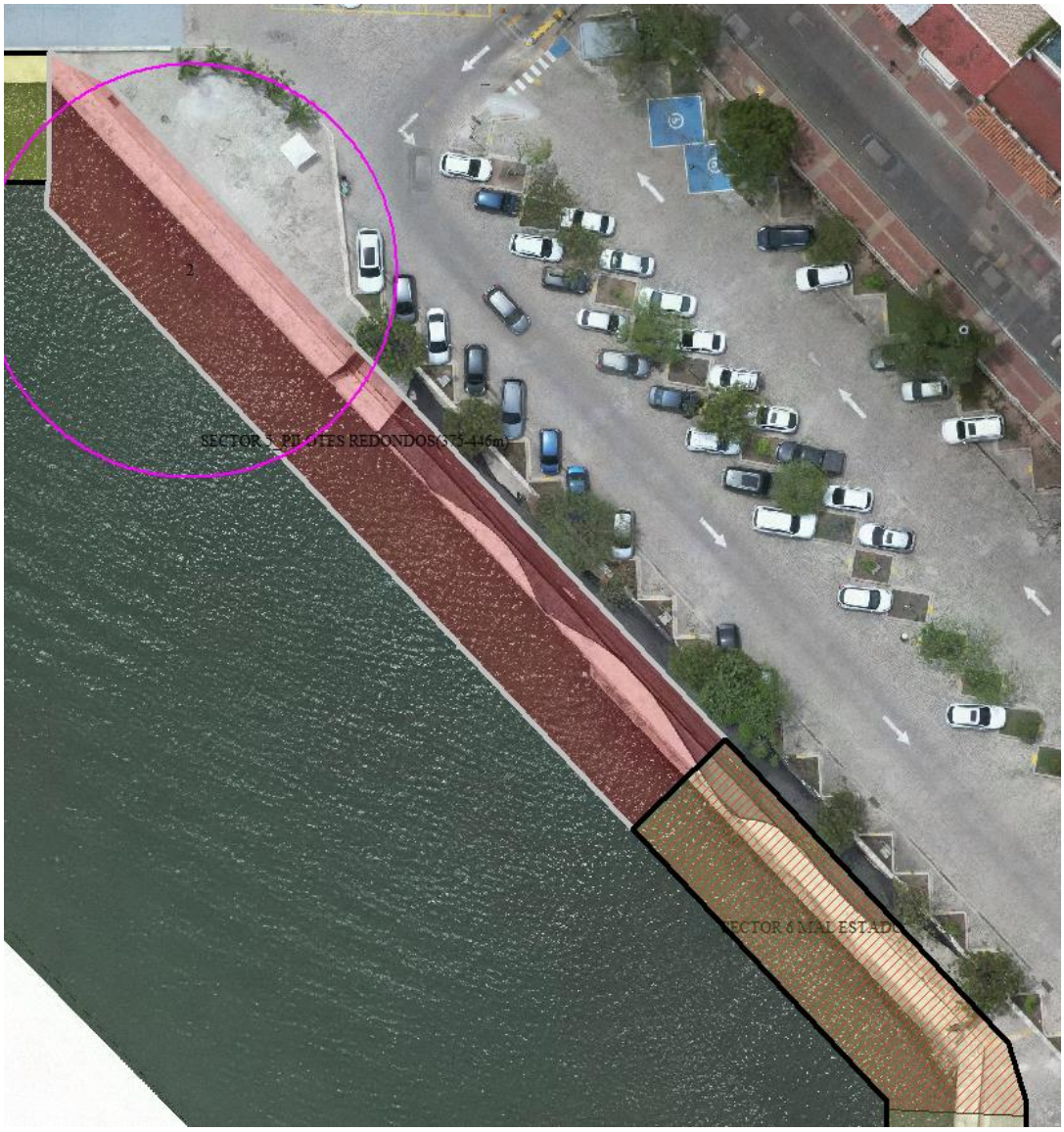



*Ilustración 68. Sector 5 (Inicio de parqueadero) sobre ortofoto con drone sobre el CCCI.*

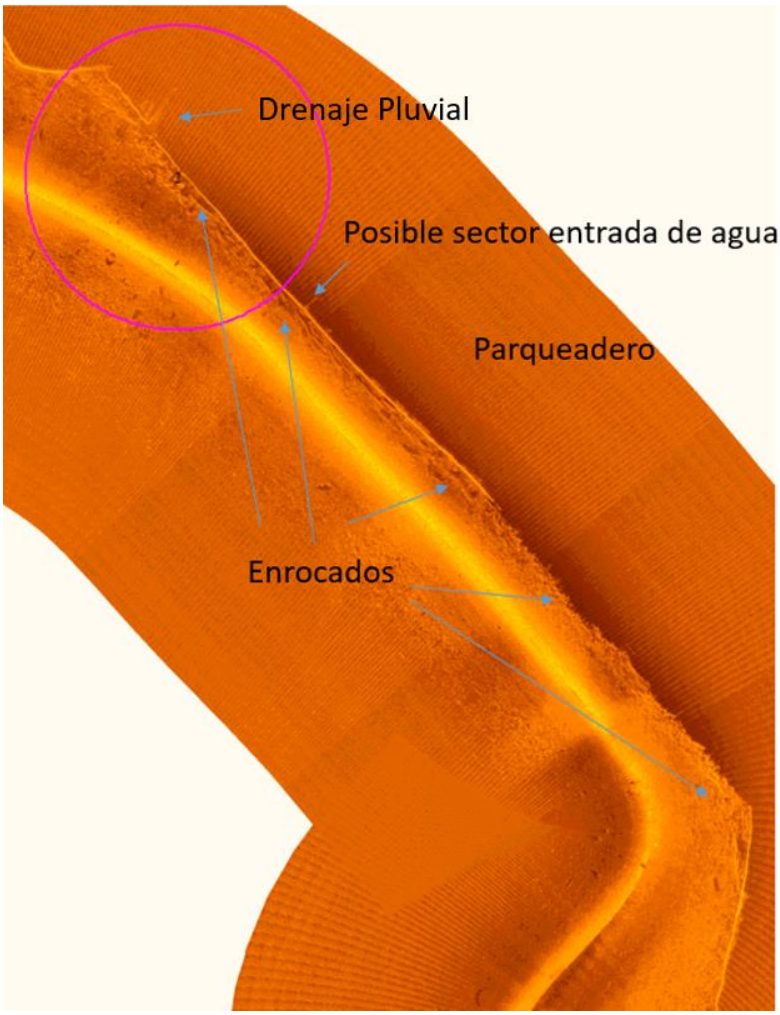



*Ilustración 69. Sector 5 (Inicio de parqueadero) con imagen subacuática de SSS.*



En este sector el equipo de SSS muestra una imagen con una estructura perimetral continua (Ver Ilustración 69) en la cual se identifican claramente un desagüe pluvial constatado en campo y otra vía de agua poco más al sur, que se puede entender como otro desagüe o un lugar discontinuo que permite salida de materia contenido, se recomienda verificar para constatar o descartar.

La distancia desde el equipo si bien permite una buena caracterización, posiblemente el enrocado existente dificulta el llegar más adentro a la estructura para evidenciar los pilotes señalados en el informe de Fiducoldex.

**Sector 6**

El informe técnico de Fiducoldex define este sector 6 (Ver Ilustración 70): *"El Sector 6 cuenta con una extensión de 342 metros y su configuración corresponde a la de cimientos conformados al parecer por pilotes (no bien diferenciados) unidos por una viga cabezal o de borde."*

*Ilustración 70. Sector 6 sobre ortofoto con drone sobre el CCCI.*

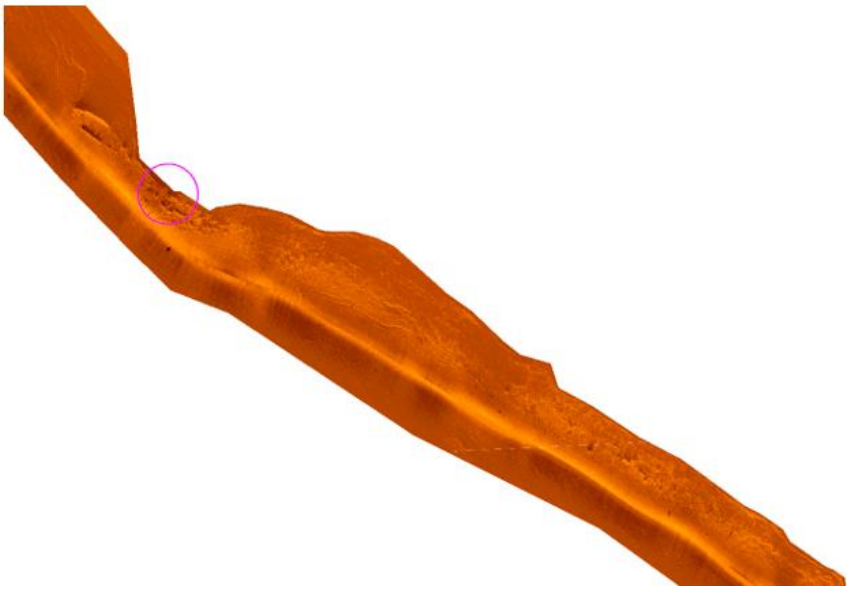


*Ilustración 71. Sector 6 con imagen subacuática de SSS.*

En este sector 6 el equipo SSS (Ver Ilustración 71) muestra una estructura relativamente continua, en la cual se presupone que no son evidenciables a simple visto cualquier soporte o pilote, inclusive gran parte de este sector 6 emerge en la orilla, lo cual hace que el equipo no logre penetrar con su haz de luz. Asimismo, la importante distancia de levantamiento debido a la batimetría disminuye la capacidad de acercarse a la costa, en todo caso se detectaron algunas anomalías, las cuales se muestran a continuación.

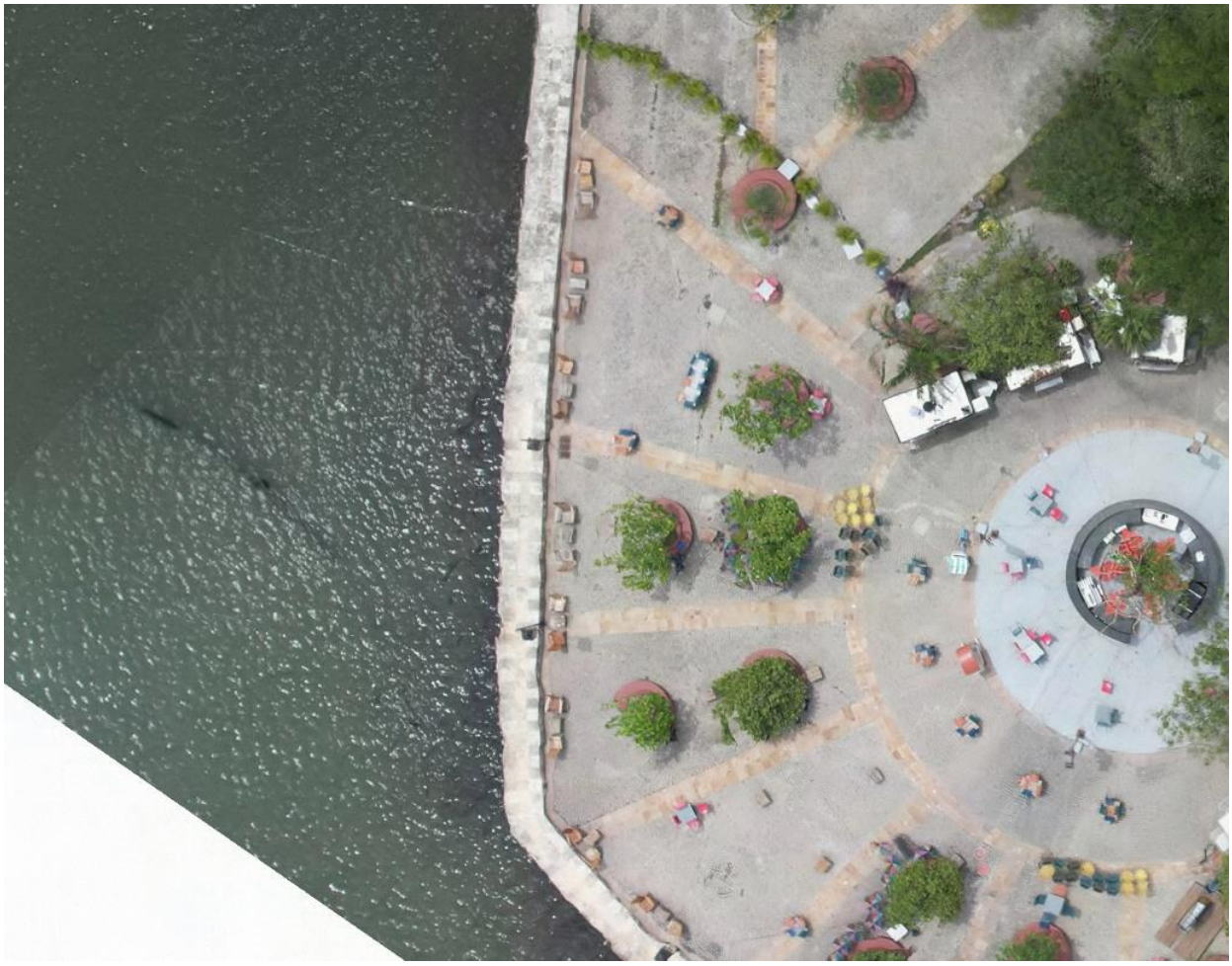


*Ilustración 72. Sector 6 naufragio al oeste de la plazoleta de Food Truks, visto en ortofoto con drones.*

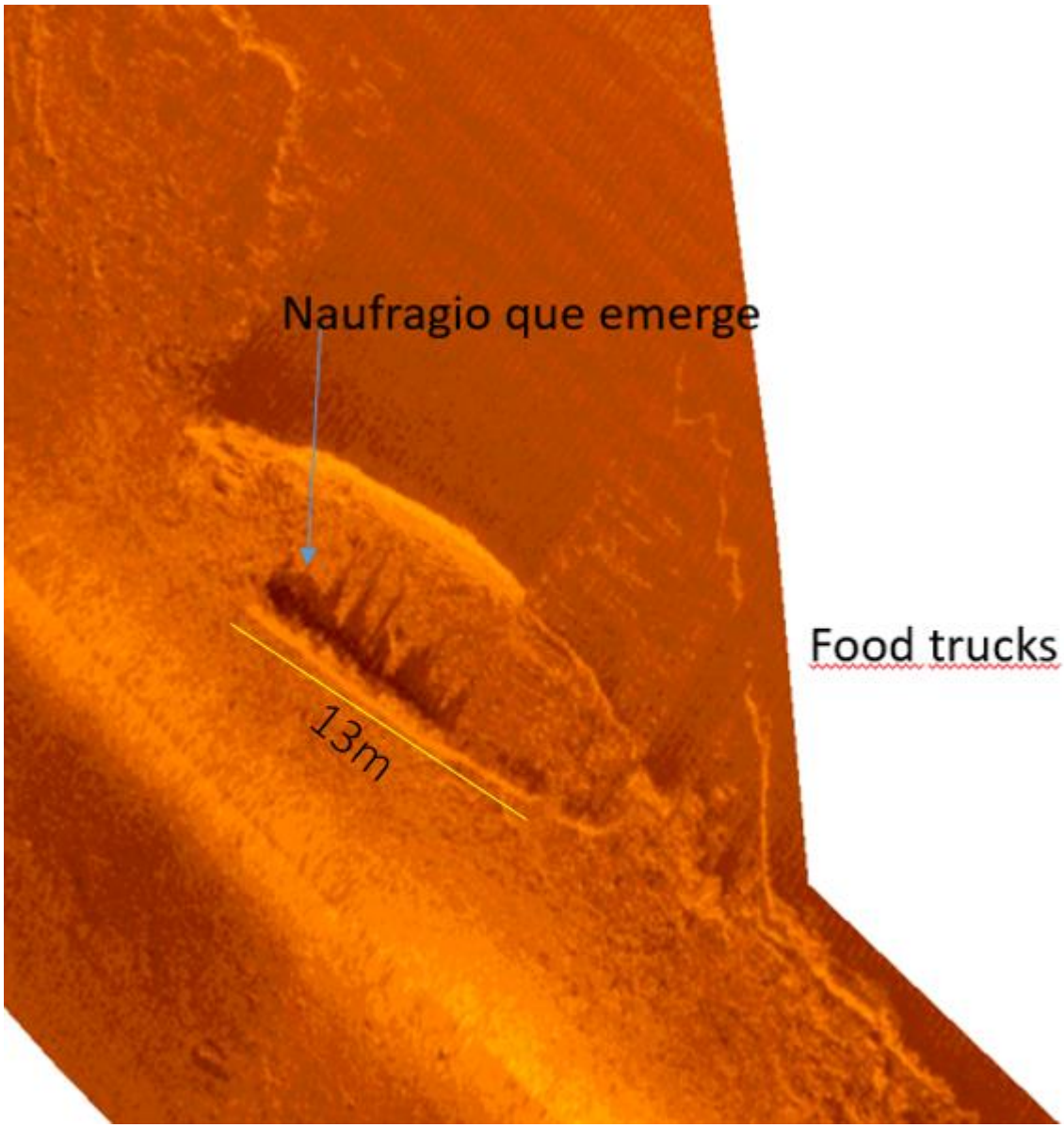



*Ilustración 73. Sector 6 naufragio al oeste de la plazoleta de Food Truks, imagen subacuatica con SSS.*



Desde la plazoleta de Food Trucks y orientado hacia el oeste a unos 10 metros desde la estructura perimetral, observamos un naufragio (Ver Ilustración 72 e Ilustración 73), el cual cubre y descubre debido a la marea y estacionalidad. De material metálico tiene una eslora aproximada de 13 metros medidos en el software, se desconoce su origen, sin embargo, su distancia al muro perimetral no afecta en el proceso constructivo de la solución que se requiera, sin embargo sí, en caso de acceso de naves o artefactos navales.

*Ilustración 74. Sector 6 suroeste de la plazoleta de comidas se observa roca o apoyo a la estructura y estructura discontinua asociada a posible colapso de pilote, visto en ortofoto con drones.*

La roca o estructura dentro del círculo magenta (Ver Ilustración 74) se destaca para analizar su naturaleza en caso que haga parte de un diseño original o algún tipo de apoyo posterior, se recomienda revisar en todo caso en el desarrollo de la solución definitiva.

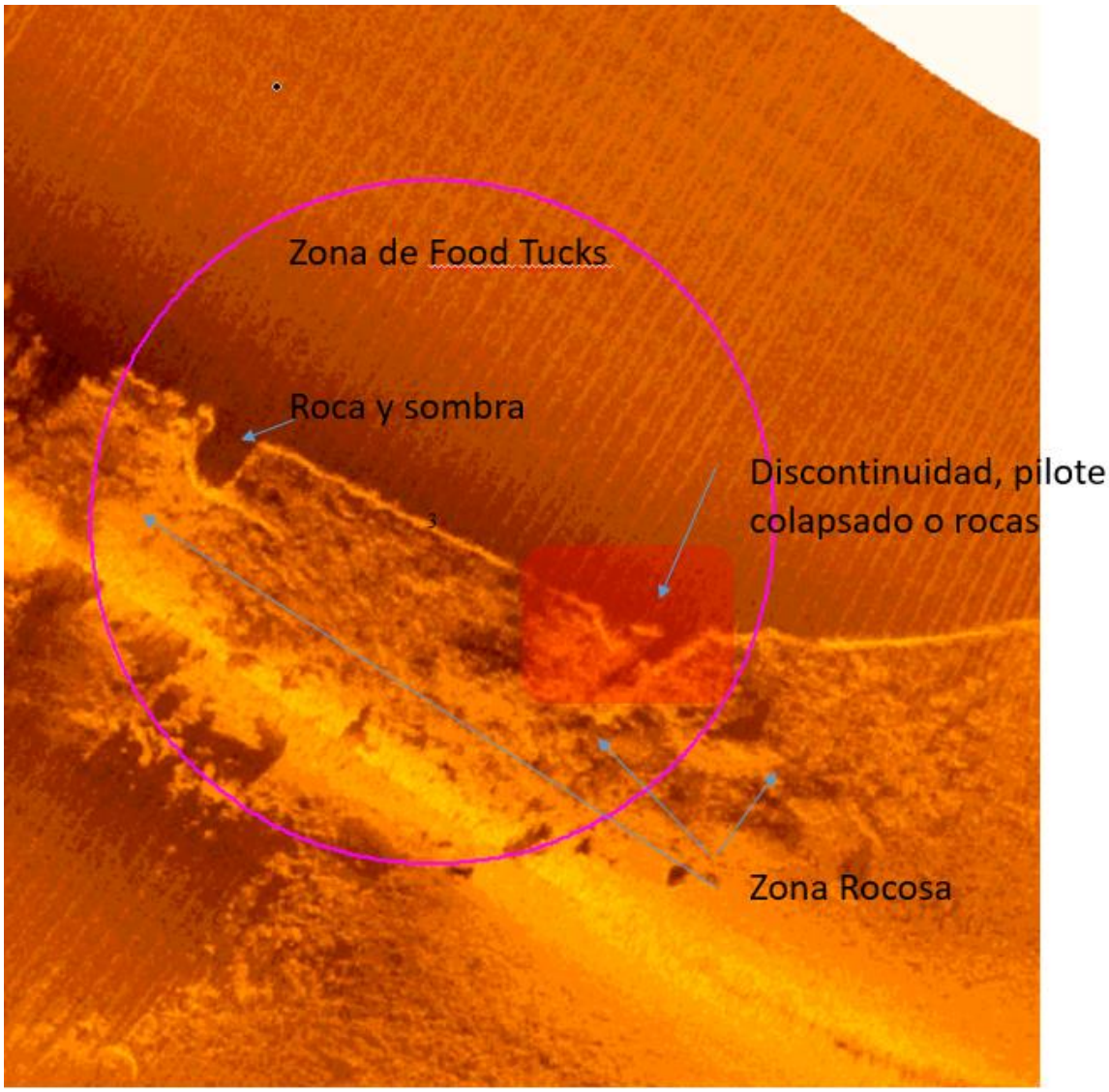



*Ilustración 75. Sector 6 suroeste de la plazoleta de comidas se observa roca o apoyo a la estructura y estructura discontinua asociada a posible colapso de pilote, imagen subacuática con SSS.*

Desde la plazoleta de Food Trucks y hacia el suroeste (Ver Ilustración 75), se observa una discontinuidad en la estructura, la cual se destaca en la ilustración anterior con un cuadrado rojo. Se recomienda revisar esta condición a fin de ratificar que corresponde a un pilote derrumbado o caído o por el contrario es alguna estructura antigua y/o rocas que muestran esa configuración en el scan.

Considerando que la media luna de la Plazoleta de comidas es la saliente mas relevante de la estructura perimetral de cara al mar ( Ver Ilustración 76), se recomienda una reconfiguración del enrocado existente ya que éste se encuentra disperso y expuesto a embates de oleaje, corrientes, turbulencia de embarcaciones y otros efectos.

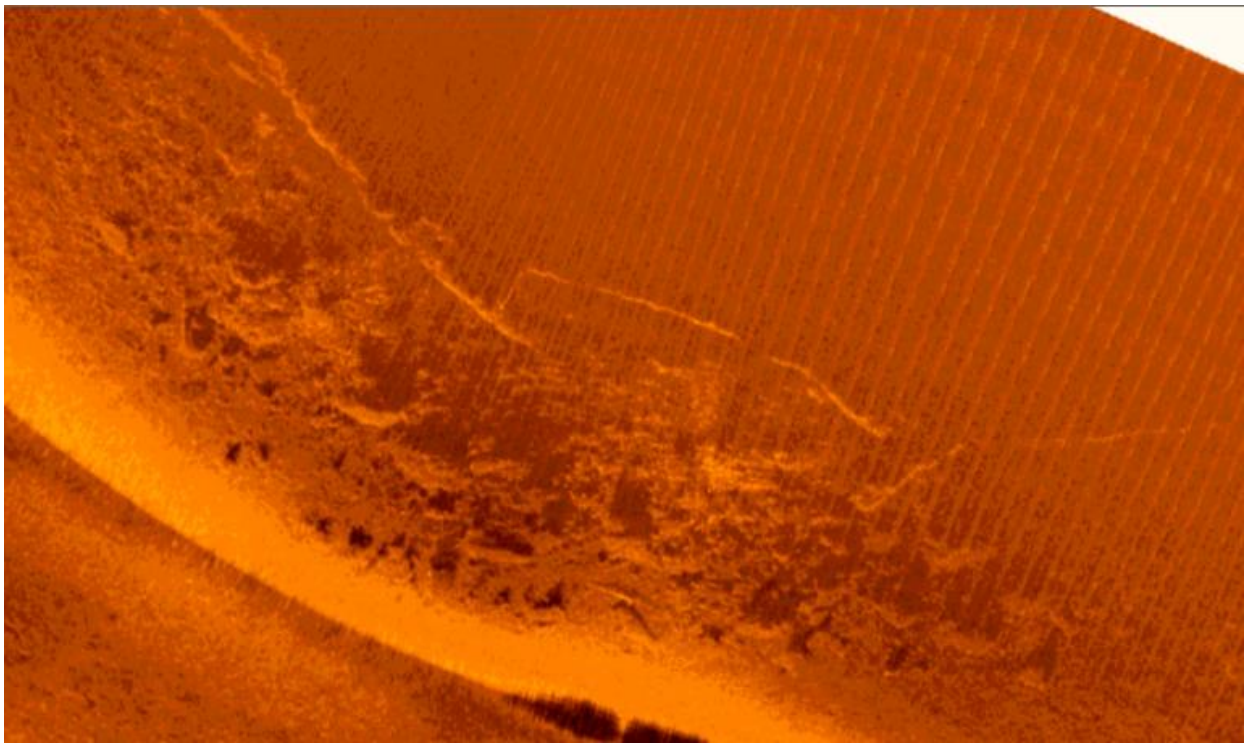


*Ilustración 76. Enrocado disperso en la media luna saliente de la plazoleta de comidas Food Trucks.*



**Sector 7**

Este sector (Ver Ilustración 77) se define dentro del anexo técnico de Fiducoldex asi: *"El Sector 7 cuenta con una extensión de 59.6 metros y su configuración corresponde a la de cimientos conformados por pilotes (bien diferenciados) de 0.40 cm. unidos por una viga cabezal o de borde. En la inspección subacuática se identificaron 143 pilotes espaciados 0,10m aproximadamente."*

*Ilustración 77. . Sector 7 extremo sur de la estructura perimetral visto en ortofoto con drones.*



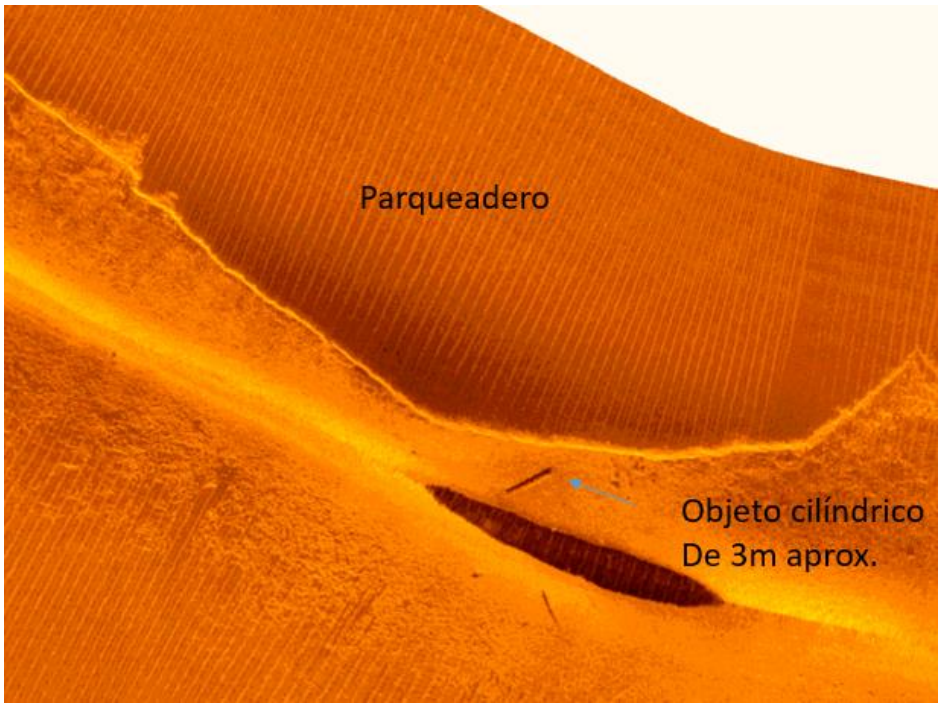



*Ilustración 78. Sector 7 extremo sur de la estructura perimetral imagen subacuática con SSS.*

En este sector (Ver Ilustración 78) no fue posible identificar claramente lo expuesto por los buzos en el sentido de una estructura de pilotes de 40 cm aproximadamente. Sin embargo, es positivo que se tuvo visual con dichos soportes y se encuentran claramente identificados en tamaño y cantidad.

Lo que si es importante identificar es ese extremo sur no cuenta con una protección o enrocado, sería bueno sea considerado de ser necesario, ya que nótese que la esquina del baluarte si cuenta con uno bien configurado (Ver Ilustración 80), sin embargo, dicha decisión dependerá del análisis del diseño originar y la funcionalidad del mismo, a fin de saber si dicha protección es requerida o no.

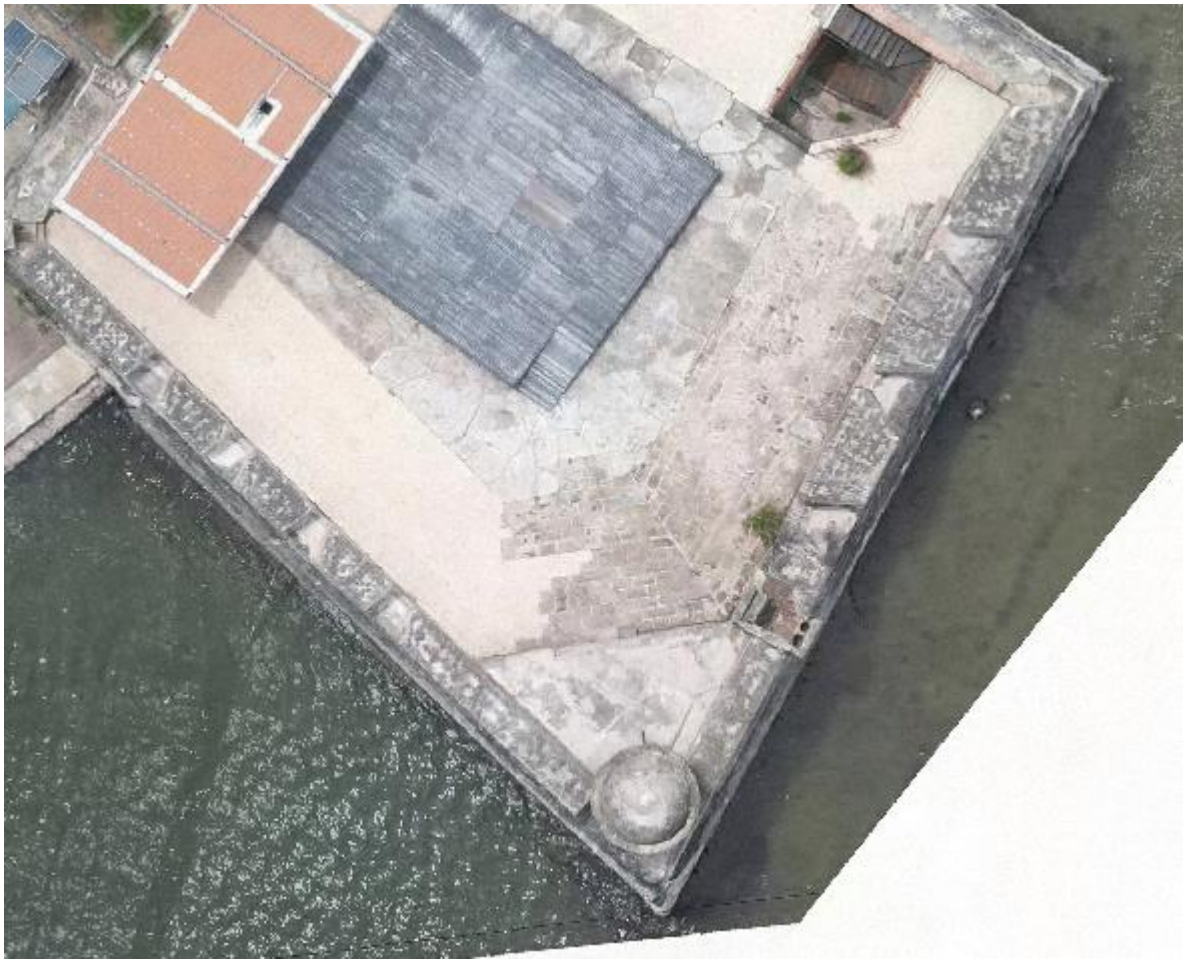


*Ilustración 79. . Baluarte contiguo al Sector 7, visto en ortofoto con drones.*

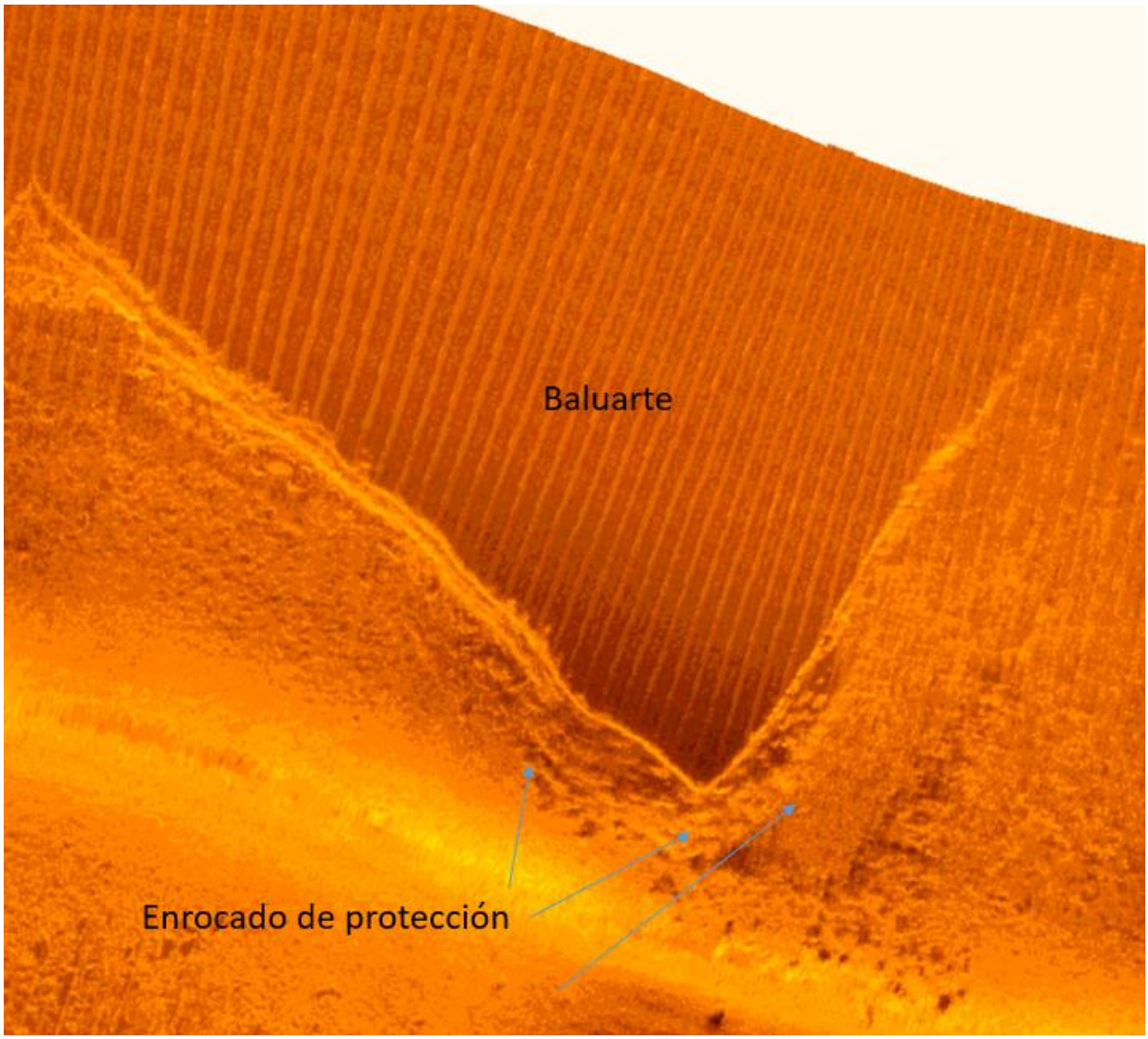



*Ilustración 80. Baluarte contiguo al Sector 7, imagen subacuatica con SSS.*

## 4.4. Levantamiento Perfilador de Fondos Marinos (SBP) en el CCCI

### Generales

Este informe pretende dar a conocer las características y condiciones en que se desarrolló el trabajo, la metodología empleada, equipos utilizados y las correcciones aplicadas a los datos en su etapa de procesamiento.

### Geodesia

### Equipo y Software

### Levantamiento Hidrográfico con Perfilador de Fondos marinos



El Perfilador de Subsuelo (Sub-bottom Profiler) es un equipo empleado para delinear el subsuelo de los cuerpos de agua, empleando los principios básicos de la sísmica de reflexión, donde un transductor emite ondas sonoras a una frecuencia baja (3.5 Khz) y estas inciden en las interfaces existentes en el subsuelo generando la reflexión de las ondas y su retorno al transductor.

El sistema está conformado por un transductor, controlador del equipo y un GPS de doble frecuencia Hemisphere R220 para el control de navegación, estos equipos se enlazaron a un computador portátil que posee el software StrataBox de Syqwest, el cual controla el perfilador, (Foto No. 1). El seguimiento de las líneas planeadas se llevó a cabo utilizando el software Hypack Max Versión 2025.

*Ilustración 81. SBP a bordo de la embarcación.*

El levantamiento se realizó mediante el seguimiento de líneas planeadas con una velocidad promedio de 2.5 nudos, donde se realizaron perfiles con separación de 10 metros entre ellos. (Imagen No. 2).

Los perfiles se registraron hasta donde la profundidad y obstáculos en el área lo permitieron.

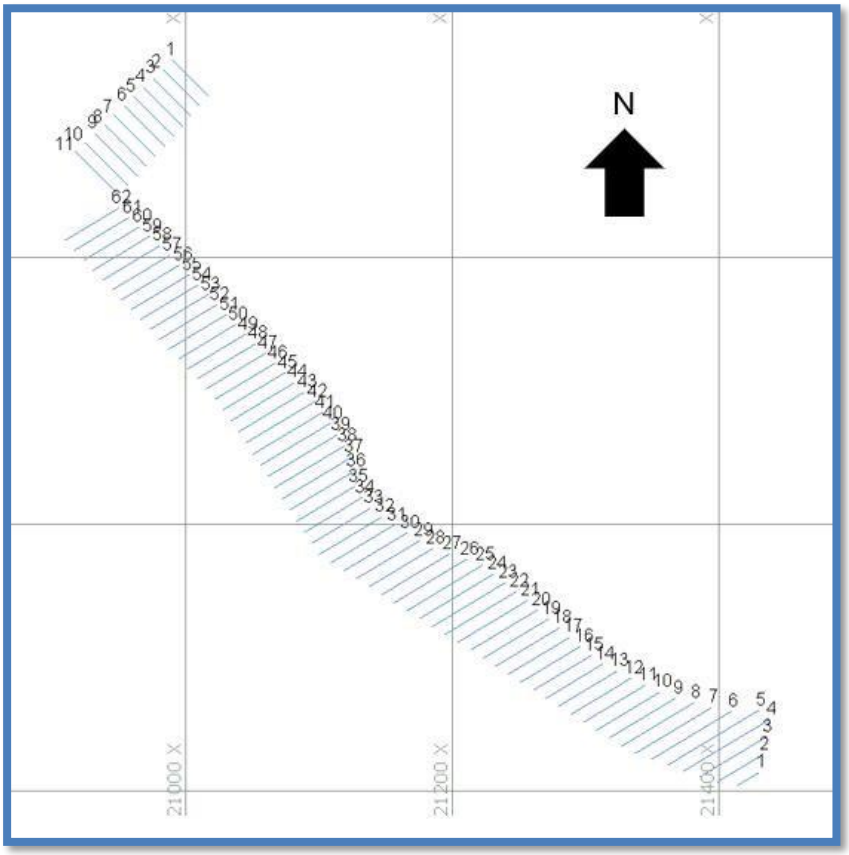





*Ilustración 82. Líneas planeadas SBP.*

Luego se pasó a la etapa de gabinete donde se realizó el delineamiento del lecho y se analizaron los perfiles para determinar posibles anomalías.

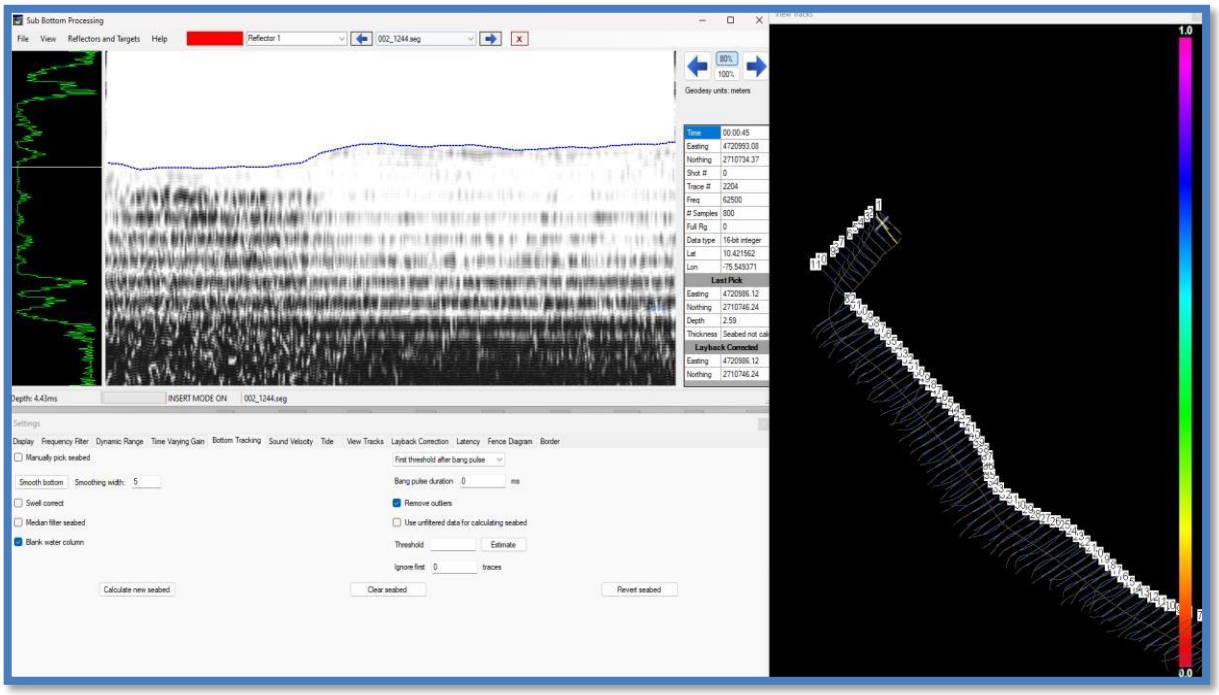



*Ilustración 83. Procesamiento y análisis de información del SBP.*



## Personal

El personal participante en estos estudios fue el siguiente:

01 Hidrógrafo con licencia de DIMAR vigente

01 Ingeniero de Petróleos, Msc Ingeniería Naval y Oceánica, Hidrógrafo categoría B OHI.

01 Motorista licencia de DIMAR vigente

Este personal está capacitado en equipos y sistemas hidrográficos Monohaz, multihaz, sonar de barrido lateral, perfilador de subsuelo, magnetómetro, drones, sistemas topográficos RTK, ADCP, colección y procesamiento de datos y cuentan además con la licencia de idoneidad expedida por DIMAR para efectuar estas actividades.

Se contó con la presencia de personal de la empresa CONTRATANTE.

## Equipos y Software

**Embarcación.**

Como plataforma de levantamiento se utilizó la lancha “Security I” una embarcación de 30 pies, con dos motores de 115 HP, la cual cumplió con los estándares legales y de seguridad de la Autoridad Marítima.

*Ilustración 84. Embarcación utilizada*

**Control Horizontal.**

Los levantamientos se efectuaron en GRS80 y sistema de coordenadas Magna Sirgas Origen único (CTM12), se utilizó un GPS de doble frecuencia Hemisphere VS330 con las siguientes características.

# R220 GPS Receiver

**GPS Sensor Specifications**

| | |
|---|---|
| Receiver Type: | L1 & L2 RTK with carrier phase |
| Channels: | 12 L1CA GPS<br>12 L1P GPS<br>12 L2P GPS<br>3 SBAS or 3 additional L1CA GPS |
| Update Rate: | 10 Hz standard, 20 Hz available |
| Cold Start Time: | <60 s |
| Warm Start Time 1: | 30 s (valid ephemeris) |
| Warm Start Time 2: | 30 s (almanac and RTC) |
| Hot Start Time: | 10 s typical (valid ephemeris and RTC) |
| Reacquisition: | <1 s |
| Positioning Modes: | Autonomous, SBAS, DGPS, RTK, OmniSTAR |
| DGPS Formats: | External RTCM v2.x |
| RTK Formats: | CMR, CMR+[1], RTCM v3.x, Proprietary |
| OmniSTAR Formats: | HP, XP |

**Horizontal Accuracy**

| | RMS (67%) | 2DRMS (95%) |
|---|---|---|
| RTK: [2,3] | 10 mm + 1 ppm | 20 mm + 2 ppm |
| OmniSTAR HP: [2,4] | 0.1 m | 0.2 m |
| SBAS (WAAS): [2] | 0.3 m | 0.6 m |
| Autonomous, no SA: [2] | 1.2 m | 2.5 m |

**L-Band Sensor Specifications**

| | |
|---|---|
| Channels: | Single channel |
| Frequency Range: | 1530 to 1560 MHz |
| Satellite Selection: | Manual or Automatic (based on location) |
| Startup and Satellite Reacquisition Time: | 15 seconds typical |

**Communications**

| | |
|---|---|
| Serial Ports: | 2 full duplex RS232 |
| Baud Rates: | 4800 - 115200 |
| USB Ports: | 1 Communications, 1 Flash Drive data storage |
| Correction I/O Protocol: | Hemisphere GPS proprietary, RTCM v2.3 (DGPS), RTCM v3 (RTK), CMR, CMR+ |
| Data I/O Protocol: | NMEA 0183, Hemisphere GPS binary |
| Timing Output: | 1 PPS (HCMOS, active high, rising edge sync, 10 kΩ, 10 pF load) |
| Event Marker Input: | HCMOS, active low, falling edge sync, 10 kΩ |

**Environmental**

| | |
|---|---|
| Operating Temperature: | -30°C to +65°C (-22°F to +149°F) |
| Storage Temperature: | -40°C to +85°C (-40°F to +185°F) |
| Humidity: | 95% non-condensing |

**Power**

| | |
|---|---|
| Input Voltage Range: | 8 to 36 VDC |
| Consumption, RTK: | <4.9W (0.40A @ 12 VDC typical) |
| Consumption, OmniSTAR: | <5.5W (0.46A @ 12 VDC typical) |

**Mechanical**

| | |
|---|---|
| Height: | 45 mm (1.77 in) |
| Width: | 114 mm (4.49 in) |
| Length: | 160 mm (6.30 in) |
| Weight: | 0.54 kg (1.19 lbs) |
| LED Indicators: | Power, GPS lock, DGPS position |
| Power Connector: | 2-pin micro-Conxall |
| Data Connectors: | DB9-female, USB |
| Antenna Connector: | TNC-male |

1 Receive only, does not transmit this format.

2 Depends on multipath environment, number of satellites in view, satellite geometry and ionospheric activity.

3 Depends also on baseline length.

4 Requires a subscription from OmniSTAR.

Note: The Eclipse receiver technology is not designed or modified to use the GPS Y-Code

Authorized Distributor:

*Ilustración 85. GPS HEMIPHERE R220*

# StrataBox HD™

## SPECIFICATIONS

| | |
|---|---|
| Units: | Feet or Meters |
| Depth Ranges: | 0-15, 30, 60, 120, 240, 450 Feet.<br>0-5, 10, 20, 40, 80, 150 Meters.<br>Auto-ranging Modes in all units. |
| Draft Offset: | 0 to 30 feet (10 meters) |
| Manual Gates: | Shallow & Deep, (0.1 ft / 0.1mt resolution) |
| Shift Range: | 1 foot (1meter) increments to bottom of selected range |
| Zoom Range: | 15, 30, 60, 120, 240 feet<br>5, 10, 20, 40, 80 meters |
| Zoom Modes: | Bottom Zoom, Bottom Lock, Marker Zoom, Zoom (Playback Only) |
| Display: | Normal Data, Zoom Data, Selectable Color Palette |
| Depth Resolution: | 0.1 feet (0.1 meters) |
| Depth Accuracy: | +/-0.5% of depth |
| Sound Velocity: | 4600 - 5250 ft/sec (1400 - 1600 mt/sec)1 mt/sec int. |
| Navigation Input: | NMEA 0183, GLL, GGA, RMC, VTG, VHW, HDT. Selectable Baud Rate, RS-232 . |
| Data Output: | NMEA 0183; DPT, DBT, PMC; ODEC |
| StrataBox I/F: | Ethernet via RJ-45 |
| Printer Output: | (Parallel Port) interface to Thermal Printers |
| Heave Input: | TSS1 Format, 9600 Baud Rate |
| Shallow Water Operation: | <2.5 meters; bottom type dependent |
| Transmit Rate: | Up to 10 Hz, depth and operator mode dependent. |
| Eventing: | Manual, Periodic, External (user selectable) |
| Frequency Output: | 10 Khz (standard) 3.5Khz (*optional) |
| Data File Storage: | External- ODEC Format(8 bit, 800 pixel), SEG-Y Format envelope (16 bit, 96kHz rate), Internal-32 GB SD Flash. |
| Data File Playback: | Files played back and printed at Normal, Rapid Advance ,or Scroll Bar, with Pause and Zoom |
| Transmit Output Power: | 300 Watts (pulsed), 1000 Watts capable |
| Input Power: | 10-30 Volts DC, Nominal Power 12 watts, Reverse Polarity and Over Voltage Protected. |
| Dimensions: | 25.4 cm (10") Length, 15.876 cm (6.25") Width, and 6.25 cm ( 2.5") Height. (sensor unit only) |
| Weight: | 1.1 kg (2.4 lbs). (sensor unit only) |
| Environmental: | 25°C to +60°C Operating Temperature (-55°C to +90°C Storage) Water Resistant to EN60529 IP65 EMC meets EN60945 Emissions,CE Compliant |

**Options:**
- Over The Side Mount Kit
- 3.5Khz Operation
- Deep Water transducer
- TDU-850 Thermal Printer
- TDU-1200 Thermal Printer
- SonarWiz
- Hypack
- Triton SB Logger

SyQwest inc
30 Kenney Drive / Cranston, RI 02920
Tel: (401) 432-7129 Fax: (401) 432-7029
Email: sales@syqwestinc.com Web: www.syqwestinc.com

ver 04f7

*Ilustración 86. Perfilador de Subsuelo Stratabox HD Tipo Pinger 3.5 Khz de Syqwest*

## Software

**Hypack Max Versión 2025, módulo Sub-Bottom Processing,** para el control de la navegación del sistema de recolección de los datos y posterior procesamiento, paquete hidrográfico licenciado más utilizado a nivel mundial.

**Autocad 2018.** Para la elaboración de planos a las escalas requeridas, es el paquete de dibujo más amigable y contiene los formatos más utilizados en dibujo y compatibles con otros softwares.



**StrataBox HD.** Para el control del equipo, captura y almacenamiento de información.

## Plano Hidrográfico de SBP

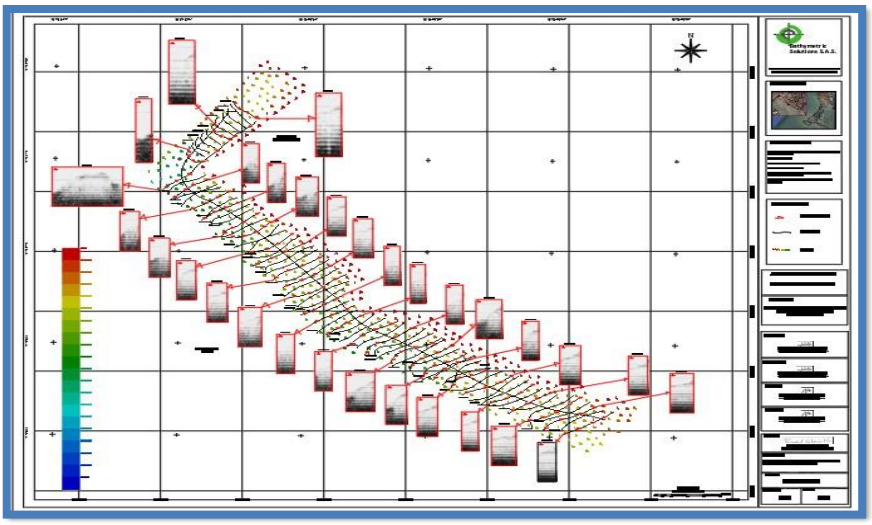


*Ilustración 87. Plano Perfilador de Subsuelo Centro de Convenciones.*

## Resultados de campo SBP

El perfilador de subsuelo penetró hasta donde las propiedades del subsuelo lo permitieron, se encontró que toda la zona presenta la misma configuración de material blando debajo del lecho con espesor entre 2 y 2.5 m y desde aquí se presenta un material más duro hasta donde la señal penetro.



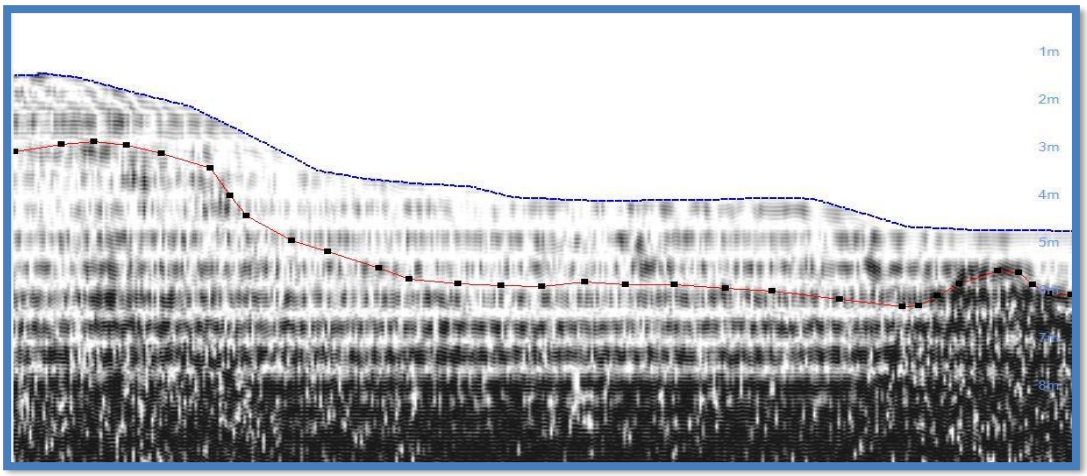



*Ilustración 88. Perfil de subsuelo*

Como resultado del levantamiento se generó un plano a escala 1:1000 con la información del perfilador de subsuelo, el cual será entregado junto con el informe. (Ver Ilustración 88).

En términos generales el trabajo se logró efectuar en condiciones favorables para los sistemas, razón por la cual la información entregada cuenta con los estándares de máxima precisión y confiabilidad.

Así mismo se entregan los datos brutos y todos los perfiles de las líneas registradas en formato JPEG.

Se entregará plano a escala 1:1000 con la información de subsuelo.

También se entregará el archivo fotográfico de las actividades realizadas durante los días de levantamiento de campo.

La bahía de Cartagena se sitúa en el extremo noreste de América del Sur, en el Caribe colombiano, aproximadamente entre las coordenadas 10°16' y 10°26' de latitud norte, y 75°36' y 75°30' de longitud oeste (ver Ilustración 89). Esta bahía, de naturaleza somera, tiene una superficie cercana a los 82 km², con profundidades medias de alrededor de 16 metros y máximas que alcanzan los 26 metros. La bahía se comunica con el Mar Caribe a través de los canales de Bocagrande, por el norte y Bocachica por el sur (ver Ilustración 89). El primero se encuentra restringido por una barrera sumergida de origen colonial, conocida como escollera, y presenta profundidades que oscilan entre 0,6 y 2,1 metros. Por su parte, el canal de Bocachica permite una mayor navegación, alcanzando profundidades de hasta 15 metros en su sector más profundo, donde inicia el canal de tránsito marítimo. En cuanto al régimen mareal, la bahía experimenta mareas mixtas con predominancia diurna, caracterizadas por un rango micromareal, es decir, variaciones que raramente superan los 0,5 metros de amplitud (Molares, 2004).



Las descargas fluviales provenientes del Canal del Dique (ver Ilustración 89) han ejercido una notable influencia sobre los procesos hidrodinámicos y la dinámica de sedimentación tanto en la bahía de Cartagena como en su plataforma continental adyacente (e.g., Leble & Cuignon, 1987; Andrade et al., 2004; Lonin et al., 2004). Este impacto es particularmente evidente en el mes de noviembre, cuando se registran los mayores volúmenes de descarga de agua y sedimentos, alcanzando valores de hasta 800 m³/s y 31.000 toneladas por día, respectivamente. Datos históricos indican un flujo promedio anual de 397 m³/s y un transporte de sedimentos estimado en aproximadamente 5,9 millones de toneladas por año (Restrepo et al., 2005).

La bahía de Cartagena se encuentra en una zona con alta actividad geológica, donde la interacción tectónica entre las placas Sudamericana, Caribe y Nazca ha influido directamente

en la formación de los cinturones de deformación del Sinú y San Jacinto. Estas estructuras están marcadas por una fuerte presencia de fenómenos como el diapirismo de lodos, así como por un notable desarrollo de fracturas y fallas geológicas en el entorno de Cartagena (figura 1) (Vernette, 1978; Klingebiel & Vernette, 1979; Duque-Caro, 1980). Entre las fallas más relevantes se encuentran la de Mamonal, que se extiende aproximadamente 60 km en dirección este-oeste desde Mamonal hasta la bahía, y la de Henequén, que abarca unos 4 km en sentido sur-norte desde el suroeste de la bahía hacia Mamonal (Reyes et al., 2001). El fenómeno de diapirismo de lodo, especialmente activo al norte de la bahía, se caracteriza por la movilización ascendente de arcillas provenientes de capas profundas, generando estructuras como domos y chimeneas (Vernette, 1978). En cuanto a los procesos de sedimentación en la plataforma continental cercana, se han identificado dos tipos principales: uno de origen detrítico, influenciado por aportes continentales y la acción de la deriva litoral; y otro de tipo biogénico, asociado a los sistemas arrecifales presentes en la parte sur de la bahía (Vernette, 1978).

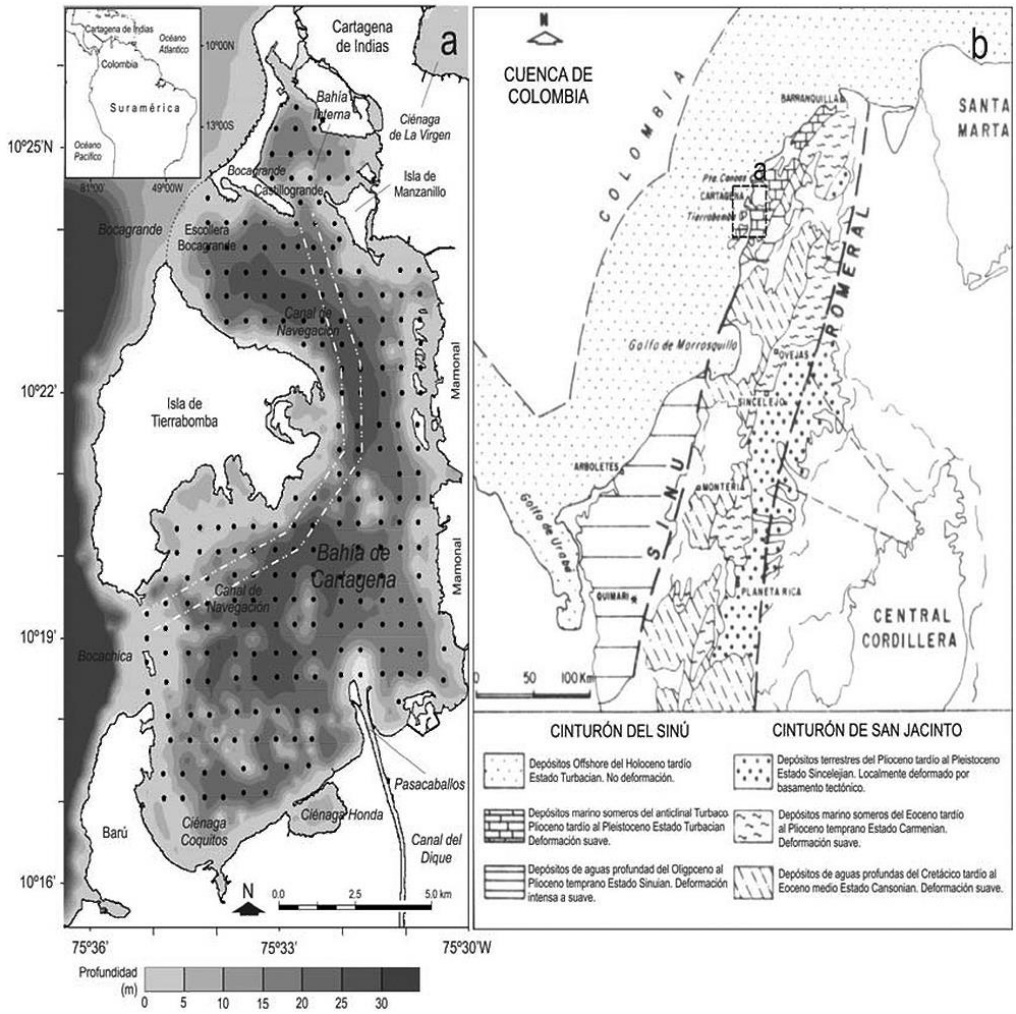



*Ilustración 89.Bahía de Cartagena*



**Sedimentos en la Bahía de Cartagena**

La textura de los sedimentos superficiales en la bahía de Cartagena está fuertemente influenciada por la dinámica fluvial del Canal del Dique y por los procesos hidrodinámicos internos de la bahía. En menor proporción, también contribuyen los procesos de erosión que afectan zonas como las terrazas de Tierrabomba, la isla de Manzanillo, el sector norte de Mamonal y la península de Barú. Las condiciones hidrodinámicas de energía baja a moderada, junto con la variabilidad estacional en los patrones de circulación del agua, han dado lugar a una distribución heterogénea de los sedimentos, generando un ambiente sedimentario caracterizado por una pobre selección del material. En este contexto, las corrientes litorales

desempeñan un papel importante en el transporte y depósito de sedimentos, facilitando la acumulación de arenas y gravas bioclásticas y biolitoclásticas con escasa clasificación granulométrica (Restrepo et al., 2013). Según los análisis texturales, el tipo de sedimento dominante en la bahía de Cartagena es el lodo, el cual se concentra principalmente en las zonas internas del cuerpo de agua (Ilustración 90), Por otro lado, en el sector de la entrada de Bocachica, entre Barú y el municipio homónimo, se han identificado sedimentos mixtos, como arenas lodosas con grava y arenas gravosas con contenido de lodo. Además, en las inmediaciones de Isla Draga e Isla Abanico se han localizado depósitos de grava, asociados a la fragmentación y erosión de estructuras coralinas (Rueda, 2008).

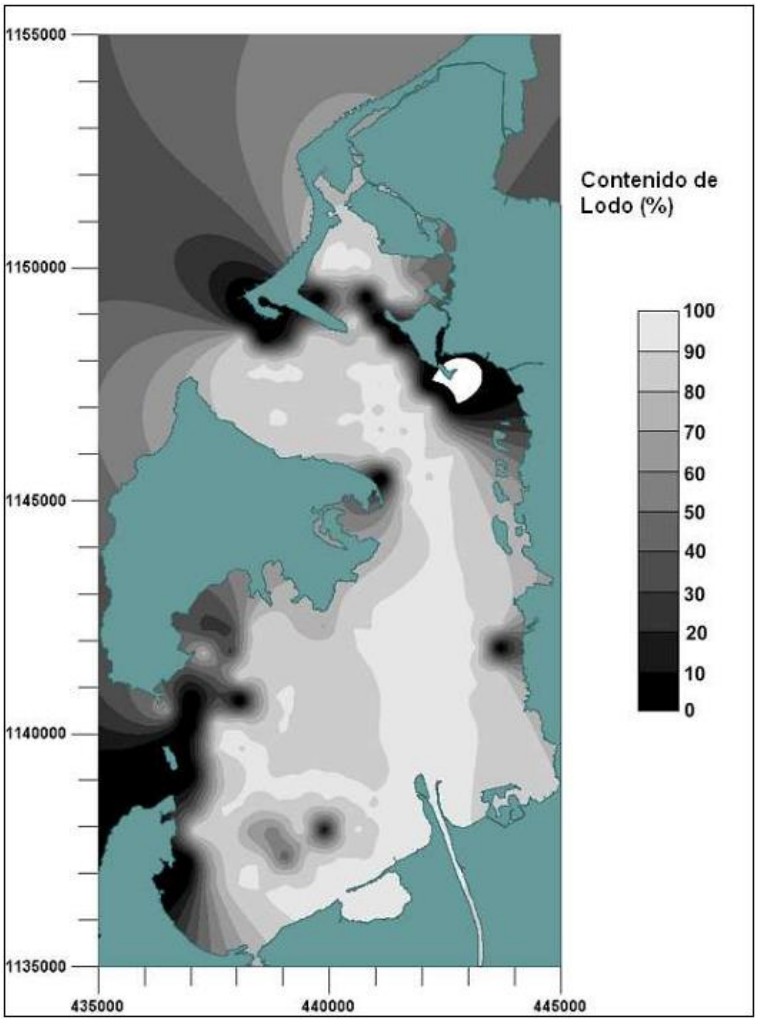



*Ilustración 90.Distribución de lodos. Esquema generado con los datos de porcentaje de lodo las muestras colectadas en el interior de la Bahía (Rueda, 2008).*

## Geomorfología de la Bahía de Cartagena

El estudio cualitativo efectuado a partir de la batimetría del fondo marino correspondiente al año 2020, con una resolución espacial de 5 metros, permitió reconocer diversas unidades de geoformas presentes en la bahía de Cartagena (ver figura 3). En los sectores costeros del continente y alrededor de las islas de Manzanillo, Tierrabomba, Barú y otras islas menores, se identificó la presencia del plano de plataforma continental (PPC), una forma del relieve submarino caracterizada por ser relativamente llana y por encontrarse a profundidades menores a los 7 metros (Ilustración 91). Esta plataforma se vincula con el lecho de la bahía a través de una ladera (LD) de textura rugosa ubicada al occidente, la cual alcanza un ancho de hasta 600 metros y presenta pendientes pronunciadas que varían entre los 20° y 25°. Por su parte, en el sector oriental de la bahía se distingue una ladera más estrecha, de aproximadamente 200 metros de ancho, con inclinaciones abruptas que oscilan entre los 10° y 20° (Ilustración 91).

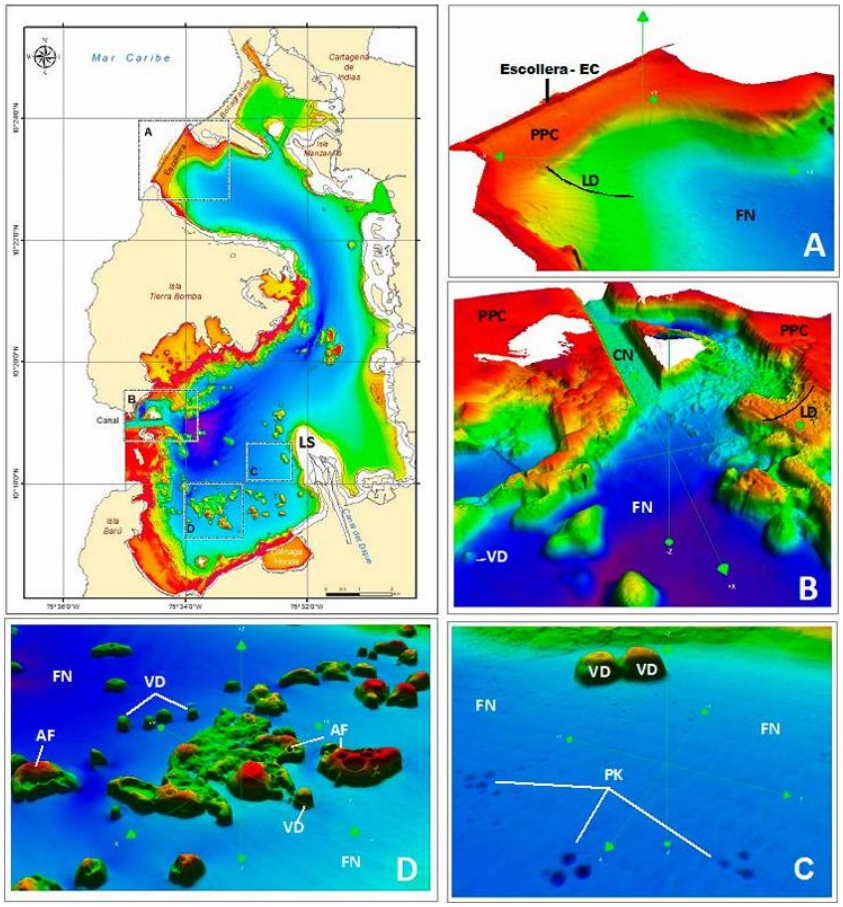



*Ilustración 91. Unidades geomorfológicas: plano continental (PPC), ladera (LD), fondo (FN), arrecife (AF), volcán de lodo (VD), pockmarks (PK), canal (CN), lóbulo de sedimento (LS), escollera (EC) (Villanueva-García et al., 2022).*

En la bahía de Cartagena, la unidad geomorfológica de mayor extensión corresponde al fondo marino (FN), el cual abarca una superficie aproximada de 46 km². Este sector presenta un relieve que va desde plano hasta suavemente inclinado, con profundidades que varían entre los 7 y los 34 metros (ver Ilustración 91). Dentro del área sur de esta unidad se localizan elevaciones submarinas que alcanzan hasta los 20 metros de altura y conforman la unidad de arrecifes (AF), con una cobertura cercana a los 2.3 km², especialmente evidente en las zonas central y sur de la bahía.

En la región meridional de la bahía también se identificaron geoformas asociadas a procesos de emanación de lodo y gases, tal como lo proponen Mora et al. (2018). Esta actividad diapírica está concentrada en el sur y se manifiesta mediante 42 montículos de base redondeada y forma cónica, que se elevan hasta aproximadamente 12 metros, con cimas redondeadas posiblemente formadas por la expulsión de lodo. Estas estructuras son interpretadas como volcanes de lodo (VD) (Ilustración 91). Adicionalmente, se detectaron alrededor de 151 pockmarks (Pk), que son depresiones de forma circular con diámetros que oscilan entre 20 y 40 metros y profundidades de hasta 3 metros (Ilustración 91Ilustración 91). Estas depresiones suelen generarse por procesos de escape de gases en zonas donde la actividad diapírica está activa, según lo señalado por Mora et al. (2018).

En el sector sureste de la bahía de Cartagena se encuentra la desembocadura del Canal del Dique, el cual aporta una considerable carga de sedimentos a la bahía, generando la formación de un lóbulo sedimentario (LS). Este depósito, de origen fluvial, se caracteriza por su composición lodosa y poca profundidad, lo que complica la obtención de datos batimétricos precisos en las zonas más someras, evidenciándose así vacíos de información en dichos sectores, Por otro lado, el Canal de Bocachica (CN) constituye una importante vía natural de navegación, ya que conecta el suroeste de la bahía de Cartagena con el mar abierto y facilita el paso de embarcaciones. Esta área es objeto de dragados periódicos para conservar las condiciones óptimas de navegación. En el momento del levantamiento batimétrico, el canal presentaba una profundidad cercana a los 30.5 metros y un ancho de solera que variaba entre los 180 y 300 metros (Ilustración 91).



Finalmente, se destaca la presencia de una escollera (EC), una estructura de origen antrópico construida entre los siglos XVI y XVII en el lecho marino de la bahía (figura 3A). Esta obra de ingeniería subacuática se ubica en el extremo norte, en la zona de Bocagrande, y fue diseñada con el objetivo de restringir el paso de grandes embarcaciones a través de esta entrada. De acuerdo con Díaz y Serrat (2019), dicha estructura podría tener un impacto significativo en la dinámica de corrientes y transporte de sedimentos, especialmente en la parte norte de la bahía.

**Relación con el estudio**

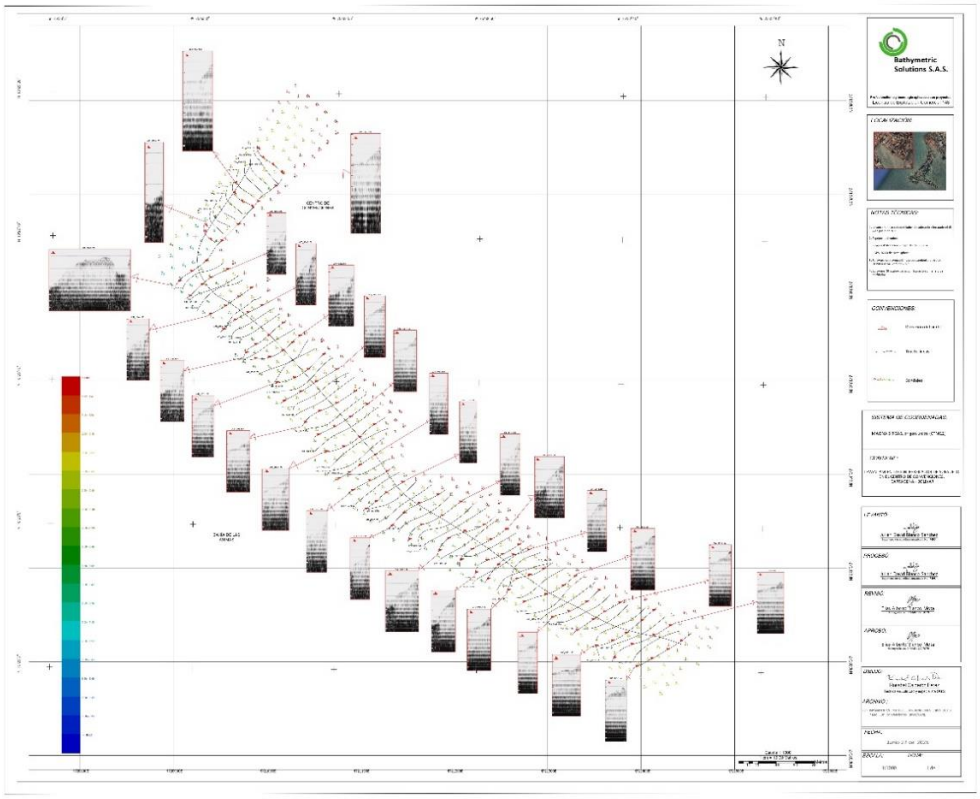



*Ilustración 92.Plano SBP*

Con base en los resultados obtenidos en estudios previos y su correlación con los datos del perfil sub-bottom profiler (SBP) observados en la figura 4, se puede inferir con un alto grado de probabilidad que las imágenes de reflexión sísmica del estudio, corresponden a una capa de sedimentos blandos, predominantemente compuesta por lodos. Esta unidad se describe con un espesor aproximado de entre 3 y 3.5 metros y se caracteriza por la ausencia de anomalías internas, lo cual sugiere una sedimentación homogénea. La continuidad de esta capa permite su correlación directa con depósitos lodosos de origen fluvial entregados por el canal del Dique, tal como ha sido documentado en estudios sedimentológicos previos en la bahía.

## 5. RECOMENDACIONES

- Realizar continuo seguimiento a la batimetría, se recomienda semestral.
- Realizar continuamente inspección subacuática con buzos o ROV a la estructura perimetral.
- Realizar continuamente inspección física visual por personal idóneo dela estructura perimetral.
- Considerar los escenarios futuros relacionados con el calentamiento global y el incremento del nivel del mar para mantener la altimetría mínima necesaria de las obras a futuro.