



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**IMPACTO HIDRÁULICO DEL COMPORTAMIENTO
TEMPORAL DEL CANAL DE ACCESO A PUERTO DE
GUAYAQUIL PREVIAMENTE DRAGADO ENTRE LAS
ABSCISAS 57+500 Y 59+000**

TUTOR

MSC. PABLO MARIO PAREDES RAMOS.

AUTOR

CUSQUILLO CHAUCA JORGE LUIS

GUAYAQUIL

2021



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Impacto hidráulico del comportamiento temporal del canal de acceso a puerto de Guayaquil previamente dragado entre las abscisas 57+500 y 59+000.

AUTOR/ES:

Jorge Luis Cusquillo Chauca

REVISORES O TUTORES:

MsC. Pablo Mario Paredes Ramos

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica VICENTE
ROCAFUERTE de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil.

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería, Industria y
Construcción.

CARRERA:

Ingeniería Civil.

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2021

N. DE PAGS:

220

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Profundidad, análisis comparativo, sedimentación, erosión, diseño, canal, comportamiento.

RESUMEN:

Desde el inicio de los tiempo la principal salida a al comercio ha sido el transporte marítimo, el Ecuador cuenta con diferentes Puertos Marítimos entre los cuales el Puerto Marítimo de Guayaquil es el exportador más importante que permite la movilización del 70% del comercio exterior, el mismo que fue construido entre los años 1959 y 1963, su ubicación es idónea para el tráfico de contenedores de Asia y América hacia la costa del Pacífico y por estar cerca al canal de Panamá.

Su vía de ingreso es el Canal de Acceso que comprende de 90 km en el Canal del Morro y Estero Salado, el mismo que debe cumplir con dimensiones de diseño necesarios para el tráfico marítimo lo cual es afectado debido al gran aporte de sedimento por efecto de mareas y la dinámica propia del Estero debiendo corregir esta afectación mediante el dragado.

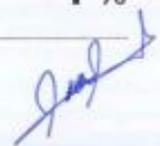
<p>El objetivo es analizar la afectación en el tiempo por presencia de sedimento en el canal después de haber sido dragado mediante el análisis multitemporal de información batimétrica levantada en un monitoreo realizado en el canal entre las abscisas 57+500 y 59+000 sector barra interna del Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil.</p> <p>Mediante la obtención de la tasa de sedimentación aportante en el tiempo de monitoreo y su posterior análisis, se propone una curva de afectación para el tráfico marítimo, evaluación recomendable, técnica, viable, que garantice la navegación segura en el canal y el desarrollo sostenible y sustentable del comercio marítimo del país.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Jorge Cusquillo	Teléfono: 0985366230	E-mail: jorgeluis_21c@hotmail.com jcusquilloc@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MSC. Alex Salvatierra Espinoza, DECANO Teléfono: 2596500 Ext. 241 DECANATO E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

Tesis Final			
INFORME DE ORIGINALIDAD			
6%	6%	1%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	www.hypack.com Fuente de Internet		1%
2	www.scpm.gob.ec Fuente de Internet		<1%
3	www.puertoesmeraldas.gob.ec Fuente de Internet		<1%
4	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante		<1%
5	estabilidaddelbuque2.blogspot.com Fuente de Internet		<1%
6	isatechcorp.com Fuente de Internet		<1%
7	www.clubensayos.com Fuente de Internet		<1%
8	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet		<1%



9	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1 %
10	www.apg.gob.ec Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
12	www.exponav.org Fuente de Internet	<1 %
13	cemil.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	app.sni.gob.ec Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Corporación Universitaria Remington Trabajo del estudiante	<1 %
16	www.dirnea.org Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	blog.todocomercioexterior.com.ec Fuente de Internet	<1 %
19	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %



20	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
21	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
23	www.la-republica.com.co Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía Activo

J. J. D.

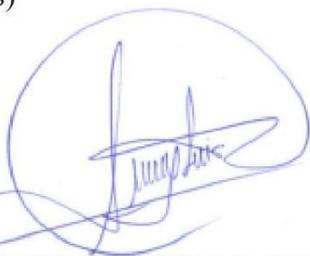
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los/as estudiantes/egresados/as JORGE LUIS CUSQUILLO CHAUCA, declaro (amos) bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/as suscritos/as y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar el “IMPACTO HIDRÁULICO DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CANAL DE ACCESO A PUERTO DE GUAYAQUIL PREVIAMENTE DRAGADO ENTRE LAS ABSCISAS 57+500 Y 59+000”.

Autor(es)

Firma: 

JORGE LUIS CUSQUILLO CHAUCA
C.I. 0604581348

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación “IMPACTO HIDRÁULICO DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CANAL DE ACCESO A PUERTO DE GUAYAQUIL PREVIAMENTE DRAGADO ENTRE LAS ABSCISAS 57+500 Y 59+000”, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “IMPACTO HIDRÁULICO DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL CANAL DE ACCESO A PUERTO DE GUAYAQUIL PREVIAMENTE DRAGADO ENTRE LAS ABSCISAS 57+500 Y 59+000”, presentado por el estudiante JORGE LUIS CUSQUILLO CHAUCA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación

PABLO MARIO
PAREDES RAMOS

Firmado digitalmente por PABLO
MARIO PAREDES RAMOS
Fecha: 2021.06.11 08:51:50 -05'00'

Firma:

MSC. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.I. 0911828150

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vitalidad, fuerza, salud, por hacer realidad mis sueños y permitir que lo imposible se logre superar hasta llegar a los objetivos.

A mi familia por ser siempre ese apoyo necesario en situaciones difíciles, dejando atrás las adversidades y obstáculos y haciendo que este objetivo alcanzado sea una de las mayores fortalezas y alegría.

Mi esposa Johanna y mi hijo Benjamín lo primordial en mi vida, por impedir que me rinda y empujarme a cumplir con mis objetivos

A mis amigos, camaradas, colegas y compañeros quienes me dieron su apoyo en todo momento, recorrido, ejecución y culminación de este proyecto.

A mi tutor, por ser un guía íntegro e inquebrantable, por su paciencia, haciendo que los errores se minimicen a tal punto de permitirme desarrollarme como un buen profesional.

DEDICATORIA

Este proyecto dedico a todos quienes representaron una ayuda incondicional durante mi carrera, además, de aquellas personas quienes se alimentarán de esta información.

A mis padres, por brindarme educación, apoyo necesario y consejos suficientes.

A mis amigos, compañeros de estudio y maestros por ser el icono corrector en este recorrido de formación profesional y por su presencia en cada avance, victoria y fracaso dando la mejor guía para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Ficha de Registro de Tesis	ii
Certificado de Antiplagio Académico.....	iv
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos Patrimoniales	vii
Certificación de Aceptación del Tutor	viii
Agradecimiento	ix
Dedicatoria	ix
Índice General	x
Índice de Tablas	xiv
Índice de Figuras	xv
Índice de Anexos.....	xviii
Introducción	1
Capítulo I <u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Formulación del Problema	5
1.4. Sistematización del Problema	5
1.5. Objetivo General	6
1.6. Objetivos Específicos	6
1.7. Justificación de la investigación.....	6
1.8. Delimitación del Problema.....	7
1.9. Hipótesis.....	7
1.9.1. Variable Independiente.	7
1.9.2. Variable Dependiente.....	7
1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad	7
Capítulo II <u>MARCO TEÓRICO</u>	8
2.1. Marco Teórico	8
2.1.1. Antecedentes.	8
2.1.2. Estero Salado en la Cuenca del Guayas	11
2.1.2.1. Cuenca del Guayas.....	11

2.1.2.1.1.	Ubicación de la Cuenca.	11
2.1.2.1.2.	Relieve de la Cuenca.....	12
2.1.2.1.3.	Sedimentación en el Estero Salado.....	13
2.1.3.	Referencias de tesis internacionales y nacionales.....	13
2.1.4.	Referencias de modelos análogos internacionales y nacionales.	15
2.1.5.	Otros aspectos generales del sector de estudio.	17
2.1.5.1.	Localización.....	17
2.2.	Marco Conceptual	19
2.2.1.	Definiciones generales.	19
2.2.1.1.	Impacto Hidráulico.	19
2.2.1.2.	Canal de acceso.....	19
2.2.1.3.	Puerto.....	19
2.2.1.4.	Nivel de Referencia.	20
2.2.1.5.	Climatología.....	20
2.2.1.5.1.	Vientos.....	21
2.2.1.6.	Hidrografía.....	27
2.2.1.6.1.	Batimetría.....	27
2.2.1.6.2.	Levantamiento hidrográfico.....	27
2.2.1.6.3.	Tipos de levantamiento hidrográfico.	28
2.2.1.6.4.	Orden Especial.....	28
2.2.1.6.5.	Orden 1a.....	28
2.2.1.6.6.	Orden 1b.	29
2.2.1.6.7.	Orden 2.	29
2.2.1.6.8.	Abscisa.....	29
2.2.1.6.9.	Cero Hidrográfico.	30
2.2.1.7.	Dragado.....	30
2.2.1.8.	Suelos.....	31
2.2.1.8.1.	Tipos de suelos.	32
2.2.1.9.	Sedimentación.....	33
2.2.1.9.1.	Origen de la Sedimentación.....	33
2.2.1.9.2.	Procesos de Sedimentación.....	34
2.2.1.9.3.	Tipos de Sedimentos.....	34

2.2.1.10. Hypack.....	36
2.3. Marco Legal	41
2.3.1. Normativas Legales.....	41
2.3.2. Delegación de Competencias.....	45
2.3.3. Ordenanzas municipales.....	46
Capítulo III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.1. Metodología.....	47
3.1.1. Batimetrías realizadas en el área de análisis, en el Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil entre las abscisas 57+500 y 59+000, desde diciembre/2017 hasta agostos/2018.....	47
3.1.2. Procedimientos a seguir para trazar las secciones transversales del canal, mediante el software hidrográfico HYPACK.....	52
3.1.3. Secciones transversales del área de análisis para determinar los volúmenes de sedimento acumulado en las batimetrías del monitoreo.....	55
3.1.4. Secciones transversales de las batimetrías realizadas por el INOCAR, en el canal de Acceso a Puerto de Guayaquil entre las Abscisas 57+500 y 59+000. 63	
3.1.5. Profundidades promedio del monitoreo batimétrico realizado en el área de estudios.....	64
3.1.6. Profundidades promedio de los levantamientos batimétricos realizados por el INOCAR en el área de estudios.....	76
3.1.7. Tabla comparativa de volúmenes de sedimentación registrados en el monitoreo batimétrico.....	80
3.1.8. Sedimentos predominantes en el fondo del Canal de Acceso, entre las abscisas 57+500 y 59+000, área de estudio.....	83
3.1.9. Fórmula para cálculo de la tasa de sedimentación.....	83
3.1.10. Procedimientos a seguir para el cálculo de volumen a través del método TIN a TIN mediante el software HYPACK.....	84
3.2. Tipo de investigación	86
3.2.1. Investigación Analítica.....	86
3.2.2. Investigación Cuantitativa.....	86
3.2.3. Investigación Deductiva.....	86

3.2.4. Investigación Cualitativa.....	87
3.3. Enfoque	87
3.4. Técnica e instrumentos	87
3.5. Población	87
3.6. Muestra.....	87
3.7. Análisis de resultados	87
3.7.1. Análisis y resultados obtenidos en las Secciones Transversales.....	87
3.7.2. Análisis de profundidad registrados en el área de monitoreo.	91
Capítulo IV INFORME FINAL	93
5.1. Impacto generado por la presencia de sedimento en el tiempo.	93
5.2. Tasa de sedimentación registrada en el área de estudio.	94
5.3. Comportamiento y variación del fondo del canal.....	96
5.4. Discusión final de la investigación.....	101
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Línea de investigación de FIIC	7
Tabla 2 Ancho del Canal de navegación.....	9
Tabla 3 Profundidades Promedio - batimetría de julio/2017 antes del dragado	65
Tabla 4 Profundidades Promedio - batimetría de diciembre/2017 al término del dragado.....	66
Tabla 5 Profundidades Promedio - batimetría del mes de enero/2018	67
Tabla 6 Profundidades Promedio - batimetría del mes de febrero/2018.....	68
Tabla 7 Profundidades Promedio - batimetría del mes de marzo/2018	69
Tabla 8 Profundidades Promedio - batimetría del mes de abril/2018.....	70
Tabla 9 Profundidades Promedio - batimetría del mes de mayo/2018	71
Tabla 10 Profundidades Promedio - batimetría del mes de junio/2018.....	73
Tabla 11 Profundidades Promedio - batimetría del mes de julio/2018.....	74
Tabla 12 Profundidades Promedio - batimetría del mes de agosto/2018.....	75
Tabla 13 Profundidades Promedio - batimetría de diciembre/2018, ejecutado por INOCAR	76
Tabla 14 Profundidades Promedio - batimetría de febrero/2018, ejecutado por INOCAR	78
Tabla 15 Profundidades Promedio - batimetría de julio/2018, ejecutado por INOCAR	79
Tabla 16 Cuadro de volúmenes de sedimentación registrado en el monitoreo batimétrico.....	81
Tabla 17 Registro histórico de distribución de la sedimentación en el área de estudio	83
Tabla 18 Tasa de Sedimentación.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación indirecta.	5
Figura 2 Mapa de ubicación de la Cuenca.	11
Figura 3 Relieve de la Cuenca.	12
Figura 4 Mapa del delta del río Guayas (Golfo de Guayaquil).	13
Figura 5 Variación en las pendientes de los Ríos.	15
Figura 6 Sección transversal del talud con inclinación 30:1.	15
Figura 7 Modelo bidimensional, comparación del veril 9.6 m 2003 vs 2009.	16
Figura 8 Variación de sedimentación en el tiempo.	17
Figura 9 IOA-107 Golfo de Guayaquil, Estero Salado-Rio Guayas.	18
Figura 10 Área de Estudio mostrado a través del programa Hypack.	18
Figura 11 Anemómetro digital A420.	22
Figura 12 Presentación de vientos predominantes.	23
Figura 13 Tabla de mareas a través de la página web del INOCAR.	25
Figura 14 Apreciación de marea predicha en la estación Puerto Nuevo.	25
Figura 15 Demostración del Cero Hidrográfico.	30
Figura 16 Clasificación de Suelos y Rocas a ser dragados.	35
Figura 17 Esquema de una sección transversal.	40
Figura 18 Triangulación de la información.	40
Figura 19 Modelos de presentación en 3D.	41
Figura 20 Batimetría diciembre-2017, realizada al finalizar el dragado en el área de estudio.	48
Figura 21 Batimetría correspondiente al mes de enero-2018.	48
Figura 22 Batimetría correspondiente al mes de febrero-2018.	49
Figura 23 Batimetría correspondiente al mes de marzo-2018.	49
Figura 24 Batimetría correspondiente al mes de abril-2018.	50
Figura 25 Batimetría correspondiente al mes de mayo-2018.	50
Figura 26 Batimetría correspondiente al mes de junio-2018.	51
Figura 27 Batimetría correspondiente al mes de julio-2018.	51
Figura 28 Batimetría correspondiente al mes de agosto-2018.	52
Figura 29 Software HYPACK, crear proyecto nuevo.	53

Figura 30 Procedimiento para añadir archivos de fondo	53
Figura 31 Ventana para subir los archivos con extensión (.xyz)	54
Figura 32 Menú, Productos Finales, opción Secciones Transversales y Volúmenes	54
Figura 33 Ingreso de Información para realizar las Secciones Transversales	55
Figura 34 Presentación de la Sección Transversal del Canal.....	55
Figura 35 Sección Transversal - abscisa 59+000, Julio/2017 antes de iniciar el dragado.....	56
Figura 36 Sección Transversal, batimetría de diciembre/2017, realizada al finalizar el dragado.....	57
Figura 37 Sección Transversal - abscisa 59+000, batimetría de enero/2018.....	57
Figura 38 Sección Transversal - abscisa 59+000, de febrero/2018	58
Figura 39 Sección Transversal - abscisa 59+000, de marzo/2018.....	59
Figura 40 Sección Transversal - abscisa 59+000, de abril/2018.....	60
Figura 41 Sección Transversal - abscisa 59+000, del mes de mayo/2018.....	60
Figura 42 Sección Transversal - abscisa 59+000, de junio/2018.....	61
Figura 43 Sección Transversal - abscisa 59+000, del mes de julio/2018.	61
Figura 44 Sección Transversal - abscisa 59+000, de agosto/2018.....	62
Figura 45 Sección Transversal - abscisa 59+000, de diciembre/2017 efectuado por INOCAR	63
Figura 46 Sección Transversal - abscisa 59+000, de febrero/2018 efectuado por INOCAR.	64
Figura 47 Sección Transversal - abscisa 59+000, de julio/2018 efectuado por INOCAR	64
Figura 48 Herramienta para cálculo a través del Modelamiento TIN.....	84
Figura 49 Ventana de opción para cargar archivos a ser procesados.....	84
Figura 50 Interpolación de puntos.....	85
Figura 51 Selección Menú TIN, pestaña Modelos 3D.....	85
Figura 52 Grafica del fondo en modelo 3D	86
Figura 53 Análisis de las Secciones Transversales	88
Figura 54 Acumulación de sedimentación antes y después del dragado.	88
Figura 55 Profundidades promedio del área de estudio – abscisas 57+500 y 59+000.	91

Figura 56 Incidencia del sedimento en el tiempo.....	93
Figura 57 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – diciembre/2017.....	96
Figura 58 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – enero/2018.....	97
Figura 59 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – febrero/2018	97
Figura 60 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – marzo/2018.....	98
Figura 61 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – abril/2018	98
Figura 62 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – mayo/2018.....	99
Figura 63 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – junio/2018.....	99
Figura 64 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – julio/2018	100
Figura 65 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – agosto/2018	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Abreviaturas	108
Anexo 2 Secciones transversales del monitoreo batimétrico ejecutado.....	109
Anexo 3 Actas de entrega y uso de información.....	199

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar el impacto hidráulico sedimentológico del comportamiento temporal en el fondo del canal después que en este se realizó el mantenimiento de dragado entre las abscisas desde la 57+500 hasta la 59+000, denominado sector crítico, ubicado en la Barra Interna del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil.

El canal de acceso comprende desde su ingreso El Canal del Morro y la conexión con el Estero Salado que llega hasta los muelles de Puerto, es la vía principal para el ingreso y salida del transporte marítimo y de gran importancia para el desarrollo del comercio en el país, el mismo que está limitado por la alta presencia de sedimento afectando la profundidad y el calado de diseño mínimo requerido de 9.60 metros.

La sedimentación que se presenta en el canal tiene diferentes orígenes que son la erosión de los taludes en el fondo y re-sedimentación provocada por la corriente y el frecuente paso del transporte marítimo, el arrastre de sedimento proveniente de la conexión de los canales de comunicación con el río Guayas, que impiden el libre tránsito de embarcaciones con calado promedio de 9 metros.

El objetivo general es determinar el margen de afectación en el tiempo debido a la re-sedimentación que se presente en el área de estudio, en base a la información en formato (.xyz) del monitoreo mensual de levantamientos batimétricos realizados por el Servicio de Dragas (SERDRA) en el año 2018, entidad asignada para realizar el mantenimiento de dragado del canal hasta el mismo año.

Para analizar la información, esta será procesada mediante el software hidrográfico HYPACK, a través de la creación de un proyecto de ubicación e identificación del área de estudio en el cual se empleará al método secciones transversales y la modelación en 3D de cada batimetría para conocer la variación en el tiempo de la morfología del fondo del canal con respecto a la sedimentación.

Entre los objetivos específicos tenemos la recopilación de la información batimétrica ejecutados en el área de estudio para realizar el análisis comparativo a fin de conocer la variación de las profundidades y la morfología del fondo del canal, además de determinar la acumulación de sedimento mediante el cálculo de volúmenes, la tasa de sedimentación y tiempo de nuevo mantenimiento del canal.

Es necesario presentar alternativas favorables que permitan mantener el Canal de Acceso con una profundidad necesaria y requerida según el calado de diseño, que permita el ingreso de embarcaciones de mayor calado, tomando en consideración que, por la vía marítima, es por donde se genera el mayor desarrollo y la demanda del comercio a nivel mundial.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema

Impacto Hidráulico del Comportamiento Temporal del Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil previamente dragado entre las abscisas 57+500 y 59+000.

1.2. Planteamiento del Problema

En 1958 se crea el nuevo Puerto Marítimo de Guayaquil al sur de la ciudad, para lo cual se tomó como vía de acceso el Estero Salado el mismo que está conformado en dos partes denominadas: Barra Externa que inicia desde la Boya de Mar en la abscisa 0+000 hasta la Boya 15 en la abscisa 21+750 llamado también “El Canal del Morro” y la Barra Interna que se extiende hasta la Boya 80 en la abscisa 91+500 (Esteros Salado), cerca de los muelles del Puerto.

Este canal fue configurado con un calado de diseño de 9,60 metros con respecto al MLWS (Nivel Medio de Bajamares en Sicigia), el mismo que en ciertos sectores no cumple con la profundidad requerida, por la presencia de sedimentación generada por diferentes factores:

- El tránsito marítimo constante que circula por el canal generando arrastre de sedimento por el oleaje generado por buques de gran calado.
- Los dragados ejecutados en los últimos años alteran la profundidad natural del canal
- La constante re-sedimentación en el canal ya que este busca mantener su profundidad natural de equilibrio.

- El cambio sedimentario generado por los canales de comunicación entre el Estero Salado y el río Guayas.
- La sedimentación generada por el cambio periódico de mareas (bajamar y pleamar)
- La acción combinada de la tala de manglares para la construcción de camaroneras.
- Depósitos sedimentarios que afloran en la cuenca baja a través de formaciones geológicas cuaternarias.

Estos factores afectan al canal impidiendo mantener una profundidad adecuada y necesaria para el libre tránsito marítimo, provocando un impacto a la economía ya que impide el ingreso de buques de gran calado incrementando los costos de los productos que ingresan a nuestro país.

Durante el proceso de construcción del canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, el mismo que fue entre 1961 y 1962, fue necesario dragar varios sectores a lo largo del Estero Salado a una profundidad de 31 pies referidos al promedio de las bajamares en sicigia

Además, por la alta presencia de re sedimentación y/o movimientos de sedimentos en los sitios dragados, se ha visto la necesidad de realizar dragados periódicos con la finalidad de mantener expedita la vía de navegación, estas obras de ingeniería en su mayoría han sido controladas por la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), quien tiene jurisdicción de la zona marítima y fluvial de Estero Salado (Decreto Ley de Emergencia 15, Registro Oficial 486 del 12 de abril de 1958. Última modificación: 03-junio-1965).

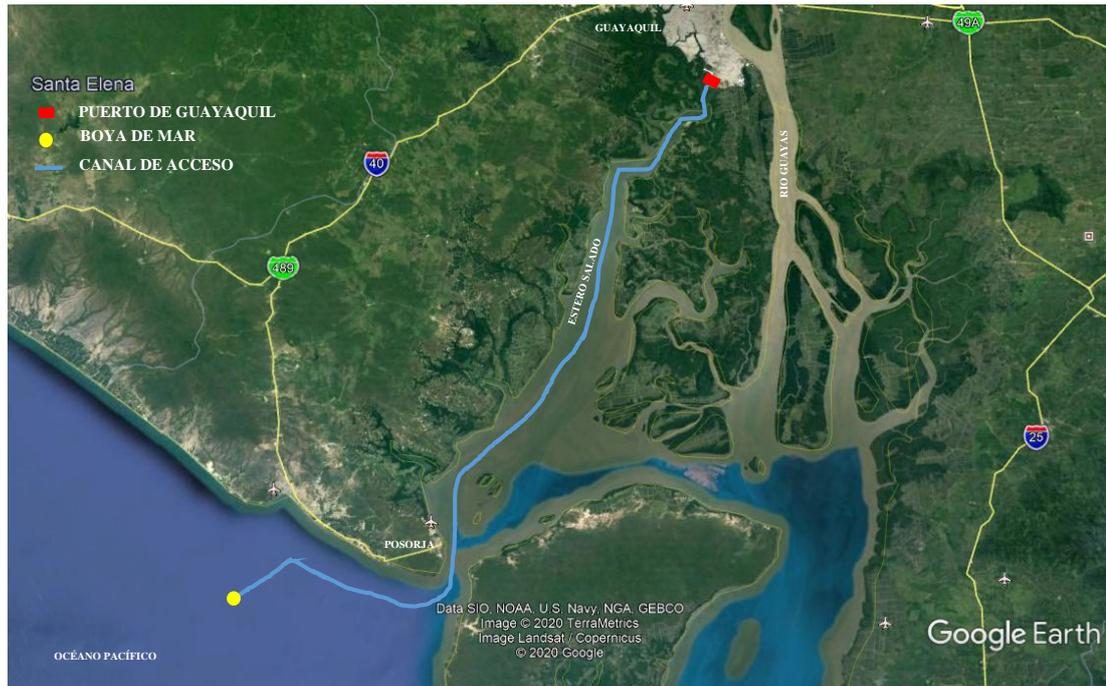


Figura 1 Mapa de ubicación indirecta.
Fuente: Google Earth 2020

1.3. Formulación del Problema

¿Cuál es el impacto hidráulico por efecto de la presencia de sedimento y la afectación en el tiempo del comportamiento del fondo en el Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil, sector Barra Interna entre las abscisas 57+500 y 59+000 en referencia a la navegación marítima?

1.4. Sistematización del Problema

- ¿Porque y cuáles son las causas para que se generan los bancos de sedimento en el canal de acceso a Puerto de Guayaquil?
- ¿Qué han hecho las autoridades competentes para mantener la profundidad requerida del canal de Acceso a Puerto de Guayaquil?
- ¿Con que frecuencia se efectúan los dragados en el canal de acceso?
- ¿Existe algún estudio integral sobre los factores que causan la re-sedimentación en un canal previamente dragado?
- ¿Para qué sirve un análisis multitemporal de batimetrías ejecutadas en el canal?

1.5. Objetivo General

Analizar el impacto hidráulico sobre el comportamiento sedimentológico del fondo del canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil entre las abscisas 57+500 y 59+000, después que este haya sido dragado, para definición y proyección posible del tiempo en que este vuelva a ser afectado por la re-sedimentación.

1.6. Objetivos Específicos

- Recopilar información de levantamientos batimétricos efectuados en el área de investigación.
- Elaborar un análisis comparativo de las batimetrías para determinación de las características morfológicas y marítimas.
- Definir la tasa de sedimentación, cálculo de volúmenes y el tiempo de nuevo dragado y afectación en el tiempo.

1.7. Justificación de la investigación

En el presente trabajo se hace énfasis en determinar el impacto hidráulico sedimentológico mediante el análisis comparativo multitemporal de levantamientos batimétricos en el canal de acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil entre las abscisas 57+500 y 59+000 (área de estudio), a fin de conocer el comportamiento del fondo del canal con relación a la re-sedimentación después de que este haya sido dragado, usando como herramienta la información batimétrica en formato xyz de los levantamientos batimétricos realizados en el área, para luego ser procesadas mediante el software hidrográfico HYPACK, y posterior realizar el análisis de resultados, la determinación de los volúmenes de sedimento presentes en el tiempo, tasa de sedimentación variación y comportamiento del fondo y afectación a la navegación marítima generado por este impacto.

Es importante conocer el impacto que se genera por la presencia de sedimento en el área de análisis, a fin de establecer opciones adecuadas para el mantenimiento del canal, manteniendo una profundidad requerida de 9.6m o mayor que permitan el libre tránsito marítimo de embarcaciones con mayores capacidades de carga hasta el Puerto Marítimo de Guayaquil, permitiendo así el desarrollo y crecimiento de la economía del Ecuador.

1.8. Delimitación del Problema

Campo:	Educación superior. Tercer nivel de grado
Área:	Ingeniería Civil
Aspecto:	Investigación Analítica
Tema:	Impacto Hidráulico del Comportamiento Temporal del Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil previamente dragado entre las abscisas 57+500 y 59+000
Delimitación espacial:	Barra Interna del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil - Guayas
Delimitación temporal:	6 meses

1.9. Hipótesis

¿Cuál es el impacto hidráulico que afecta el comportamiento del fondo del canal por efecto de la re sedimentación en el Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil previamente dragado entre las abscisas 57+500 y 59+000?

1.9.1. Variable Independiente.

Re sedimentación del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil antes del dragado, en las abscisas 57+500 y 59+000.

1.9.2. Variable Dependiente.

Impacto hidráulico del área de estudio para comprender el comportamiento del fondo del canal.

1.10. Línea de Investigación Institucional/Facultad

Tabla 1
Línea de investigación de FIIC

DOMINIO	LINEA INSTITUCIONAL	LINEA DE FACULTAD
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio	Recursos Hídricos

Fuente: FIIC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Antecedentes.

En el año 1962 el Puerto de Guayaquil, estaba donde actualmente se encuentra el Malecón 2000, las actividades comerciales fueron ampliando, trayendo así una mayor cantidad de buques de gran tamaño y calado, surgiendo una problemática, la sedimentación que presentaba el Río Guayas provocando considerables variaciones en las profundidades del canal, dificultando el ingreso de estos buques.

En 1958, se implementó el nuevo Puerto de Guayaquil al sur de la ciudad, siendo su vía de acceso el Estero Salado lo que hoy en día se lo conoce como Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, que es una ramificación del Golfo de Guayaquil.

El canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil en su área navegable tiene una longitud de 94 kilómetros hasta los muelles del puerto, se divide en dos partes: Barra Externa que comprende desde la Boya de Mar (BM) en la abscisa 0+000 hasta llegar a la Boya 15 en la abscisa 21+750, cuyo tramo es denominado “El Canal del Morro” y la Barra Interna que corre en el Estero Salado hasta la Boya 80 en la abscisa (91+500), cerca de los muelles; el ancho de canal de navegación es variable, tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2
Ancho del Canal de navegación.

BOYAS	Ancho del Canal en el fondo (m)	Observaciones
CANAL DE ACCESO: ESTERO SALADO		
Boya Mar a Boya 6^a	160	
Boya 6A a Boya 13	120	
Boya 13 a Boya 15^a	180	Curva
Boya 15A a Boya 17	120	
Boya 17 a Boya 32	160	
Boya 36 a Boya 66	120	Boya 48 (Área de estudio)
Boya 66 a Boya 80	120	

Fuente: (Garzón, 2018)

Existen zonas en el canal que no alcanzan la profundidad mínima requerida para la navegación segura, que es 9,60 m con respecto a la MLWS, por la acumulación de sedimento, estas zonas también se las denominan como zonas críticas. La Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) entidad encargada de velar por el mantenimiento y buen estado del canal, ha realizado varios estudios de batimetrías y contratado varios dragados a lo largo de la historia según el siguiente detalle:

- 1961-62 Primer dragado, Compañía Costain Blankevoorst.
- 1967-68 Compañía BAWER & C.O.
- 1974 APG con draga TIPUTINI (Pertenece a APG).
- 1983 SERDRA.
- 1990 Compañía DREDGING INTERNATIONAL.
- 2003 Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos.
- 2008-2014 SERDRA - dragado principal y de mantenimiento- Draga Francisco de Orellana.
- 2014-2018 SERDRA - Dragado de mantenimiento – Draga Francisco de Orellana y Draga Nueva Loja.
- 2019 JAN DE NULL – Actual dragado de mantenimiento del canal de Acceso a Puerto de Guayaquil

Según el (Instituto Oceanográfico de la Armada, 2015) en su informe de “ Los Factores que afectan al dragado del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil”, hace énfasis sobre el problema de re sedimentación en el canal, entre ellos los sectores de la Barra interna en las cuales fueron detectados a través de una batimetría realizada en diferentes sitios notándose profundidades menores a 9.6 m, considerando como áreas críticas, una de las áreas afectadas entre las abscisas 47+000 y 77+600 (30.6 Km).

Para análisis de estas áreas críticas de la Barra Interna, el Servicio de Dragas (SERDRA), entidad encargada del dragado del canal hasta el año 2018, realizó el dragado en mencionadas áreas, y para su control, un monitoreo batimétrico para lo cual separa por sectores denominando kilómetros piloto que son:

- SECTOR I: 56+000 A 57+500 dragado
- SECTOR II: 54+500 A 56+000 monitoreo de sedimentación
- SECTOR III: 57+500 A 59+000 dragado (Área de estudio).

Una vez ejecutado el dragado en el sector III entre el 11 de julio hasta el 31 de diciembre/2017, SERDRA realizó un control y seguimiento del sector mediante un monitoreo batimétrico mensual al finalizar el monitoreo en diciembre/2017 hasta agosto/2018, efectuando ocho (09) levantamientos batimétricos los cuales fueron destinados para el análisis de variación de profundidad en este sector crítico.

Según el (Servicio de Dragas, 2017) en su Informe Multitemporal, indica que mediante levantamiento batimétrico realizado a los 21 días de iniciado los trabajos de dragado se tiene una profundidad promedio de 8.631 con respecto al Promedio de las más Bajas Mareas en Sicigia (MLWS), para lo cual se tomara este promedio para los respectivos análisis.

El trabajo pretende realizar un estudio de impacto hidráulico sedimentológico del canal entre las abscisas antes mencionadas, mediante un análisis comparativo de los levantamientos batimétricos realizados en el área a fin de observar y comprender el comportamiento del fondo y las profundidades, con respecto a la variante acumulación de sedimento que se presenta en el área de estudio.

2.1.2.1.2. *Relieve de la Cuenca.*

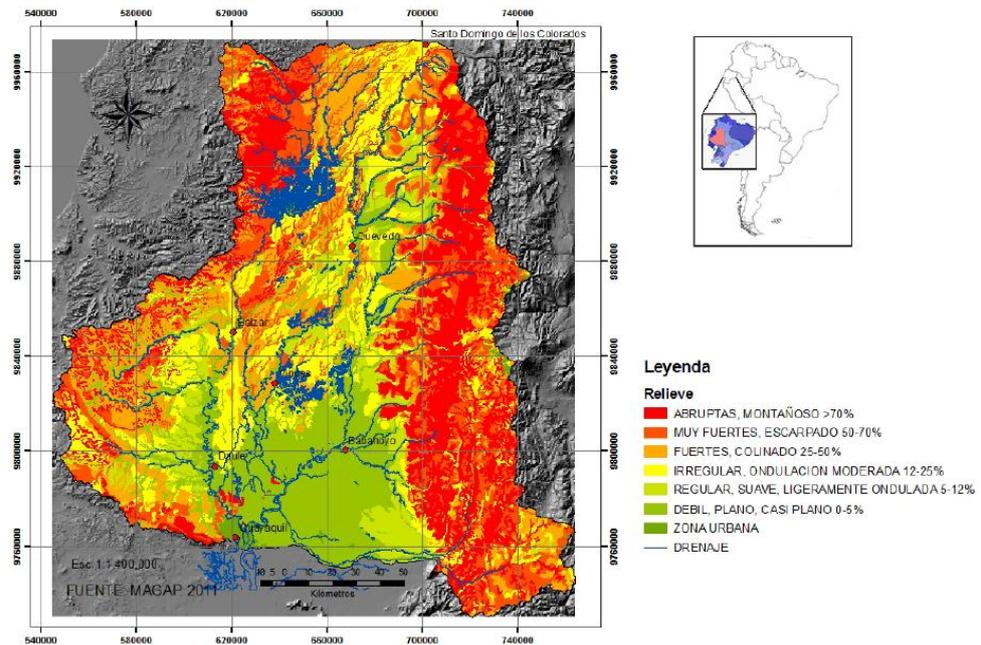


Figura 3 Relieve de la Cuenca.

Fuente: MAGAP

La cuenca del Guayas, es una llanura costera ubicada al pie de los Andes con un ancho de 80 km más o menos. En Santo Domingo de los Tsáchilas alcanza una altura de 600 metros, descendiendo levemente hacia el norte hasta 200 metros en Quinindé y al sur hasta 20 metros en Babahoyo, llegando a una llanura con pendiente de 0 a 5 metros, drenada por ríos sinuosos o meándricos que forman la red hidrográfica que baña la cuenca baja del Guayas (Tapia Hinojosa, 2014).

Es una fosa de hundimiento con relleno fluvio marino; se extiende de norte a sur, rodeada de conos de deyección(conjunto de lavas de un volcán; material pétreo acumulado por las acciones de la geodinámica externa; al este se consolidan con la cordillera de los Andes; al oeste con la cordillera de Chongón-Colonche y los cerros de Balzar y Puca; al norte por los relieves sedimentarios levantados, atravesados por la garganta antecedente del Río Esmeraldas; al sur por la llanura aluvial y el delta del Río Guayas (González, Acosta , & Andrade, 2008) (Tapia Hinojosa, 2014).

En la cuenca baja propiamente, el suelo presenta aporte de sedimentos por las formaciones geológicas cuaternarias (arcillas y marinas estearinas) con presencia de

arenas, areniscas y conglomerados. Además, los suelos son mal drenados, saturados con agua todo el año; con sales, colores oscuros, profundos. Suelos destinados a la acuicultura, pesca artesanal, captura de cangrejo (Tapia, 2012).

2.1.2.1.3. Sedimentación en el Estero Salado.

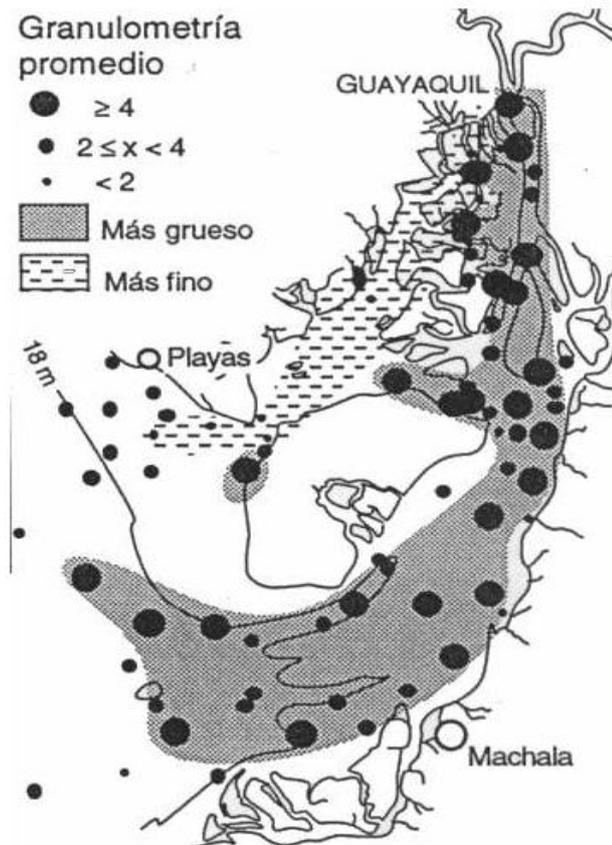


Figura 4 Mapa del delta del río Guayas (Golfo de Guayaquil).
Fuente: (Benitez, 1974)

2.1.3. Referencias de tesis internacionales y nacionales.

Según (Licanqueo, 2016) autor chileno de la memoria “Estudio experimental del transporte de sedimentos finos en un canal con lecho de grava”, en el cual indica que la lectura de velocidad del flujo muestra que la intensidad de la turbulencia presenta un comportamiento concordante con las predicciones realizadas por (Nakagama & Nezu, 1993) y el aumento de arena es inversamente proporcional a la intensidad de esfuerzo de corte de Reynolds.

Según (Roa & Parra, 2016) autores colombianos de la tesis “Optimización de los procesos de dragado – aplicación Río Magdalena Colombia”, indica que se puede optimizar los procesos de dragado, mediante la implementación de una draga hidráulica que tiene altos rendimientos de ejecución ayudando a disminuir los tiempos de remoción de material sedimentario en un 61%.

Según (Salmerón, 2017) autor mexicano de la tesis “Simulación física y numérica del depósito de sedimentos a la entrada de un embalse”, indica que el estudio de transporte de sedimentos de los ríos sigue siendo en el presente un fenómeno difícil de predecir debido a que es un proceso continuo que se presenta en la naturaleza y depende de factores hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geográficos, biológicos y de las actividades que desarrolla el ser humano y que es necesario un historial para su análisis.

Según (Sánchez, 2014) autora ecuatoriana de la tesis “Análisis de la Influencia Económica del Puerto Marítimo de Guayaquil Libertador Simón Bolívar, durante los últimos diez” indica que es necesaria la realización del calado del acceso al Puerto de Guayaquil, pues si no se realiza pronto, la terminal portuaria perderá su futura capacidad operacional, lo que perjudicaría a la ciudad y al país en su desarrollo económico.

Según (Ramírez, 2017) autor ecuatoriano de la tesis “El dragado del canal al Puerto de Guayaquil y su incidencia en las operaciones de comercio exterior”, establece que el calado autorizado del canal actualmente es de 9.75 metros, durante el periodo de estudio 2012-2017, la mayor parte de buques arribados a las terminales públicas poseen un calado comprendido entre 9.01-9.76 metros, lo que corresponde al 48% de los buques totales arribados.

Según (Garzón, 2018) autor ecuatoriano del trabajo “Estudio de las condiciones actuales, mediante levantamiento batimétrico, del Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil”, debido a la condición dinámica propio natural del Estero, dependiendo del tipo de fondo, la profundidad de seguridad bajo la quilla y de considerarse el nivel

de riesgo para la carga y condiciones ambientales, de 0.3 m para los fondos lodosos y de material fino suelto; de 0,5 m para fondos arenoso y de 1 m para fondos rocosos.

2.1.4. Referencias de modelos análogos internacionales y nacionales.

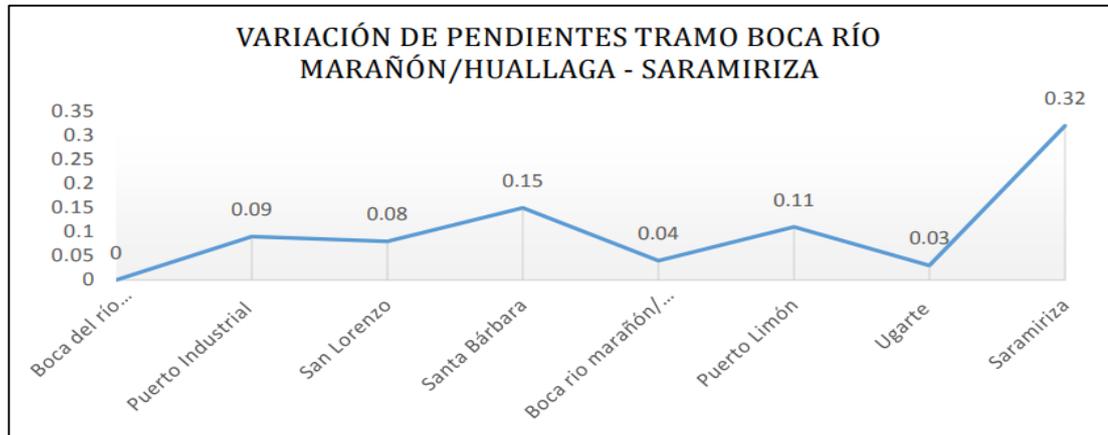


Figura 5 Variación en las pendientes de los Ríos.

Fuente: (Morales & Soplín, 2014)

Según (Morales & Soplín, 2014) autores peruanos del trabajo “El transporte fluvial y la navegabilidad de los ríos Huallaga, Marañón, Ucayali y amazonas”, muestran en la siguiente grafica una variación de pendientes de los taludes en los diferentes ríos, según su análisis, estas pendientes como se muestran en cada corte de la línea azul, no permite el paso a embarcaciones con calado mayor a 6 pies debido a la poca profundidad generada por el arrastre de sedimento por el efecto dinámico de cada río.

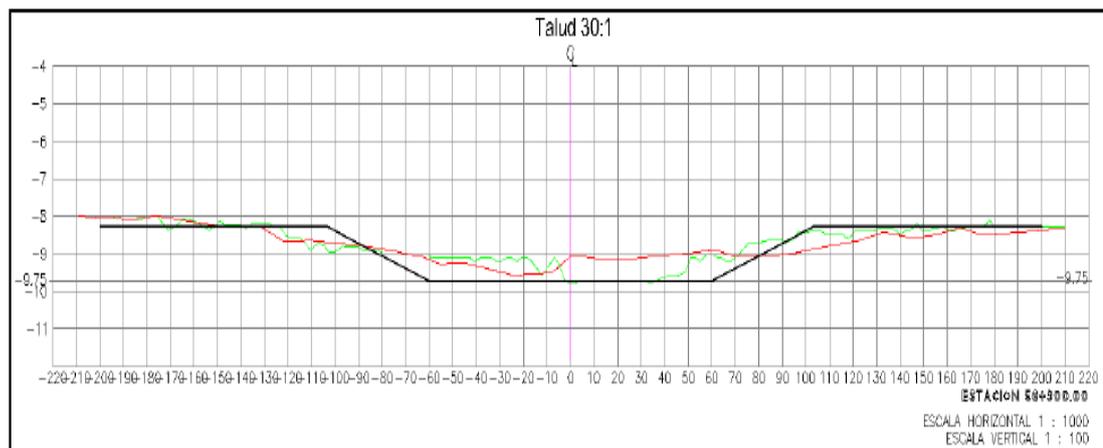


Figura 6 Sección transversal del talud con inclinación 30:1.

Fuente: (Idrovo, 2016)

Según (Idrovo, 2016) autor ecuatoriano de la tesis “Retroanálisis para definir parámetros de resistencia, para estabilidad de taludes del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, entre las abscisas 56+300 y 58+500”, podemos observar que

según la plantilla utilizada por el autor 30:1 (línea color negro), con relación a las diferentes batimetrías (líneas de color rojo y verde) realizadas en la abscisa 56+900, es la que mejor se asemeja a la plantilla planteada para mantener la estabilidad de la profundidad requerida con respecto a la sedimentación y es importante considerar este análisis para la interpretación sobre la re sedimentación en el área de estudio.

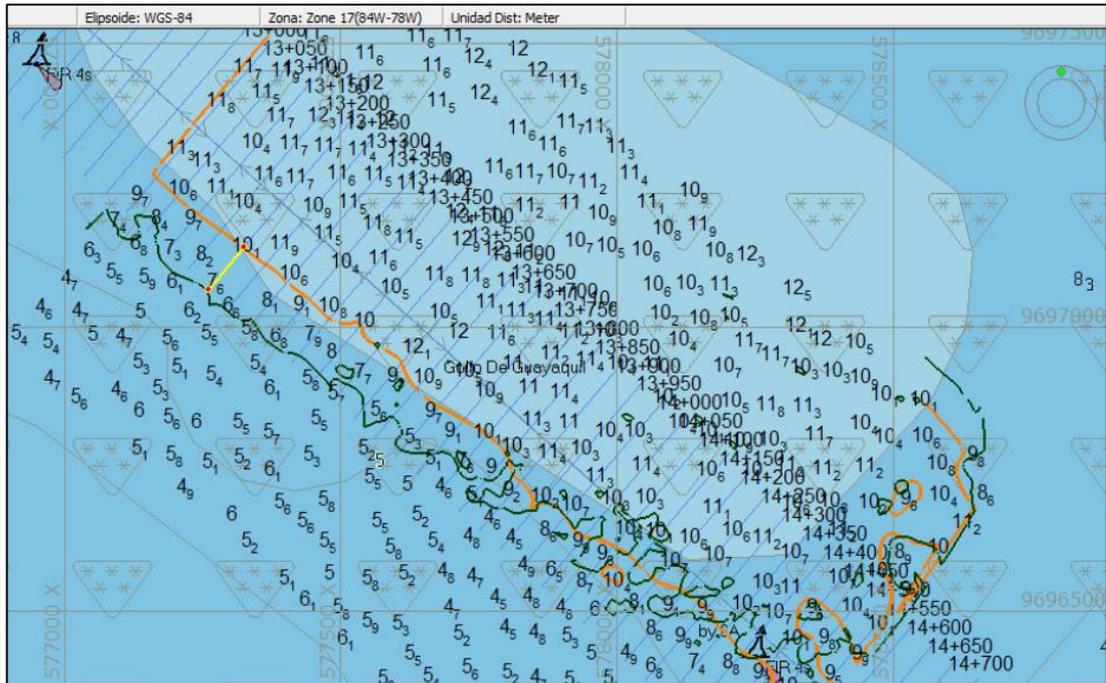


Figura 7 Modelo bidimensional, comparación del veril 9.6 m 2003 vs 2009
Fuente: (Torres, 2016)

Según (Torres, 2016) autor ecuatoriano de la tesis “Análisis multitemporal del comportamiento del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil por efecto de la presencia de un bajo fondo entre las abscisas 13+000 y 14+500, sector Los Goles”, se puede observar en la figura No. 4 el desplazamiento promedio de 83,90 m que ha realizado la isóbata de 9,6 m desde Octubre 2003 de color negro y Septiembre 2009 de color naranja, este comportamiento de fondo es analizado en la barra externa donde sus condiciones de análisis son diferentes a la barra interna.

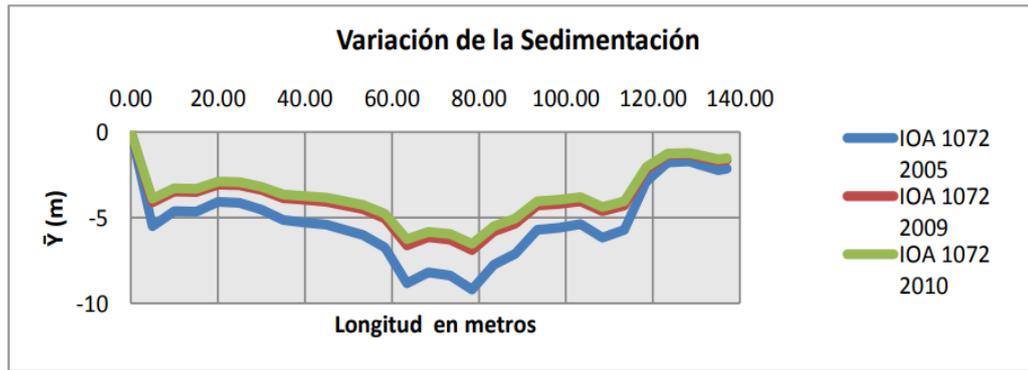


Figura 8 Variación de sedimentación en el tiempo
Fuente: (Tapia Hinojosa, 2014)

Según (Tapia Hinojosa, 2014) autor ecuatoriano de la tesis “Proyecto de dragado para la rehabilitación del canal navegable del río guayas frente a la ciudad de Guayaquil en base a estudios multitemporal”, en la figura mostrada se puede identificar claramente la variación de profundidad con respecto al tiempo, además, que es necesario mantener el dragado del sector para poder mantener la profundidad que se requiere para la navegación.

2.1.5. Otros aspectos generales del sector de estudio.

2.1.5.1. Localización.

El área de estudio se encuentra en el Canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, en la Provincia del Guayas, en el Golfo de Guayaquil entrando desde el Océano Pacífico por el Canal del Morro entre Posorja y la Isla Puná c (Murdolo, 2019) continuando por el Estero Salado hacia el Noreste hasta el Puerto Marítimo de Guayaquil, a la altura de la Boya 48 entre las abscisas 57+500 y 59+000 Barra Interna.

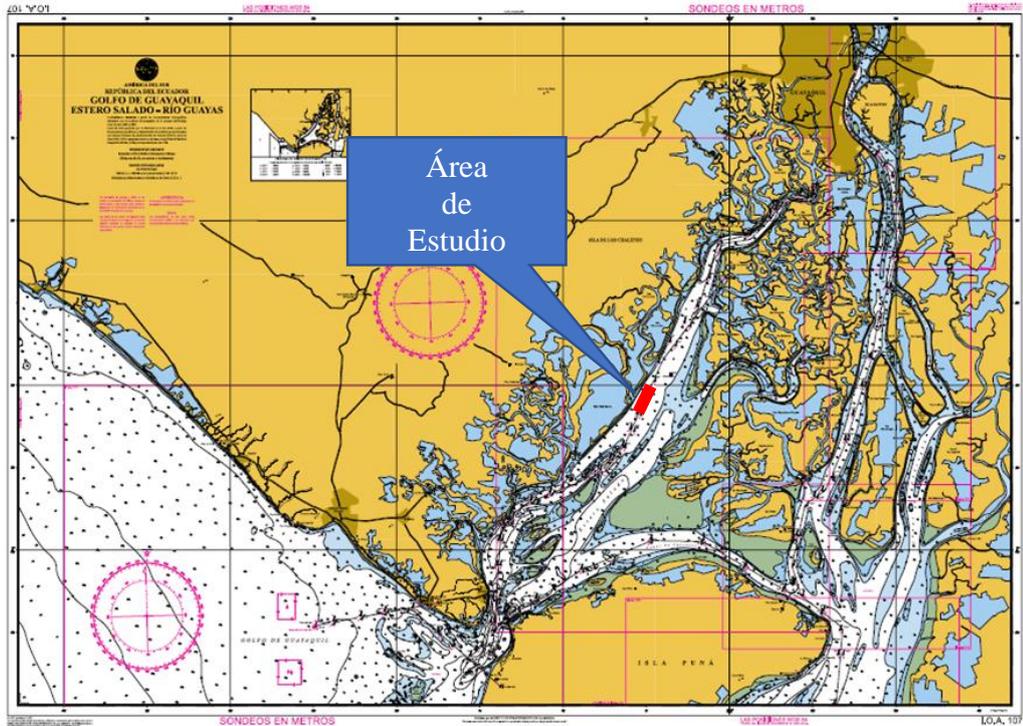


Figura 9 IOA-107 Golfo de Guayaquil, Estero Salado-Rio Guayas.
Fuente: INOCAR

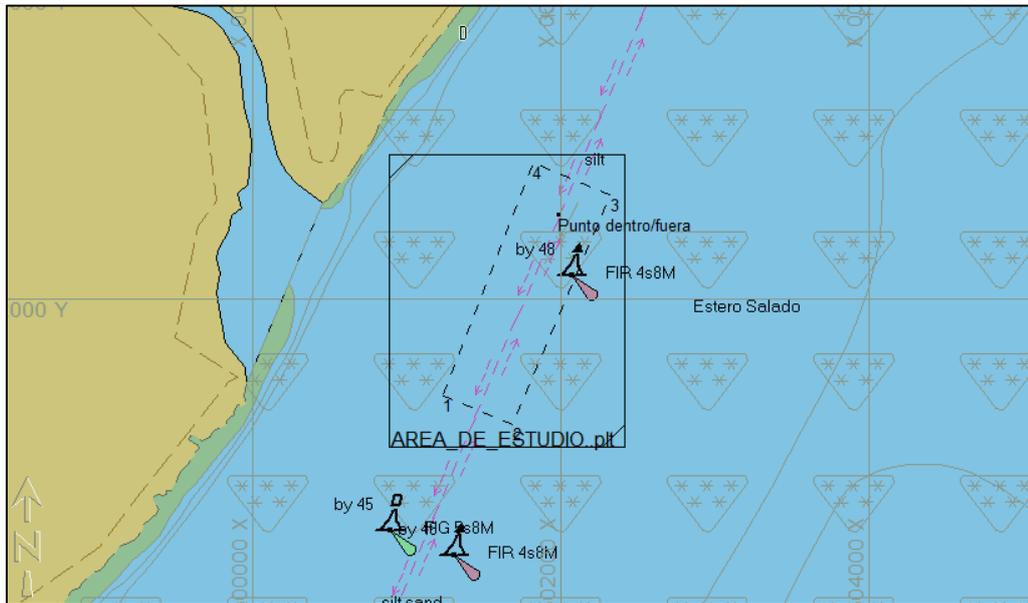


Figura 10 Área de Estudio mostrado a través del programa Hypack.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Definiciones generales.

2.2.1.1. Impacto Hidráulico.

Siendo el impacto hidráulico una forma de medir el cambio de una situación preestablecida por causa de una acción determinada, la ponderación en términos absolutos sólo puede darse cuando se cuenta con mediciones regulares y permanentes de cada parámetro evaluado. (Murdolo, 2019).

Dada la carencia de un histórico de mediciones de la mayoría de los parámetros en el Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil en el área de análisis, para este trabajo de investigación y siendo relevante el estudio del comportamiento del fondo del canal, se considera determinar el impacto hidráulico que se genera por efecto de la presencia de sedimento en este sector, siendo este uno de los mayores factores incidentes en este sector crítico.

2.2.1.2. Canal de acceso.

RÍO, CANAL, etc. que puede utilizarse como vía de comunicación o transporte. (OHI, 2019).

En canal de acceso es la vía de ingreso y salida de comunicación y transporte marítimo hacia el puerto de Guayaquil, considerado de gran importancia para el desarrollo del comercio marítimo de mayor incidencia en el país.

2.2.1.3. Puerto.

Un puerto es un lugar en la costa que, por sus características naturales o artificiales, en el caso de un puerto artificial o comercial, este debe ser ubicado estratégicamente donde las embarcaciones puedan realizar diversas maniobras: como atraque, fondeo, estadía y desatraque; y operaciones como transferencia de cargas, embarque y desembarque de pasajeros, para ello, este debe ser protegido de los oleajes con muros de contención o rompeolas.

2.2.1.4. Nivel de Referencia.

Para trabajos de levantamientos de batimetría, como parte de los trabajos hidrográficos, se necesita referirse a un plano de referencia horizontal y vertical llamado Datum, el mismo que será el punto de partida para esta investigación, el trabajo a analizar esta referido al Datum WGS-84 en el plano horizontal y al nivel promedio de las bajamares en sicigia para el plano vertical.

El hidrógrafo debe ser capaz de relacionar todas las profundidades medidas sin importarle el estado de la marea o el nivel del agua en el momento del sondeo con un plano común o Datum vertical llamado: Datum de nivel de agua. (Torres, 2016).

2.2.1.5. Climatología.

Es la ciencia que se encarga del estudio y descripción de los fenómenos atmosféricos a largo plazo. Su objetivo principal es la caracterización del clima de un determinado lugar, describe la frecuencia y la posibilidad de que se pueda repetir una serie de eventos atmosféricos extremos. También se preocupa de la elaboración de mapas climáticos típicos, para que se pueda realizar esta labor se requiere de una observación a largo plazo. (Torres, 2016).

El clima del área de estudio está clasificado como "tropical húmedo", presentando una temperatura media del aire de 25.2°C y un acumulado anual de precipitación de 955 mm. Estas características se manifiestan como resultado de la interacción del océano y la atmósfera y especialmente del régimen de corrientes oceánicas y la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). En este clima se distinguen dos épocas, la estación húmeda que se caracteriza por la presencia de precipitaciones y la época seca por la ausencia de las mismas. (Geoestudios & Consulsua, 2011).

Definitivamente el clima juega una acción preponderante sobre la vida vegetal, animal y mineral. El clima es el estado típico de la atmosfera en un lugar y periodo determinado; es la dinámica habitual del (tiempo) en una cierta región, entendiendo por (tiempo) la manifestación diaria de los elementos meteorológicos tales como temperatura, humedad, vientos, radiación, etc. (Hueveldop, 1986) afirma que "El

clima es una expresión del efecto combinado de todos los elementos meteorológicos, cuya interacción genera los tipos climáticos” (como se citó en Torres, 2016).

Sus causas se deben a factores tales como: la latitud, altitud, distribución de las masas continentales y oceánicas, corrientes marinas, centro de presión y barreras orográficas. La zona de estudio está representada por la climatología de la Isla Puna, la cual se clasifica dentro de las categorías de clima Tropical Mega térmico Semi-árido, las temperaturas medias anuales son de aproximadamente 24°C, las máximas rara vez superan los 32°C y las mínimas son del orden de 16°C. (Pourrut & Pouyaud, 1995) Indica que “Las precipitaciones anuales no superan los 500 mm y están concentradas en una sola estación lluviosa de enero a abril, la zona se encuentra influenciada preponderantemente por la corriente fría del Humboldt.” (como se citó en Torres, 2016).

La importancia del viento-marea en los procesos de sedimentación radica que, la mayoría de estos, provienen de la fragmentación de rocas y suelo por la acción del viento, oleajes y hielo influenciados por la temperatura, reacciones químicas y presión. Es decir, para llevar a cabo una sedimentación es necesario tener estos factores ambientales mencionados.

En nuestro país, la situación climática se presenta variada y muy diversificada, esto significa que en un año se puede ver varios cambios en relación a los registros históricos de años pasados, por tal motivo se obvian ciertas definiciones con el propósito de mantener el buen entendimiento en este trabajo de investigación.

2.2.1.5.1. Vientos.

El viento es la variable del estado, que define el movimiento del aire y la mayor trascendencia para la navegación. En meteorología se estudia el viento como el aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes y posteriores tormentas. No obstante, los movimientos horizontales son los que más incidencia práctica tienen para la navegación. En general dicho movimiento horizontal del aire es el que se conoce como: viento. (Torres, 2016).

- Generación de vientos.

La primera fuerza que actúa sobre las masas de aire y que genera el viento es la gradiente horizontal de presiones. La masa de aire tiende a desplazarse desde las áreas de altas presiones a las bajas, siguiendo la línea de máxima gradiente ósea perpendicularmente a las isobaras. Iniciando el movimiento de la masa de aire, por efecto de la rotación de la tierra se genera una desviación de la trayectoria teórica de máximo gradiente hacia la derecha (en el hemisferio norte) debido a la denominada fuerza de coriolis. Este efecto de coriolis va determinando una continua desviación del viento hacia la derecha del gradiente de presión, hasta que se alcanza el equilibrio, resultando un movimiento de la masa de aire aproximadamente paralelo a las isobaras. (Torres, 2016).

- Medida del viento.

El viento está definido por su intensidad, dirección y por la altura a la que ha sido medido (normalmente a 10 o 19,5 m) que es de donde se obtiene la velocidad básica del viento. Los vientos actuantes sobre el Golfo de Guayaquil son moderados, con un régimen en el que no existe una marcada variación estacional. En el sector de la Isla Puná, ubicada en la boca del estuario, los vientos alcanzan velocidades promedio de hasta 5 m/s, con intensidades más frecuentes de 2 a 4 m/s. (Torres, 2016).



Figura 11 Anemómetro digital A420

Fuente: (ICTSL)

- ✓ Intensidad. - se denomina a la velocidad del viento, se determina mediante anemómetros y registra la dirección de los vientos dominantes o más intensos.

- ✓ Dirección. - la dirección de un viento es la de su procedencia. Se determina mediante las veletas cuyas representaciones en una rosa de viento nos daría los vientos reinantes o más frecuentes.

- Presentación de datos.

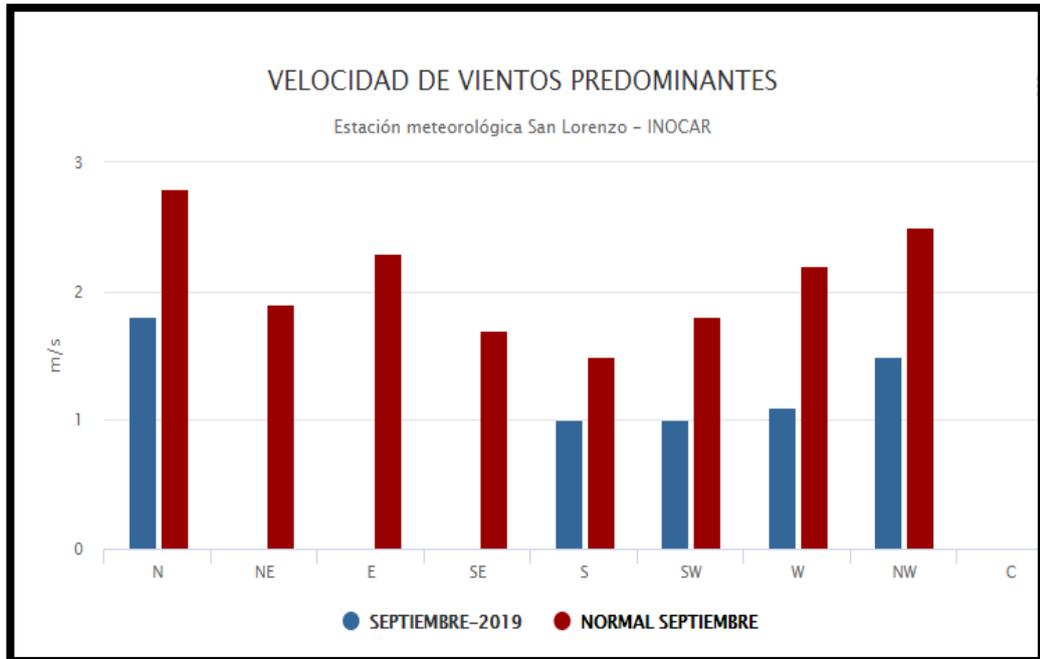


Figura 12 Presentación de vientos predominantes
Fuente: (INOCAR, 2021)

Se pueden obtener los datos de vientos a partir de estaciones meteorológicas costeras, en el país quien se encarga del registro y procesamiento de estos datos es el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) e INAHMI.

Según los datos presentados, las barras de color celeste representan los datos medidos, mientras que las barras de color rojo representan los datos esperados para el mes evaluado de acuerdo al promedio que se presenta desde la toma inicial de los datos obtenidos. Por esto, lo que se puede observar con la figura No. 12 es que en el punto Norte, Sur, Sur-Oeste, Oeste y Norte-Oeste, la velocidad de vientos predominantes esperada es mayor a la velocidad medida; y, en el punto Norte-Este, Este y Sur-Este no se registran datos medidos, pero sí datos esperados.

- Corrientes Marinas

Las masas de agua del Pacífico Tropical Oriental son las que gobiernan la circulación oceánica frente a nuestras costas. Como resultado, el área del Golfo de Guayaquil está fuertemente influenciada por el aporte estacional de dichas masas. La masa de Agua Tropical Superficial proveniente de la Cuenca de Panamá, domina al norte, esta agua se caracteriza por temperaturas superiores a los 25°C, por lo general esta masa de agua cálida se extiende desde el ecuador geográfico hasta los 13°N y hacia el oeste hasta los 120°W. Al sur del Ecuador, hasta los 5°S, se localiza el extremo oriental del Agua Ecuatorial Superficial, generada por una mezcla de Agua Tropical Superficial, cálida y poco salina, con aguas de la Corriente del Perú, fría y salina; esta masa de agua está definida por un gradiente térmico que incluye temperaturas de 25 a 19°C (Garzón, 2018).

- Mareas.

Las fuerzas de atracción gravitatoria de la luna y el sol y las derivaciones de la rotación de la tierra producen cambios periódicos del nivel de las aguas en océanos y mares. El fenómeno de ascenso y descenso resultante se conoce como marea o marea astronómica. Los movimientos horizontales de las masas de agua derivados del mismo son las corrientes de marea. La irregularidad de los fondos y de los bordes costeros hacen que el comportamiento de los niveles de agua, ante la fuerza de generación de las mareas, sea muy variable en las zonas costeras; de hecho, las mareas cambian sustancialmente de un sitio a otro. (Torres, 2016).

- Clasificación de las mareas.

Marea de sicigia conocida también como mareas vivas, se presentan a través de las fuerzas gravitacionales de la luna y el sol se suma dando como resultado las mayores pleamares y bajamares consecutivas, este período en nuestro país se lo conoce como época de aguaje; mientras que cuando la luna se ubica en el primer y tercer cuarto, las fuerzas de atracción forman un ángulo recto, reduciendo al mínimo la fuerza generada de marea, produciendo que las pleamares sean más bajas que el promedio y las bajamares sean más altas que es promedio, a esto se lo denomina como Marea de cuadratura o marea muerta. (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2020).

- Tipos de mareas.

Tenemos tres tipos de mareas:

- ✓ Semidiurnas. - durante el transcurso del día se puede observar dos pleamares y dos bajamares, es decir cada 6 horas se produce un flujo y un reflujó en la marea, como es el caso de Ecuador.
- ✓ Diurnas. - Los cambios de niveles de agua se producen cada 12 horas, contando con una pleamar y una bajamar en el día.
- ✓ Mixtas. - no tienen un solo rango específico, en un día pueden producirse dos pleamares y dos bajamares como también puede darse solo una subida de nivel de mar y una bajada de nivel del mar.

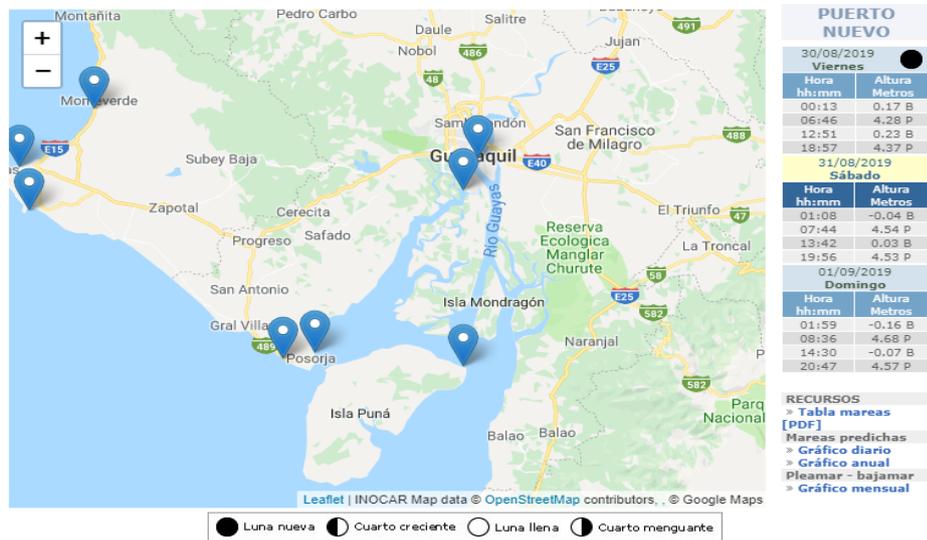


Figura 13 Tabla de mareas a través de la página web del INOCAR
Fuente: INOCAR

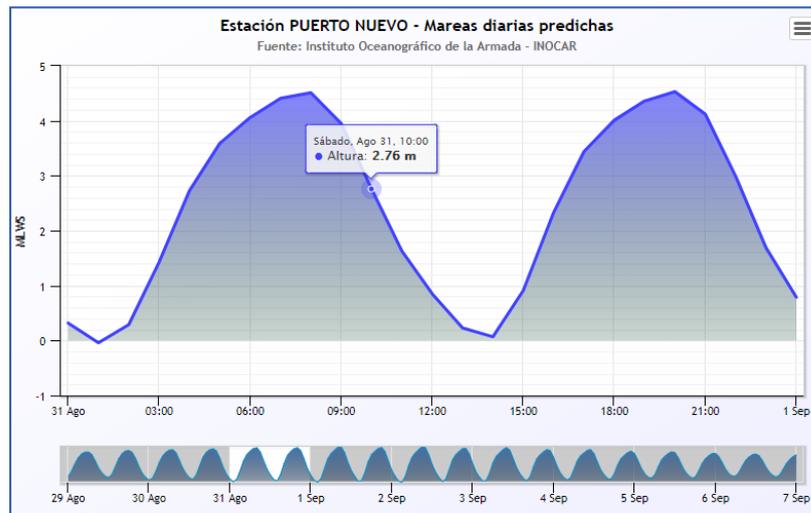


Figura 14 Apreciación de marea predicha en la estación Puerto Nuevo
Fuente: INOCAR

- Mareas predominantes.

En las costas ecuatorianas se presentan mareas de tipo semidiurna. Esta se caracteriza por presentar dos pleamares y dos bajamares en algo más de 24 horas con pequeñas desigualdades diurnas. La amplitud de la marea varía en el Golfo de 1,5 m durante la fase de cuadratura a 2,3 m en la fase de sicigia. Debido a la complicada geometría del sistema estuarino y la fricción hidráulica, la onda sufre una deformación paulatina hacia el interior del estuario. Al momento de ingresar la onda por el Estero Salado y Río Guayas, la amplitud se incrementa gradualmente a medida que avanza hacia el interior, una vez en el Puerto Marítimo de Guayaquil, estos valores llegan a 2,1 y 3,6 m, respectivamente, tardándose aproximadamente tres horas en llegar al puerto (Garzón, 2018).

- Circulación de marea en el canal de acceso a Puerto de Guayaquil.

La amplitud de marea es la que gobierna la magnitud y la dirección de las corrientes; por ello las máximas velocidades se manifiestan en la mitad del ciclo, esto es entre la pleamar y bajamar, y viceversa. La circulación al interior del Estero Salado es un poco más compleja. La onda de marea no es el único factor que influye en la circulación, también debe considerarse la geometría de todo el sistema estuarino y la conexión que tiene con el Río Guayas a través del Canal de Cascajal. En varias ocasiones se han realizado mediciones en el Estero Salado, dichas mediciones muestran que el agua oscila horizontalmente sobre distancias entre 10 y 30 km., presentando velocidades máximas de 0,5 a 2,0 m/s, dependiendo de la amplitud y tipo de la marea y del lugar del estuario considerado (Garzón, 2018).

La circulación resultante en el estuario, se presenta en forma asimétrica. Esto se debe a la fricción hidráulica, la descarga de los ríos, la geometría de los canales y esteros, las variaciones de profundidad, las corrientes de densidad y a los efectos del viento. La combinación de estos movimientos con las corrientes litorales en el Golfo de Guayaquil, que convergen hacia el estuario, constituye un patrón de corrientes residuales de gran importancia con valores promedio de 5 nudos generando el transporte de sedimentos todo el sistema (Garzón, 2018).

- Olas presentes en el área de estudio.

Las olas son ondulaciones producidas por el viento actuando sobre la superficie del mar, el agua no avanza, es sólo la forma del perfil de la ola que cambia de lugar. Dos efectos distintos son los que producen las olas sobre el buque: uno de ellos relacionado con el movimiento del buque en el sentido transversal y longitudinal al mismo tiempo, originando con ello un movimiento combinado de balance y cabeceo (Garzón, 2018).

En el interior del canal de navegación, las alturas de las olas no son muy significativas, apenas alcanzan unos pocos centímetros, 30 y 50 centímetros observadas en agosto del 2016; los buques que navegan por el canal y río Guayas generan olas cuyas alturas pueden alcanzar el metro, las que, al reventar en las playas o zonas de manglar, provocan acreción o erosión de las arenas o lodos en los lugares de impacto (Garzón, 2018).

2.2.1.6. Hidrografía.

Es una rama de las ciencias aplicadas que se ocupa de la medida y descripción de las características del mar y de las áreas costeras con el propósito primario de la navegación y el resto de los propósitos y actividades marinas, incluyendo actividades costa afuera, la investigación, la protección del ambiente y servicios de predicción (Torres, 2016).

2.2.1.6.1. Batimetría.

Determinación de las profundidades del mar y estudio de la distribución de las plantas y animales en sus diversas capas o zonas. Configuración general del FONDO MARINO determinada por análisis de perfiles de datos de profundidad. (OHI, 2019).

Para la obtención de información de profundidades se consigue mediante levantamientos batimétricos en las diferentes áreas que se desee analizar.

2.2.1.6.2. Levantamiento hidrográfico.

El levantamiento hidrográfico se encarga de la configuración del fondo marino y de las áreas circundantes a los océanos, lagos, ríos, puertos y otras formaciones de agua en la tierra. Lo podemos definir como el levantamiento de un espacio acuático,

que también puede incluir objetivos como: mediciones de mareas, corriente, gravedad, magnetismo terrestre y determinación de las propiedades físicas y químicas del agua. (Torres, 2016).

2.2.1.6.3. Tipos de levantamiento hidrográfico.

Describe como Órdenes del Levantamiento que se consideran aceptables para permitir a las Oficinas Hidrográficas/ Organizaciones producir productos para la navegación que permitirán al tráfico marítimo navegar con seguridad a través de las áreas levantadas. Los requisitos varían con respecto a la profundidad del agua y por los tipos de embarcaciones que se espera naveguen en el área; por tal motivo, se han definido cuatro órdenes de levantamiento; cada uno diseñado para solventar una gama de necesidades. (OHI, 2019).

2.2.1.6.4. Orden Especial.

Este es el más riguroso de los órdenes y su uso se destina solamente para aquellas áreas donde es crítica la separación entre la quilla de las embarcaciones y el fondo marino (quilla fondo). Donde esta separación es crítica se requiere una búsqueda completa del fondo y el tamaño de los rasgos a ser detectados por esta búsqueda se mantiene deliberadamente pequeño. Puesto que la separación quilla-fondo es crítica, se considera inverosímil que los levantamientos de orden especial sean conducidos en aguas más profundas a 40 metros. Los ejemplos de las áreas que pueden justificar levantamientos de orden especial son: áreas de atraque, puertos y áreas críticas de los canales de navegación. (OHI, 2019).

2.2.1.6.5. Orden 1a.

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

la profundidad aumenta, el tamaño de la característica a ser detectada por la búsqueda completa del fondo marino también es incrementada a partir de aquellas áreas donde la profundidad es mayor que 40 metros. Los levantamientos de Orden 1a pueden ser limitados para aguas más bajas que 100 metros. (OHI, 2019).

2.2.1.6.6. Orden 1b.

Este Orden es apropiado para áreas menos profundas que 100 metros, donde una descripción general del fondo marino es adecuada para el tipo de embarcaciones que se espera transiten por el área. No se requiere una búsqueda completa del fondo marino, lo que significa que algunos rasgos pueden ser perdidos, aunque el máximo espaciamiento entre líneas permisibles limitará el tamaño de los rasgos que probablemente permanecerán in-detectadas. Este Orden de levantamiento se recomienda solamente donde la separación quilla-fondo no sería considerado un problema. Un ejemplo sería un área donde las características del fondo son tales que la probabilidad de que exista un rasgo artificial o natural en fondo marino que represente un peligro para la navegación esperada en el área sea bajo. (OHI, 2019).

2.2.1.6.7. Orden 2.

Este Orden es el menos riguroso y se destina para aquellas áreas donde la profundidad es tal que una descripción general del fondo marino se considera adecuada. No se requiere una búsqueda completa del fondo marino. Se recomienda que los levantamientos de Orden 2 estén limitados para áreas más profundas que 100 metros, ya que una vez que la profundidad excede los 100 metros, la existencia de rasgos artificiales o naturales que sean lo suficientemente grandes como para afectar a la navegación y que todavía permanezcan indetectados por un levantamiento de orden 2, se considera improbable. (OHI, 2019).

2.2.1.6.8. Abscisa.

Es una línea horizontal que se representa, mayormente, en las coordenadas cartesianas rectangulares y su misión es marcar la distancia existente entre el eje vertical y el centro o un punto cualquiera. El eje de abscisas, por su parte, son tomadas como el conjunto de coordenadas horizontales de un plano cartesiano.

En el canal de acceso a puerto de Guayaquil, para establecer una guía de seguimiento y control mediante los trabajos de batimétricos que se realicen, este esta seccionado mediante un abscisado cada 50 metros que va desde la boya de mar hasta el muelle en puerto.

2.2.1.6.9. *Cero Hidrográfico.*

El cero hidrográfico (CH) es el datum de la carta náutica en el plano horizontal de referencia sobre el cual se mide verticalmente las profundidades y las alturas de cualquier accidente geográfico que se note en bajamar. Representa el lugar geométrico de los puntos de mínimo avance de la mar sobre la superficie terrestre en condiciones meteorológicas medias y bajo combinación de condiciones astronómicas. (Torres, 2016).

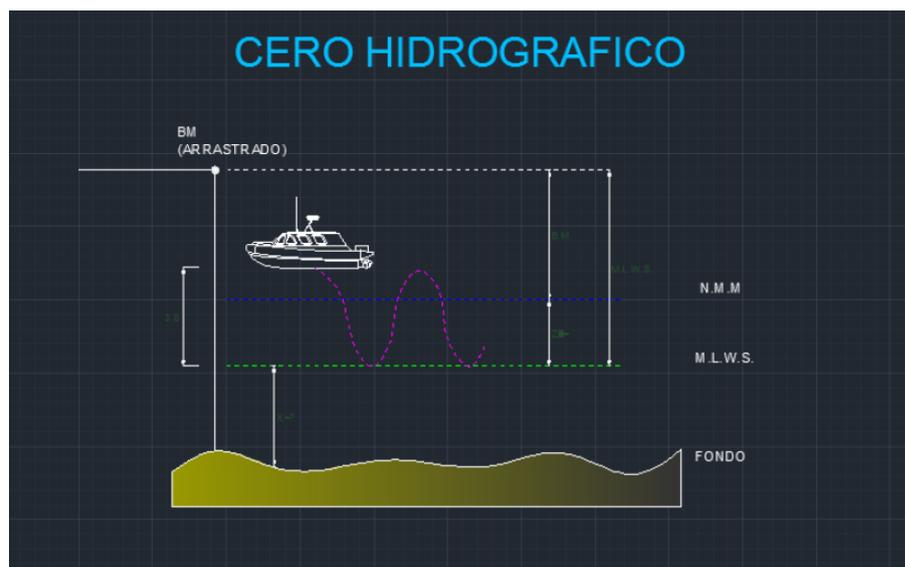


Figura 15 Demostración del Cero Hidrográfico

Fuente: (Torres, 2016)

2.2.1.7. *Dragado.*

Dragar es primordial en la construcción y mantenimiento de proyectos de navegación y portuarios. Los diferentes aspectos del proceso de dragado, los tipos de suelos que se encuentran en estos proyectos, los equipos que se pueden utilizar, la colocación del material proveniente del dragado, la importancia del equilibrio ambiental y asuntos relacionados con la financiación de este tipo de proyectos son tema que las autoridades competentes de navegación y portuarias deben tomar en cuenta. Sin embargo, a pesar de su importancia en las obras marítimas y su vinculación

al desarrollo económico y social, las técnicas de dragado siguen siendo una de las ramas más desconocidas de la ingeniería civil. (Torres, 2016).

En un ambiente acuático, la disgregación y extracción de suelo de un lugar, su elevación, transporte y deposición en otro lugar respetando en todo el proceso las limitaciones ambientales. (Escalante, 2015,2017).

Una definición sencilla de dragado es la operación de extraer suelo y roca de un medio subacuático.

El proceso de dragado consta de 3 fases:

- ✓ Extracción o excavación del material.
- ✓ Transporte
- ✓ Colocación o vertido de material de dragado

La primera fase consiste en extraer del fondo el material y para realizar esta operación se necesita la draga, que es la maquinaria específica para definir la cantidad o el sector a dragar; generalmente se utiliza levantamientos batimétricos con técnicas acústicas (sondas).

La siguiente fase es el transporte del material desde la ubicación de la extracción hasta la zona de vertido, para comprender la naturaleza del material a dragar se emplean técnicas de investigación geológica y geofísicas; el tipo de transporte dependerá de la draga que se utilice, se puede ejecutar con la misma embarcación, por tuberías o con barcazas. Finalmente, en la tercera fase está el vertido, ante una previa selección del lugar del vertido y de escoger el método para realizarlo: el vertido mediante descarga para el fondo o por bombeo de tubería. Aunque hay que hacer énfasis que en la actualidad el material proveniente de dragado es frecuentemente reutilizado y aprovechado en distintos tipos de proyectos. (Escalante, 2015,2017).

2.2.1.8. Suelos.

La palabra suelo representa todo tipo de material terroso desde un relleno de desperdicio hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidos de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos

sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la interperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo. (Torres, 2016).

2.2.1.8.1. Tipos de suelos.

- Suelos no Cohesivos.

Este tipo de suelo se caracterizan por ser de tamaño relativamente grande, no pueden juntarse, ni adherirse, también presentan un comportamiento elástico. Se los llama suelos granulares y pueden ser: gravas, arenas y limos (Torres, 2016).

Los ensayos más comunes para determinar el tamaño y sus demás características según las normas (P.I.A.N.C. (Asociación Mundial de Infraestructura del Transporte Acuático), 1990, pág. 125) Clasificación de suelos y rocas a ser dragados:

- ✓ Granulometría: es importante determinar el tamaño de las partículas si hablamos en obras de dragado, porque permite identificar el grado de abrasión sobre las tuberías, la eficiencia del dragado y la potencia de las bombas de succión. El proceso consiste en separar y clasificar por tamaño las partículas de suelos, haciendo pasar por ciertos tamices diámetros conocidos y registrando el porcentaje de partículas pasantes y retenidas en cada tamiz (Torres, 2016).
- ✓ Permeabilidad: el proceso de corte afloja el suelo y crea un vacío en la zona disgregada que hace fluir el agua contenida en el suelo hacia esta.
- ✓ Densidad de sólidos: influye sobre la velocidad crítica de succión y en la potencia del equipo de bombeo en función del peso volumétrico del fluido por bombear. Así mismo influye sobre el desgaste del equipo cortador o de cucharones y almejas (Torres, 2016).
- ✓ Forma y dureza de los granos: tiene gran influencia en el desgaste de la tubería de transporte, en la bomba y en las herramientas de corte.
- ✓ Contenido de agua: identifica el suelo, calcula la relación de vacíos.

- Suelos cohesivos.

Este tipo de suelo se caracteriza por ser de tamaño muy diminuto, las partículas tienden a hacer interacción con las moléculas de agua y juntarse, su comportamiento es de tipo plástico por lo general son las arcillas y limos plásticos.

Los ensayos más comunes para determinar las características de este tipo de suelo según las normas (P.I.A.N.C. (Asociación Mundial de Infraestructura del Transporte Acuático), 1990, pág. 125) Clasificación de suelos y rocas a ser dragados:

- ✓ Cohesión: determina la resistencia al corte y la elección del equipo para disgregar y remover el material.
- ✓ Granulometría con hidrómetro: define la velocidad de sedimentación del suelo y la viscosidad de las partículas menor a 1.01 suspendidas con el agua.
- ✓ Peso volumétrico natural: ayuda a determinar la fuerza de succión
- ✓ Límites de consistencia y contenido de agua: permite determinar el comportamiento cohesivo a lo largo del ciclo de dragado, por ejemplo, la posible obstrucción de la cabeza del tubo de succión.

2.2.1.9. Sedimentación.

La Capacidad de transporte es función de la velocidad del flujo, de modo que cualquier cosa que reduce la velocidad del flujo aumenta la sedimentación. El sedimento es depositado comenzando con las partículas más grandes. Las partículas más pequeñas y los finos seguirán hacia aguas abajo, enriqueciendo las zonas bajas con finos, de modo que la distribución de tamaños de las partículas erosionadas tiene un impacto considerable en los procesos de erosión-sedimentación. (Zambrano, 2015).

2.2.1.9.1. Origen de la Sedimentación

Toma el nombre común de sedimentos a las partículas procedentes de las rocas o suelos y que son llevadas por las aguas que escurren y por los vientos. Todos estos materiales, después de cierto arrastre, son depositados a lo largo de los propios cauces, ya sea en lagos o lagunas, en el mar y en las partes bajas de una cuenca, sobretodo en la planicie provocando el origen del sedimento y a su levantamiento. Luego, el sedimento es depositado dentro de un gran cuerpo de agua recibiendo de ella su estructura y carácter finales.

Se desconocen las fuentes que producen los sedimentos que llegan a un río y que son llevados por su corriente. No obstante, por definición, la fuente principal la constituyen los suelos y rocas encontrados en su cuenca, siendo el agua y el viento, dentro de nuestro medio, los principales agentes de erosión y transporte. Sin embargo, por la actividad realizadas por el hombre dentro de su entorno, las fuentes de sedimento pueden dividirse en fuentes naturales y fuentes artificiales.

2.2.1.9.2. Procesos de Sedimentación

La mayoría de los procesos de sedimentación son producidos bajo la acción de la fuerza de la gravedad. Las áreas elevadas de la litósfera terrestre suelen estar sujetas a fenómenos erosivos y las zonas depresivas suelen estar sujetas a la sedimentación. Y, aquellas depresiones de la litósfera en las cuales se aglomeran sedimentos, toman el nombre de cuencas sedimentarias.

Ciclo Sedimentario: Ciclo que engloba la meteorización de una roca ya existente y consecutivamente una erosión, transporte y sedimentación. En el primer ciclo, los sedimentos presentan minerales y fragmentos de roca con menor resistencia. En el caso de que este material sea retrabajado en un segundo ciclo, los minerales y fragmentos de roca más pequeños, son suprimidos. Mientras más ciclos se le realicen a un sedimento, gana mayor madurez y estarán presentes minerales más resistentes.

2.2.1.9.3. Tipos de Sedimentos

El conocimiento de los tipos de material que se va a extraer es de gran importancia para poder obtener el rendimiento del dragado y la forma como se lo va a extraer tomando en consideración los equipos o la infraestructura q se vaya a utilizar.

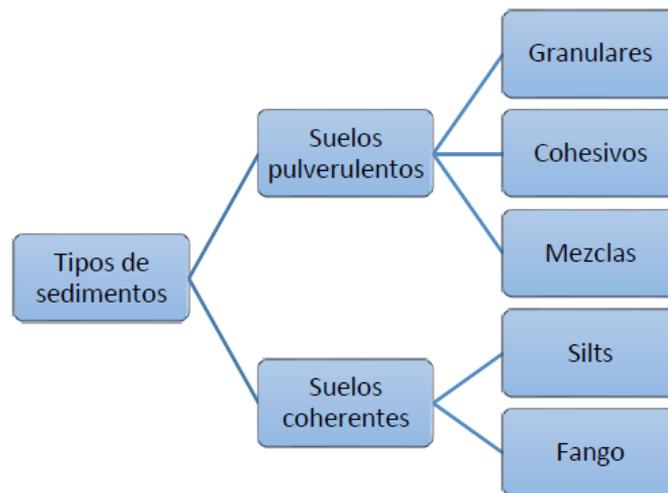


Figura 16 Clasificación de Suelos y Rocas a ser dragados
Fuente: Normas P.I.A.N.C.

Según las normas (P.I.A.N.C. (Asociación Mundial de Infraestructura del Transporte Acuático), 1990, págs. 125-200) Clasificación de suelos y rocas a ser dragados:

- ✓ Sedimentos granulares: (arenas, cascajos y los guijarros), por su granulometría gruesa, puede alcanzar 20 cm. Por su fuerte porosidad y permeabilidad cuyo papel es esencial para los dragados de aspiración. Por la movilidad de sus granos que se pueden fácilmente poner en movimiento en los colectores y tubos de retroceso (< 10 cm).
- ✓ Sedimentos Cohesivos: (arcillas finas), **cohesión elevada**, los sedimentos se cortan a capas o por paquetes que conservan más o menos su forma inicial. Puede excavar según los ángulos de taludes más o menos inclinados.
- ✓ Cohesión reducida, se presentarán fangos blandos o aun fluidos que se diluyen instantáneamente durante los dragados.
- ✓ Mezclas: un gran número de sedimentos en los fondos van compuestos por una mezcla de ambos materiales, presentan el comportamiento de las arenas muy poco permeables y su nivel cizallado se eleva fuertemente.
- ✓ Silts: sedimentos finos con una estructura entre 80 y 2 mm de arcillas y agua en cantidad variable.
- ✓ Los fangos: sedimentos muy finos menores a 2 mm formado por minerales arcillosas en proporciones variables.

2.2.1.10. Hypack.

HYPACK: Es un software basado en Windows para la industria hidrográfica y de dragado. Fundada en 1984, HYPACK, Inc (anteriormente Coastal Oceanographics, Inc.) ha pasado de ser un pequeño consultor hidrográfico a uno de los proveedores de software hidrográfico y de navegación más exitoso del mundo. HYPACK® es uno de los paquetes de topografía hidrográfica más utilizados en el mundo, con más de 10,000 usuarios. Proporciona al Surveyor todas las herramientas necesarias para diseñar su encuesta, recopilar datos, procesarlos, reducirlos y generar productos finales. Ya sea que esté recolectando datos de levantamiento hidrográfico o datos ambientales, o simplemente posicionando su embarcación en un proyecto de ingeniería, HYPACK le proporciona las herramientas necesarias para completar su trabajo (HYPACK, 2019).

Las soluciones de software de levantamiento hidrográfico de HYPACK brindan a los clientes recopilación y procesamiento de datos que permiten obtener imágenes en tiempo real, modelar el terreno e informes estadísticos. La solución HYPACK y las características de visualización incluyen:

- Recopilación y procesamiento de datos: haz único, multihaz, sonda de exploración lateral, etc.
- Imágenes en tiempo real, focalización, control de calidad, edición gráfica / automatizada
- Soporte de navegación y dragado con eficiencia de excavación y posicionamiento preciso
- Informes para secciones, volúmenes, modelos TIN, diagramas, mosaico de escaneo lateral, rendimiento y estadísticas de datos.

HYPACK® contiene herramientas poderosas que le permiten diseñar rápidamente su encuesta. Las herramientas de diseño le permiten:

- Establezca sus parámetros geodésicos
- Importe gráficos de fondo
- DXF, DGN, S-57, TIF, MrSid, ARCS
- Configure su equipo de encuesta
- Tipo de equipo
- Información de conexión

- Información compensada
- Crea tus líneas planificadas
- Entrada manual
- Patrones paralelos y perpendiculares
- DISEÑO DE CANAL crea automáticamente líneas planificadas y perfiles de sección transversal para canales y cuencas giratorias.
- DISEÑO AVANZADO DE CANAL crea superficies 3D complejas para dragados precisos y cálculos de volumen.

HYPACK® proporciona rutinas de selección gráfica y selección de sonido que le permiten preparar rápidamente los datos de su encuesta para trazar, exportar a CAD u otros productos finales. El EDITOR DE UN SOLO HAZ de HYPACK® proporciona:

- Revisión gráfica y edición de líneas de seguimiento y perfiles de profundidad.
- Visualización del perfil acústico para sondeos con capacidad de red.
- Visualización de plantillas de diseño y perfiles de encuestas anteriores.

Ajustes del nivel del agua (mareas)

- Medidores de telemetría en tiempo real
- Mareas ingresadas manualmente
- Mareas RTK
- Ajustes de marea entre estaciones
- Correcciones de velocidad de sonido
 - ✓ Hay varias opciones para reducir el sonido, dependiendo de su producto final.
 - ✓ ORDENAR: selecciona los sondeos más reales y evita sobrescribir
 - ✓ ORDEN CRUZADO: selecciona sondeos aleatorios y los empaqueta.
 - ✓ SELECCIÓN DE SONIDO: selecciona sondeos min / max y rellena entre ellos.
 - ✓ MAPPER: una rutina de agrupación que puede seleccionar mínimo, máximo, promedio, más cercano al centro de la celda para representar cada celda.

La capacidad de HYPACK® para calcular cantidades de volumen es insuperable. Puede calcular cantidades de volumen de secciones a través de canales o de modelos de superficie (MODELO TIN) (HYPACK, 2019).

El programa CROSS SECTIONS AND VOLUMES calcula rápidamente las cantidades de volumen para las líneas de perfil de sección transversal en comparación con la plantilla de diseño del canal y la plantilla de profundidad de canal para cada línea. El programa es el estándar de facto para los cálculos de volumen por parte de varias agencias nacionales de encuestas. Hay más de 20 métodos disponibles para calcular el área y el volumen de material para cada segmento de perfil (pendiente izquierda, canal principal, pendiente derecha), puede calcular cantidades para un solo levantamiento versus la plantilla de diseño, o para un dragado previo versus un posterior Comparación de dragado. SECCIÓN CRUZADA Y VOLÚMENES puede leer cientos de secciones, calcular los volúmenes y enviar todas las secciones a la impresora / trazador en cuestión de segundos. La última capacidad agregada es el soporte de volúmenes de playa para proyectos de reposición de playa (HYPACK, 2019).

El programa TIN MODEL de HYPACK® se puede usar para calcular varios tipos de cantidades de volumen. Los datos de entrada pueden ser de un solo haz, multihaz o múltiples transductores. Volúmenes del reservorio: Calcula el volumen y el área de superficie de un reservorio a niveles de agua definidos por el usuario (HYPACK, 2019).

Volúmenes de canales: calcula las cantidades de volumen de la superficie TIN en comparación con un conjunto de líneas planificadas y sus plantillas de diseño de canales. Volúmenes de DISEÑO DE CANAL AVANZADO: Calcula las cantidades de volumen de la superficie TIN en comparación con un área compleja creada en DISEÑO DE CANAL AVANZADO. Volúmenes de levantamiento versus levantamiento: Calcula la cantidad de volumen entre dos levantamientos diferentes de un área (HYPACK, 2019).

- *Empleo del programa desde la recolección de datos y el análisis en el trabajo de investigación.*

El software hidrográfico HYPACK puede ser instalado en una computadora con sistema operativo de Windows 7 hasta 10, memoria RAM de 4 Gb mínimo, resolución mínima de 1024 x 768 de 32 o 64 bits, además, de la disponibilidad de los puertos

COM para las entradas de los equipos externos como GPS, ECOSONDA, SVP (lectura de la velocidad del sonido) y corrección de mareas (HYPACK, 2019).

En la plataforma del programa inicialmente se crea un nuevo proyecto configura los datos geodésicos, se ingresa el mapa cartográfico para identificar el área y la planificación del levantamiento mediante contornos y líneas según la necesidad del trabajo, conexión y la configuración con los equipos externos, se ingresa los offsets permisibles según el área a trabajar, esto es necesario a fin de minimizar los errores producidos por el cabeceo o bandeo de la embarcación que se utiliza para el levantamiento batimétrico (HYPACK, 2019).

Para la recolección de información se procede a activar la opción SURVEY dentro de la plataforma del programa, la misma que permite registrar, recolectar y verificar los datos de batimétricos en modo monohaz, adicional al inicio de la recolección de información es necesario iniciar la lectura de altura de mareas y la lectura de la velocidad del sonido; información necesaria para ajustar a mayor precisión la información batimétrica en formato xyz, considerada información bruta (HYPACK, 2019).

De la información batimétrica recolectada se procede a editar mediante la opción PROCESAMIENTO; eliminando y limpiando picos falsos denominados también datos basura, esta edición se la realiza revisando cada línea de todo el levantamiento para luego ajustar la información ingresando los datos de mareas y velocidad del sonido, teniendo al final la información limpia y procesada en formato xyz, necesario para el usuario para diferentes trabajos hidrográficos (HYPACK, 2019).

En el trabajo de investigación se parte de la información xyz que se empleara para el cálculo de volúmenes para lo cual se activara la opción PRODUCTOS FINALES y luego SECCIONES TRANSVERSALES, en donde se carga la información del levantamiento y se procede a realizar la triangulación y unión de los puntos batimétricos para obtener un resultado cercano a la realidad en formato LOG, se ingresa la plantilla con las dimensiones del canal que se va a analizar y nos arroja la forma del fondo con los datos del área de cálculo y volúmenes ya sea por cada sección

El MODELO TIN ofrece varios tipos de modelos y una selección de opciones de vista tal como rotación, escala vertical y características adicionales para mejorar su presentación. Cada modelo es coloreado usando colores de proyecto. Puede dibujar modelos múltiples y cada modelo es dibujado en su propia ventana (HYPACK, 2019).

Estos modelos se los puede proyectar de acuerdo al análisis que se pretenda realizar u observar.

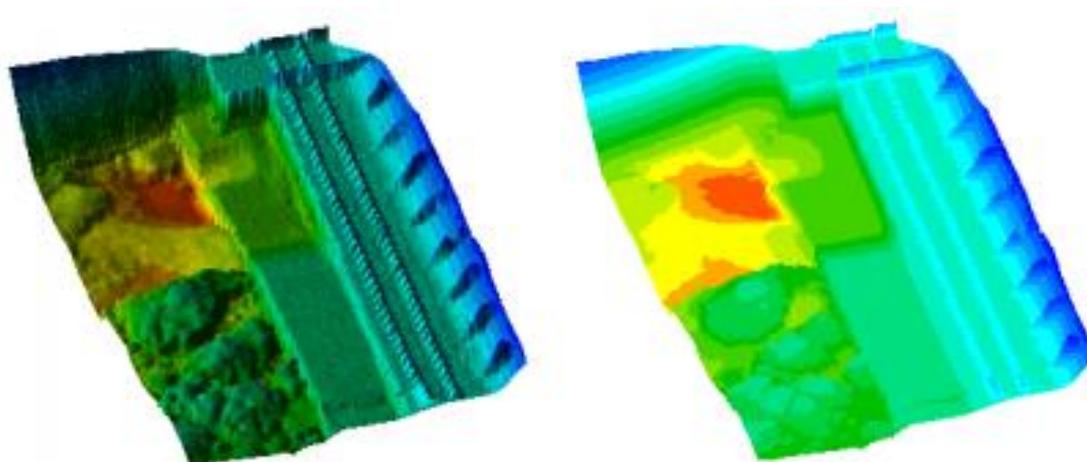


Figura 19 Modelos de presentación en 3D
Fuente: HYPACK

Entre las variedades de los modelos 3D que permiten realizar comparaciones de diferentes levantamientos batimétricos, así como visualizar cual es el comportamiento en el fondo del área con respecto a la acumulación de sedimento, presencia de bajos, afectación en las profundidades dentro del monitoreo realizado en el tiempo.

2.3. Marco Legal

2.3.1. Normativas Legales.

En la actual Constitución de la República del Ecuador, artículo 314, establece:

El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia,

responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

En el Decreto Ejecutivo No. 723, en su artículo 1, menciona que:

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a través de la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial, tendrá a su cargo la rectoría, planificación, regulación y control técnico del sistema de transporte marítimo, fluvial y de puertos; y el Ministerio de Defensa a través del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas y la Autoridad de Policía Marítima Nacional como órganos operativos, la salvaguarda de la vida humana en el mar, la protección marítima, la seguridad de la navegación, la protección del medio marino y costero, la facilitación de las actividades marítimas y la neutralización de los actos ilícitos en los espacios marítimos jurisdiccionales” (Presidencia de la República, 2015).

En el decreto ejecutivo No. 723, en su artículo 2, menciona que:

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a través de la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial, en su calidad de Autoridad Portuaria Nacional y del Transporte Acuático, tendrá las siguientes competencias, atribuciones y delegaciones: en el numeral 5.1 “Precautelar la seguridad de la navegación y protección marítima”. (Presidencia de la República, 2015).

En el Decreto Ejecutivo No. 133, artículo 1, se expiden las “Normas para la prestación de servicios portuarios y ejecución de actividades dentro de Entidades Portuarias o sus Delegatarios, y Terminales Portuarios Habilitados y /o facilidades portuarias privadas autorizadas a operar en tráfico nacional e internacional” (Registro Oficial N. 133, 2013).

Según las normas que regulan los servicios portuarios en el Ecuador, en su artículo 1, “La presente normativa, será de aplicación y de cumplimiento obligatorio para todas las Autoridades Portuarias, sus delegatarios o concesionarios, Puertos Especiales,

Terminales Portuarios Habilitados y/o Facilidades Portuarias Privadas; y, todos quienes presten servicios portuarios en las entidades inicialmente descritas” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016).

Así mismo las normas que regulan los servicios portuarios en el Ecuador emitidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, en su artículo 2:

DEFINICIONES: Acceso portuario marítimo o fluvial.- Espacio o corredor marítimo o fluvial, natural o artificial, utilizado para permitir y facilitar el acceso y tránsito de buques y embarcaciones en un recinto portuario, el cual incluye servicios de comunicaciones, dragado y ayudas a la navegación operativas, y Dragado.- Consiste en obras de profundización, mantenimiento, adecuación y limpieza de sedimentos en fondos, bordes, vertientes y otras áreas marino-costeras y fluviales, con el fin de facilitar el tráfico marítimo y fluvial, mejorar las zonas de tránsito y operación de los buques y embarcaciones para permitir el acceso a los puertos o terminales portuarios (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2016).

Según la Ley de Régimen Administrativo Portuario Nacional del (Consejo Supremo de Gobierno, 1976), en el artículo 1, establece que: “Los puertos de la República del Ecuador contarán con su administración, operación y mantenimiento como Autoridades Portuarias, organizadas con entidades de derecho público, personería jurídica, patrimonio y fondos propios, y sujetas a las disposiciones de la Ley General de Puertos”.

En la Ley de Régimen Administrativo Portuario Nacional del (Consejo Supremo de Gobierno, 1976), en el artículo 15, establece que:

Los puertos marítimos y fluviales existentes y los que se establecieron en el futuro, que no justifiquen la conformación de Autoridades Portuarias, serán administrados, mantenidos y operados por la Dirección de la Marina Mercante y Litoral, a través de Administraciones Portuarias y se regirán a las disposiciones de la presente Ley en lo que fuere aplicable, y por el Reglamento respectivo que será expedido por la Dirección de la Marina Mercante y del Litoral.

Según el Registro oficial No. 358 del 12 de junio de 2008, establece en los artículos:

Artículo 1, “La Dirección General de la Marina Mercante y Puertos – DIGMER – pasara a ser una dependencia administrativa de la Subsecretaria de Puertos y Transporte Marítimo Fluvial” (DIGMER, 2002).

Artículo 11, “En todas las disposiciones legales y reglamentarias en que se haga referencia a la "Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral - DIGMER", sustitúyase por "Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial" (DIGMER, 2002).

Según la (DIGMER, 2002), en su Reglamento de Operaciones Portuarias de Autoridad Portuaria de Guayaquil, en el capítulo 1, especifica que la finalidad del reglamento es “...regular la realización de las operaciones portuarias, el uso de los canales de acceso, el uso de los remolcadores en apoyo a las operaciones, así como también las normas de seguridad integral y el régimen de sanciones”.

De igual forma la (DIGMER, 2002), establece en el ámbito de aplicación para las operaciones que se realicen en el Puerto de Guayaquil, así como también en las maniobras de ingreso y salida por los canales de acceso (El Morro - Estero Salado y Río Guayas). Están sujetos a este reglamento todas las personas que desarrollen cualquier tipo de actividad o que presten servicios en Autoridad Portuaria de Guayaquil, así como las personas, buques, artefactos flotantes, vehículos, maquinaria, instalaciones, materiales y mercancías que se encuentren, incluso circunstancialmente, en Autoridad Portuaria de Guayaquil o canales de acceso.

La (DIGMER, 2002), en su Reglamento de Operaciones Portuarias de Autoridad Portuaria de Guayaquil, en el capítulo 2, establece: “Las operaciones Portuarias en el Puerto de Guayaquil deberán estar orientadas a alcanzar altos niveles de eficiencia y seguridad que permitan brindar servicios competitivos como facilitadores de comercio exterior”.

Según la Ley De La Autoridad Portuaria De Guayaquil, en el artículo 1, indica, “La creación, con domicilio en Guayaquil, la Autoridad Portuaria de Guayaquil, como Entidad Autónoma de Derecho Privado con finalidad pública, con personería jurídica, patrimonio y fondos propios y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones” (Presidencia de la República, 1965).

Así mismo la Ley De La Autoridad Portuaria De Guayaquil, en el artículo 1, establece:

La Autoridad Portuaria de Guayaquil tendrá, como fines específicos, el planeamiento, la financiación, la ejecución, las operaciones, los servicios y las facilidades, tanto en el actual Puerto de Guayaquil, como en el Puerto Nuevo y de todas las obras portuarias que se construyeren dentro de su jurisdicción. El dragado del río Guayas y de sus afluentes continuará a cargo del Comité Ejecutivo de Vialidad del Guayas. Por consiguiente, la Autoridad no estará obligada a efectuar dicho dragado (Presidencia de la República, 1965).

Según El (Presidente de la República, 2008) en su Decreto Ejecutivo No. 1201, declaró como proyecto de gran magnitud y de interés nacional el dragado del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, por ser necesario para el comercio exterior y para el país.

Según el (PIANC, 2014), “La forma de medición dependerá de las condiciones de cada sitio del canal; prevaleciendo los criterios de seguridad en la navegación y navegabilidad; cumpliendo con los requerimientos de profundidades náuticas en las fases de profundización y mantenimiento”

2.3.2. Delegación de Competencias.

En la actual Constitución de la República del Ecuador, artículo 154:

A las ministras y ministros de Estado, les corresponde: numeral 1, Ejercer la rectoría de las políticas públicas del área a su cargo y expedir los acuerdos y resoluciones administrativas que requiera su gestión, donde se da fundamentación legal al convenio de delegación de competencias entre el MTOP y el Municipio de Guayaquil (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

Así mismo, la Constitución, en su artículo 227, establece: “La administración pública constituye un servicio a la colectividad que se rige por los principios de eficacia, eficiencia, calidad, jerarquía, desconcentración, descentralización, coordinación, participación, planificación, transparencia y evaluación” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

Y, en su artículo 260, establece: “El ejercicio de las competencias exclusivas no excluirá el ejercicio concurrente de la gestión en la prestación de servicios públicos y actividades de colaboración y complementariedad entre los distintos niveles de gobierno” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

El Código Orgánico de organización territorial, Autonomía y Descentralización, en su artículo 275, establece lo siguiente:

Modalidades de gestión.- Los gobiernos autónomos descentralizados regional, provincial distrital o cantonal podrán prestar los servicios y ejecutar las obras que son de su competencia en forma directa, por contrato, gestión compartida por delegación a otro nivel de gobierno o cogestión con la comunidad y empresas de economía mixta. (Presidencia de la República, 2010).

2.3.3. Ordenanzas municipales.

La Ordenanza municipal del 29 de marzo del 2018, autoriza y regula en los aspectos fundamentales la delegación al gestor privado del dragado de profundización del canal de acceso a las terminales portuarias marítimas y fluviales, públicas y privadas de Guayaquil, incluyendo su mantenimiento y operación (M.I. Municipalidad de Guayaquil, 2018).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología

3.1.1. Batimetrías realizadas en el área de análisis, en el Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil entre las abscisas 57+500 y 59+000, desde diciembre/2017 hasta agosto/2018.

El Servicio de Dragas (SERDRA) siendo la entidad encargada del dragado en el canal de acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil según contrato No. 31-2013 con la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) hasta diciembre el año 2018, quien además realizó los levantamientos batimétricos mensuales, hizo la entrega de la información digital con extensión (.xyz) de mencionados levantamientos batimétricos realizados en el área de análisis, que corresponde a los siguientes meses:

En las siguientes imágenes se presenta la información batimétrica de color rojo para profundidades menores a 8m, de color verde para profundidades entre 8.01 y 9m, de color azul claro para profundidades de 9.01 a 10m y de color azul oscuro para profundidades superiores a 10.01m.

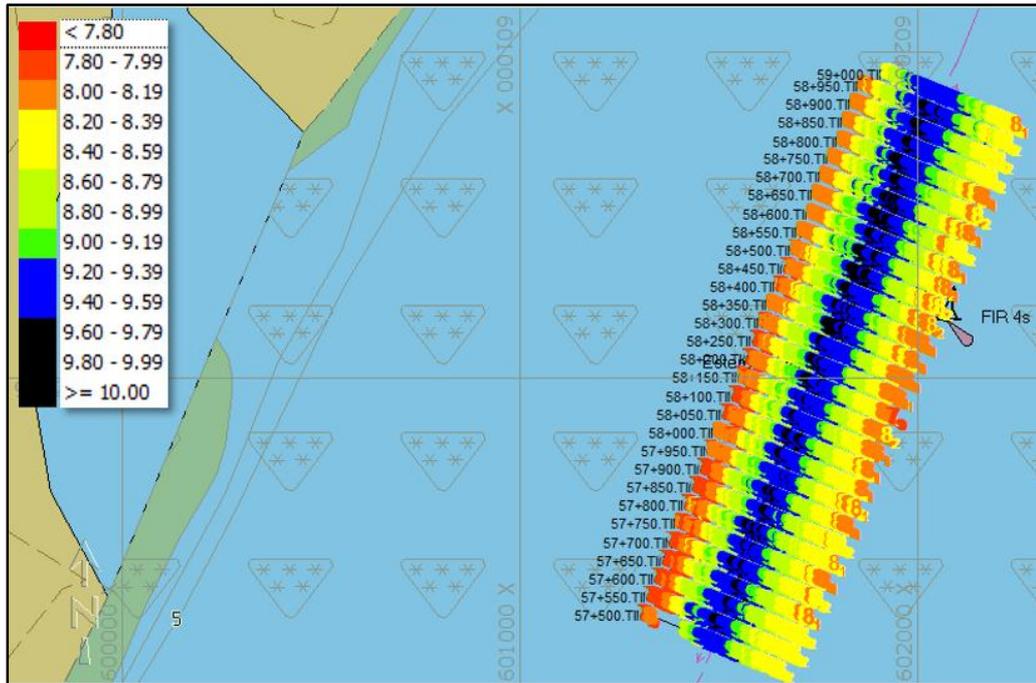


Figura 20 Batimetría diciembre-2017, realizada al finalizar el dragado en el área de estudio.
Fuente: SERDRA

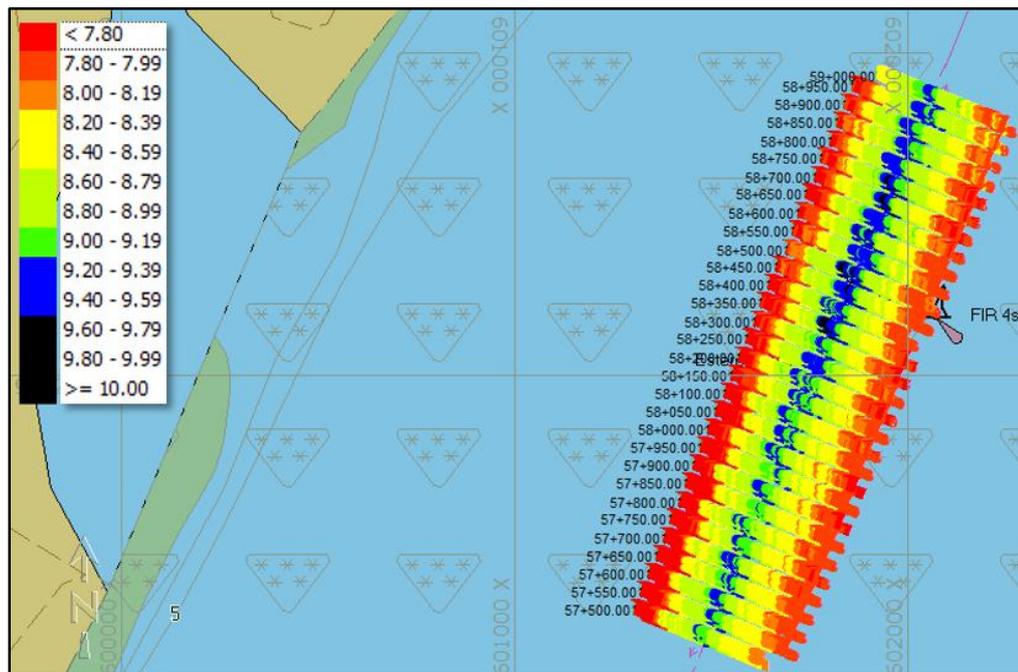


Figura 21 Batimetría correspondiente al mes de enero-2018
Fuente: SERDRA

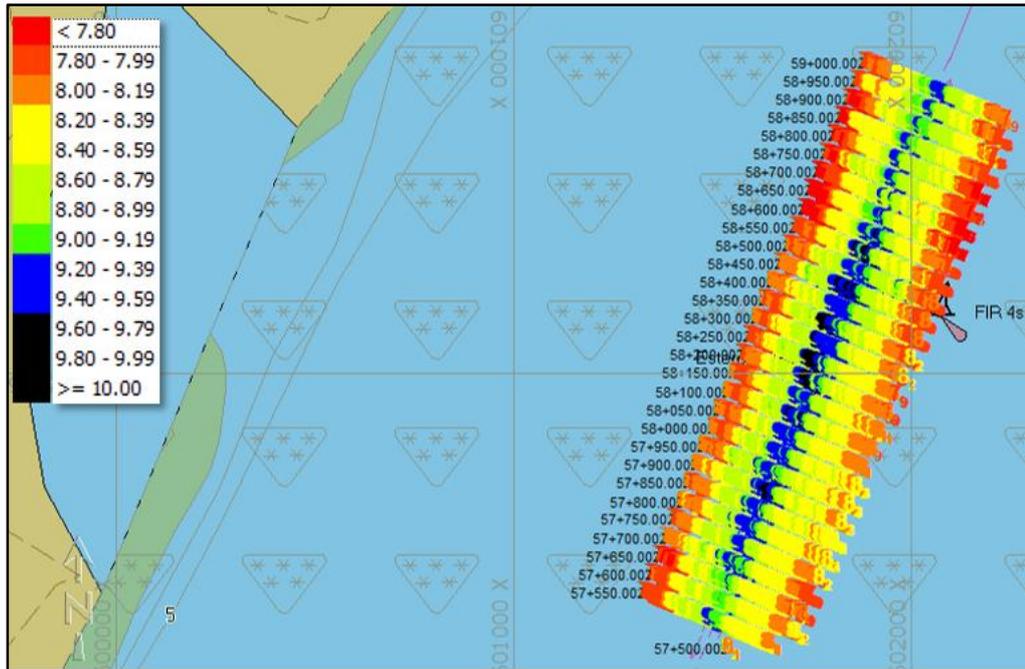


Figura 22 Batimetría correspondiente al mes de febrero-2018

Fuente: SERDRA

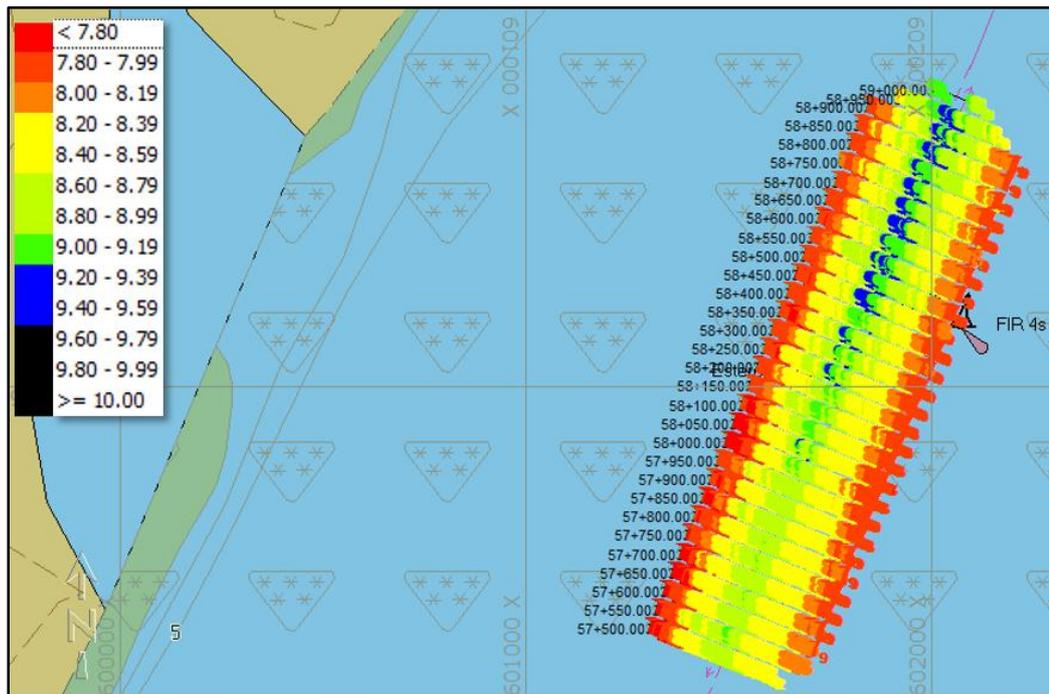


Figura 23 Batimetría correspondiente al mes de marzo-2018

Fuente: SERDRA

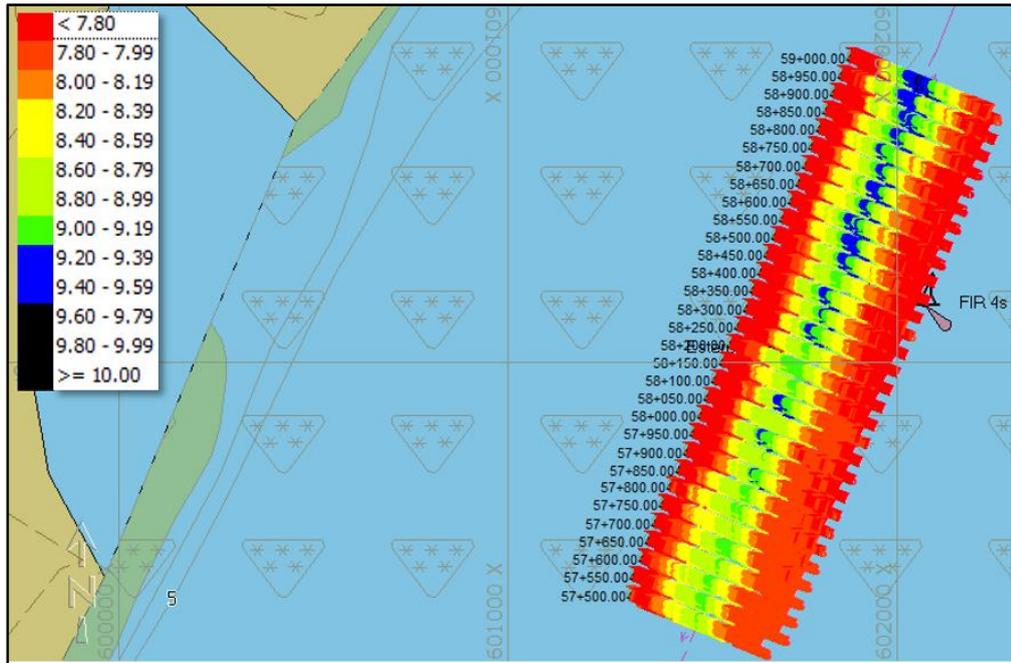


Figura 24 Batimetría correspondiente al mes de abril-2018
Fuente: SERDRA

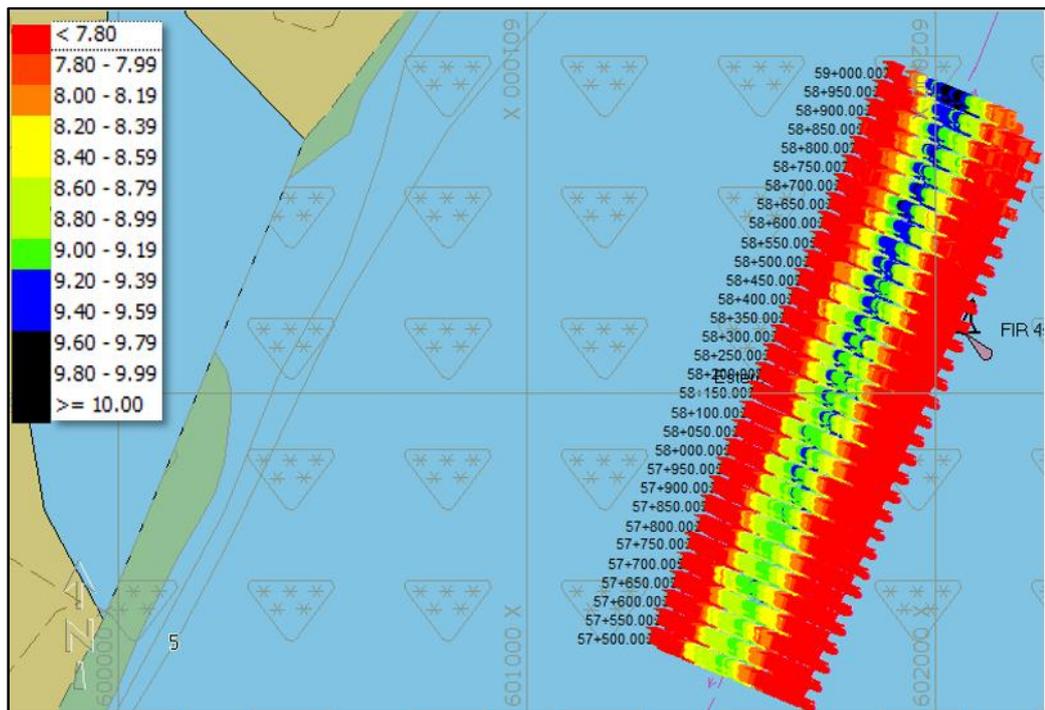


Figura 25 Batimetría correspondiente al mes de mayo-2018
Fuente: SERDRA

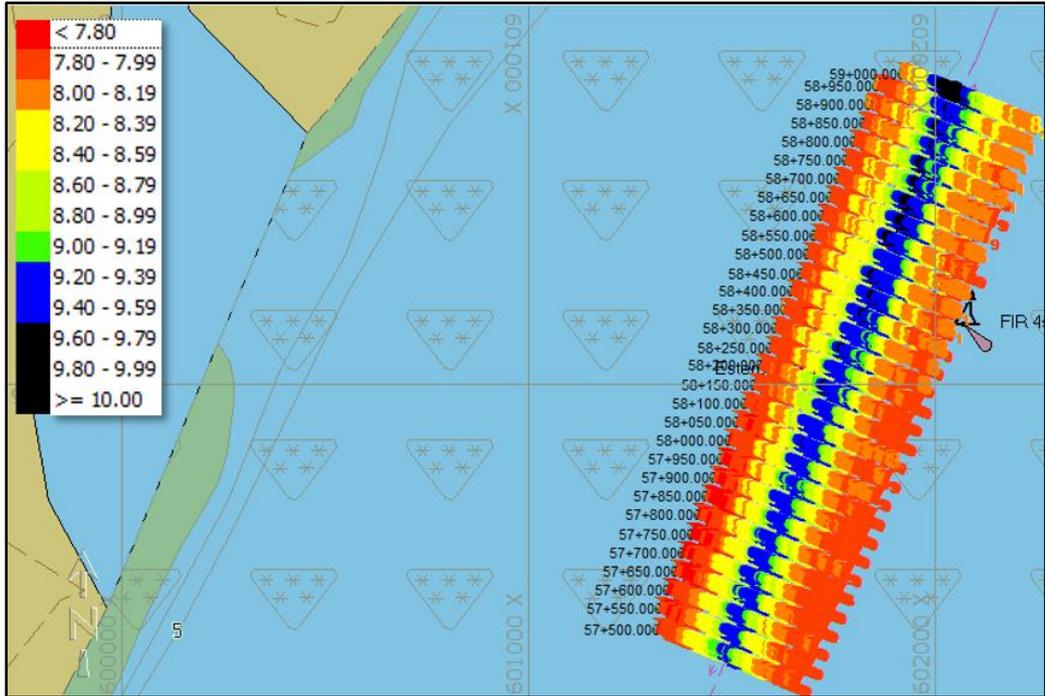


Figura 26 Batimetría correspondiente al mes de junio-2018
Fuente: SERDRA

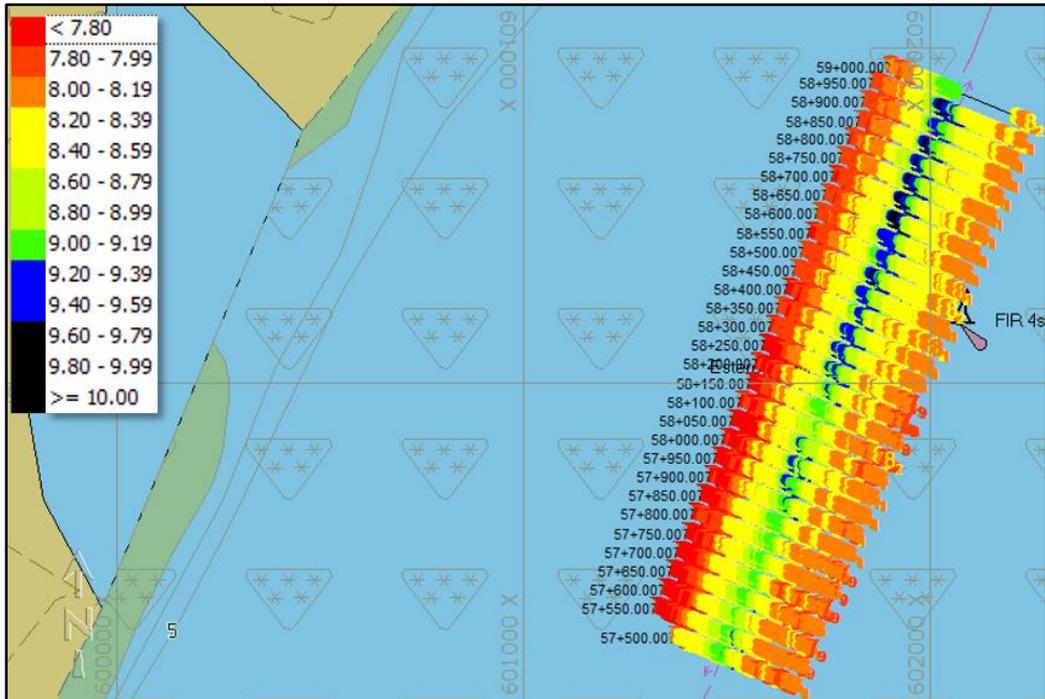


Figura 27 Batimetría correspondiente al mes de julio-2018
Fuente: SERDRA

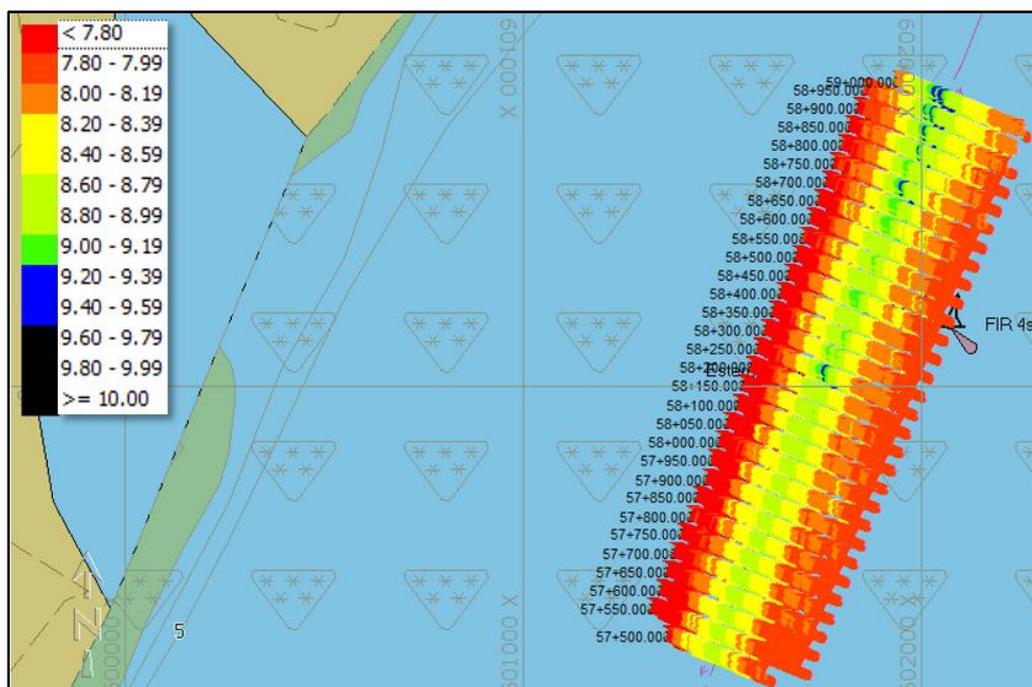


Figura 28 Batimetría correspondiente al mes de agosto-2018
Fuente: SERDRA

3.1.2. Procedimientos a seguir para trazar las secciones transversales del canal, mediante el software hidrográfico HYPACK.

A través del programa HYPACK se procedió a elaborar las secciones transversales las mismas que serán utilizadas para el cálculo de volúmenes de sedimentación en cada una de las batimetrías.

A continuación, se detalla los pasos a seguir mediante el programa HYPACK:

Crear un proyecto nuevo. – Siguiendo los pasos dentro de la plataforma del programa se da click en **Archivo – Nuevo Proyecto** (nombre del proyecto) y **Aceptar**, una vez creado el proyecto, es necesario configurar los parámetros geodésicos como se muestra en la figura No. 22 (cuadro rojo), para que el proyecto se ubique geográficamente con respecto a nuestra área de estudio.

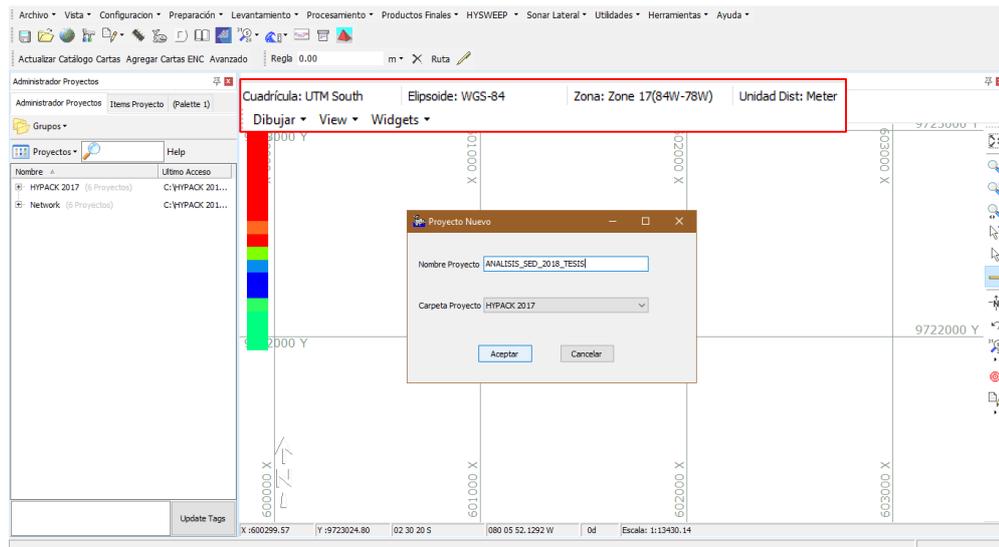


Figura 29 Software HYPACK, crear proyecto nuevo
Fuente: Cusquillo (2021)

Se procede a cargar los archivos con extensión (.000) que corresponde a la carta electrónica, que nos permite visualizar ubicar nuestra área de trabajo a través de la carta Náutica.

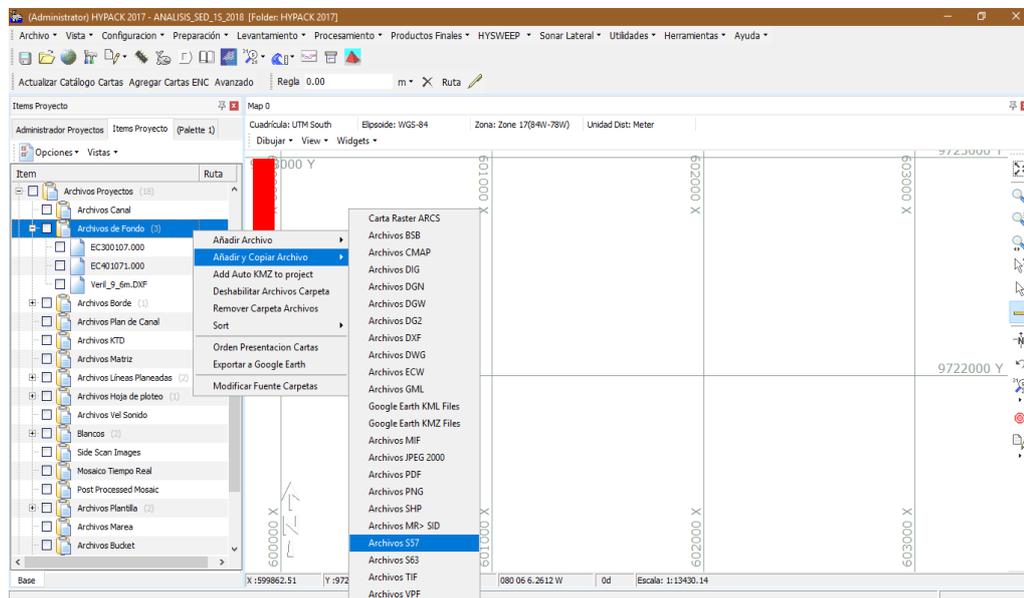


Figura 30 Procedimiento para añadir archivos de fondo
Elaborado por: Cusquillo (2021)

De la misma forma se procede a cargar los archivos con extensión (.xyz) que corresponde a la batimetría digital del monitoreo realizado en el área de análisis.

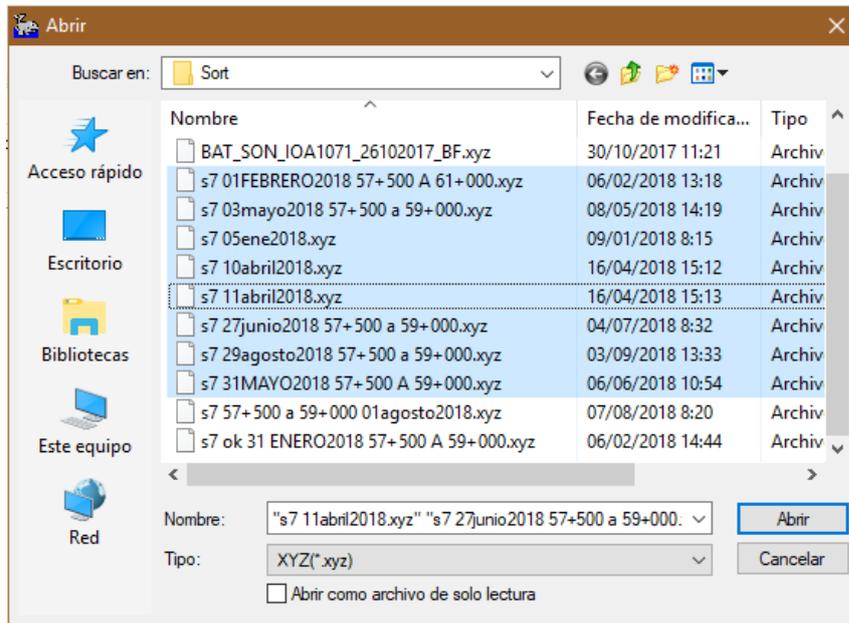


Figura 31 Ventana para subir los archivos con extensión (.xyz)
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Dentro de las diferentes bondades que nos ofrece el programa HYPACK dentro de la barra menú, tenemos la barra de herramienta denominada “Productos Finales”, en la que se despliega diferentes opciones en donde escogemos Secciones Transversales y Volúmenes

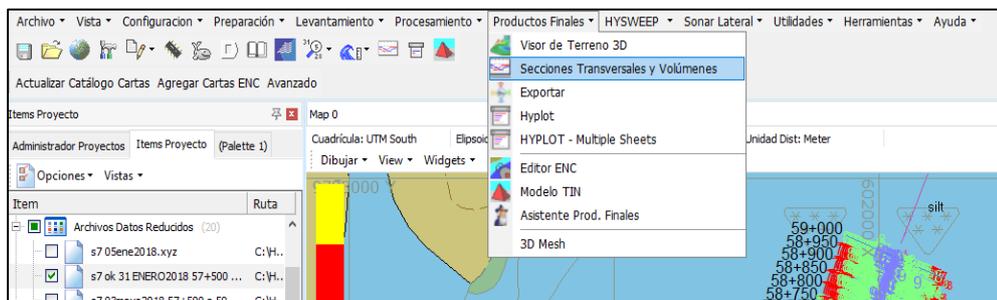


Figura 32 Menú, Productos Finales, opción Secciones Transversales y Volúmenes
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Nos muestra un cuadro de dialogo, en donde nos permite ingresar los datos del levantamiento y configura la plantilla de la sección transversal del canal con la que deseamos analizar, una vez ingresado los datos, automáticamente el programa genera los respectivos cálculos de volumen.

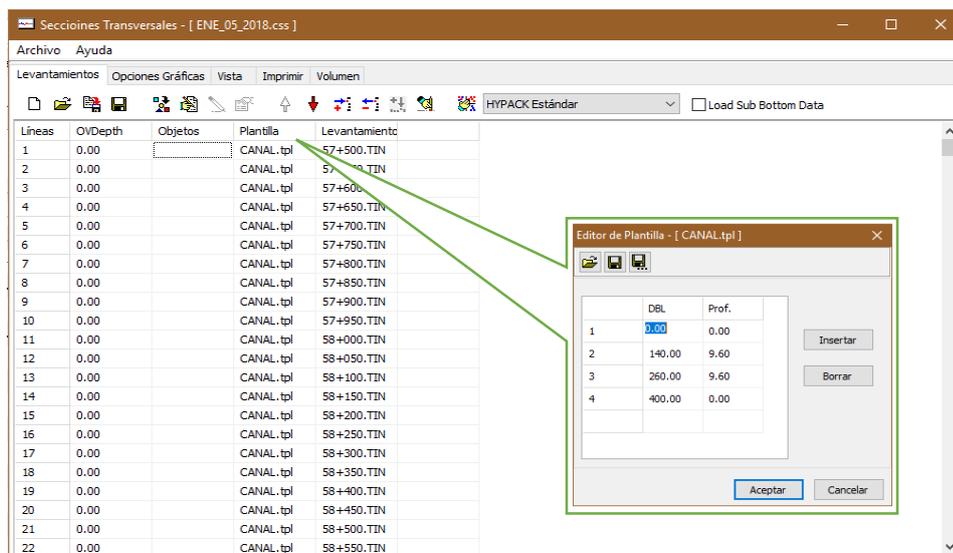


Figura 33 Ingreso de Información para realizar las Secciones Transversales
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Dentro del cuadro de dialogo observamos la pestaña “vista” en la que nos muestra la sección del canal con la plantilla ingresada y el relieve del fondo.

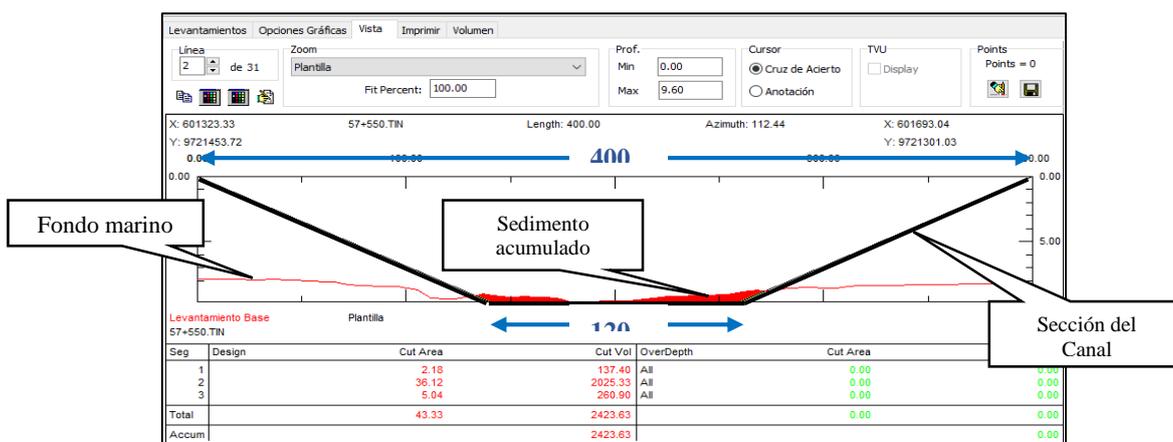


Figura 34 Presentación de la Sección Transversal del Canal
Elaborado por: Cusquillo (2021)

3.1.3. Secciones transversales del área de análisis para determinar los volúmenes de sedimento acumulado en las batimetrías del monitoreo.

Con criterio de periodicidad, teniendo en cuenta la información batimétrica fue realizada mensualmente a partir de la finalización del dragado en el sector de estudio, se considera mostrar gráficamente la abscisa final de cada una de las batimetrías ya que además se detalla el volumen acumulado en cada una de ellas, también se mostrará la plantilla utilizada (CANAL) con las dimensiones correspondientes al sector, las respectivas diferencias encontradas en cada uno de las secciones se lo ampliara a

mayor detalle en el capítulo IV (Análisis del trabajo). El cálculo se realizará en función a los datos estadísticos y criterio de análisis, en el Anexo “A” se encontrará todas las secciones transversales del monitoreo.

A continuación en la Figura No. 34, se detalla en la parte superior la abscisa final (59+000) de esta batimetría, el diseño del canal en forma de un trapecoide que mide 200 metros en ambos lados del eje del canal dando un total de 400 metros en la parte superficial y en el fondo mide 60 metros en ambos lados del eje dando un total de 120 metros, con una profundidad de 9,60 metros, adicional en la parte inferior del cuadro de la figura se detalla la cantidad total de sedimento en metros cúbicos tanto de la sección analizada como del levantamiento total.

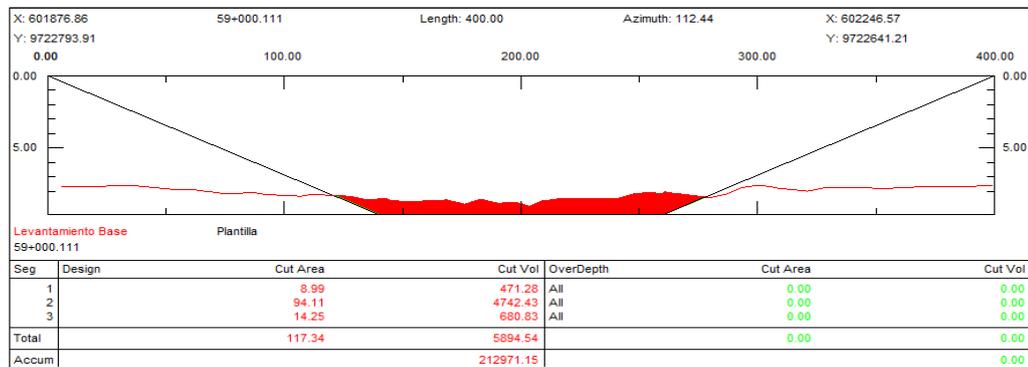


Figura 35 Sección Transversal - abscisa 59+000, Julio/2017 antes de iniciar el dragado.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 35, se muestra la batimetría que fue realizada antes de iniciar el dragado que corresponde al mes julio del 2017, que nos indica un total de 212971,15 m3 de sedimento acumulado en la batimetría, el mismo que consideraremos como el 100% de sedimento acumulado en el sector de análisis que afecta directamente a la navegación y transporte marítimo, que necesariamente debe ser dragado a fin de recuperar la profundidad de calado de diseño.

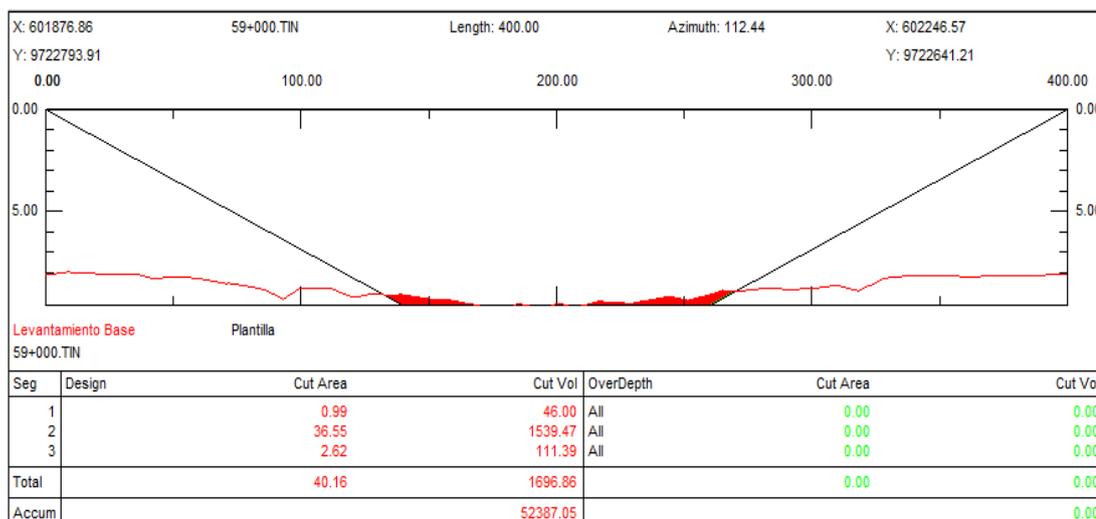


Figura 36 Sección Transversal, batimetría de diciembre/2017, realizada al finalizar el dragado
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Una vez finalizado el dragado en el sector de estudio, el mismo que fue desde julio hasta diciembre del 2017, se realiza el primer levantamiento batimétrico comprendido del monitoreo mensual en el mes de diciembre del 2017 el cual se detalla en la Figura No. 36, y podemos observar claramente que, en el fondo del canal en los extremos del mismo, tenemos una leve acumulación de sedimento para esta sección y el total de sedimento acumulado en el área comprendida entre las abscisas 57+500 y 59+000 es de 52387.05 m³, para mencionado levantamiento batimétrico inicial.

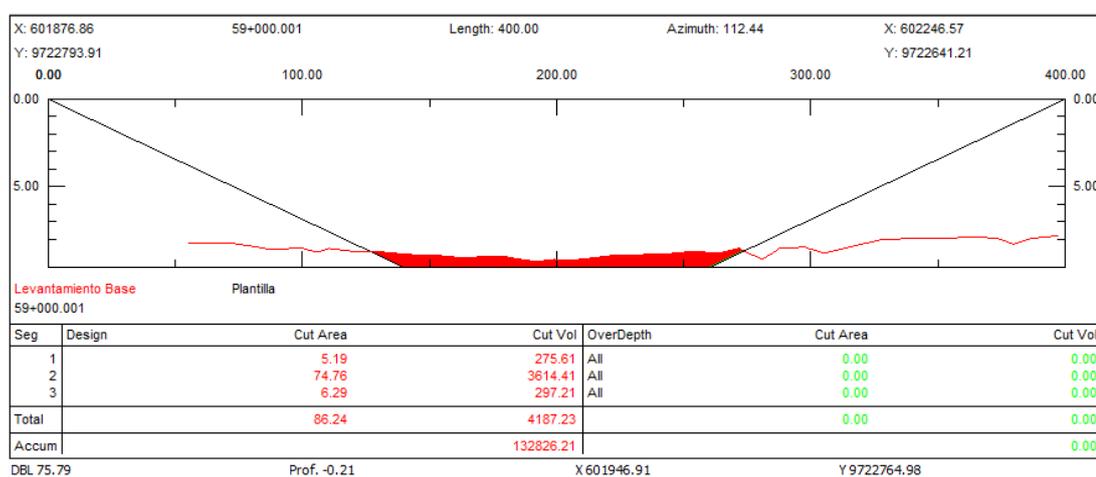


Figura 37 Sección Transversal - abscisa 59+000, batimetría de enero/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 37 se detalla el levantamiento batimétrico comprendido para el mes de enero del 2018, en el mismo se puede apreciar una ligera acumulación de sedimento en todo el fondo del canal, cabe mencionar que en esta figura solo se aprecia

la sección transversal de la abscisa 59+000 por lo tanto este es el caso solo para esta abscisa, para observar la re sedimentación en el resto de las secciones transversales de este levantamiento, se lo puede ver en el Anexo A (Secciones Transversales). El total de sedimento acumulado para este levantamiento batimétrico entre las abscisas 57+500 y 59+000, es de 132826.21 m³.

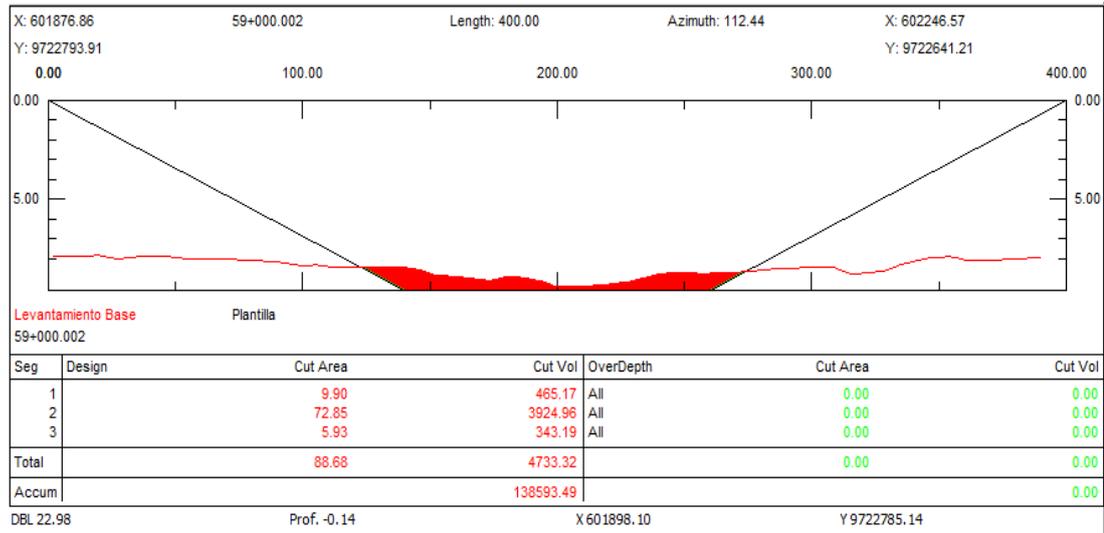


Figura 38 Sección Transversal - abscisa 59+000, de febrero/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura No. 38, correspondiente al mes de febrero/2018, se observa que en la sección transversal se tiene una tendencia de acumulación de sedimento más hacia un lado con respecto al mes de enero. El total de sedimento acumulado en este levantamiento batimétrico es de 138593.49 m³ en el tramo de las abscisas 57+500 y 59+000.

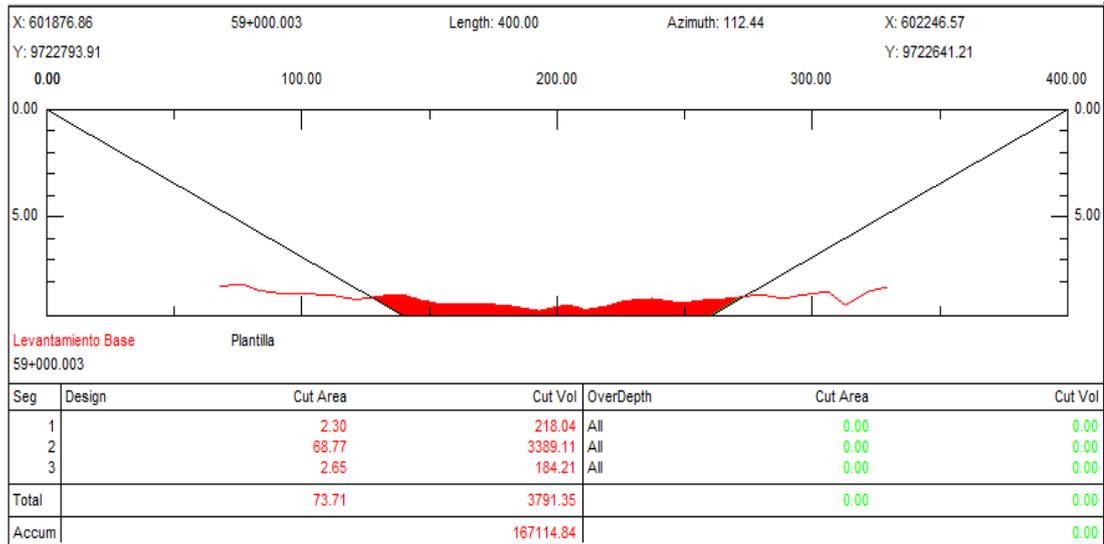


Figura 39 Sección Transversal - abscisa 59+000, de marzo/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Para la información batimétrica correspondiente al mes de marzo del 2018, tenemos un acumulado total de sedimentación de 167114.84 m³ para el tramo de análisis (57+500 a 59+000) como se muestra en la Figura No. 39, y es notorio el incremento de sedimentación con respecto al mes anterior, pero el acumulado solo para la sección transversal de la abscisa 59+000 es menor con respecto al acumulado del anterior, esto indica que la acumulación de sedimento es bastante variable en el área de análisis.

Es necesario tomar en consideración las diferencias en la acumulación de sedimentos en cada una de las secciones transversales de cada abscisa para el análisis en el capítulo IV, teniendo muy en cuenta el dinamismo que tiene el Estero Salado en el aporte y arrastre de sedimento.

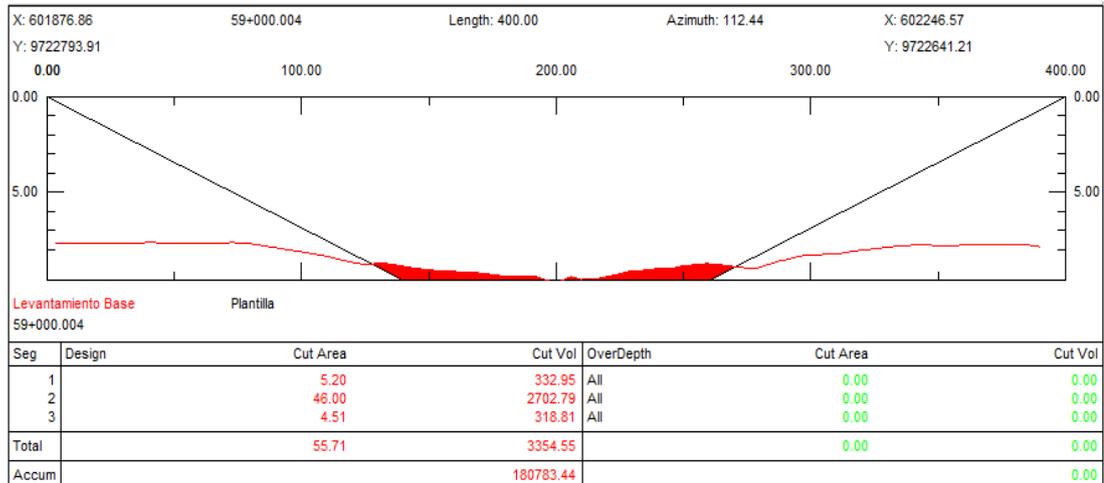


Figura 40 Sección Transversal - abscisa 59+000, de abril/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 40 podemos observar que en este mes existe un ligero incremento de sedimento con cierta socavación mínima en el centro del canal, de la misma forma el acumulado de sedimento para el mes de abril del 2018 no varía en gran cantidad con respecto al mes de marzo/2018, y el acumulado total de sedimento en el tramo entre las abscisas 57+500 y 50+000 es de 180783.44 m³ correspondiente al mes de abril/2018.

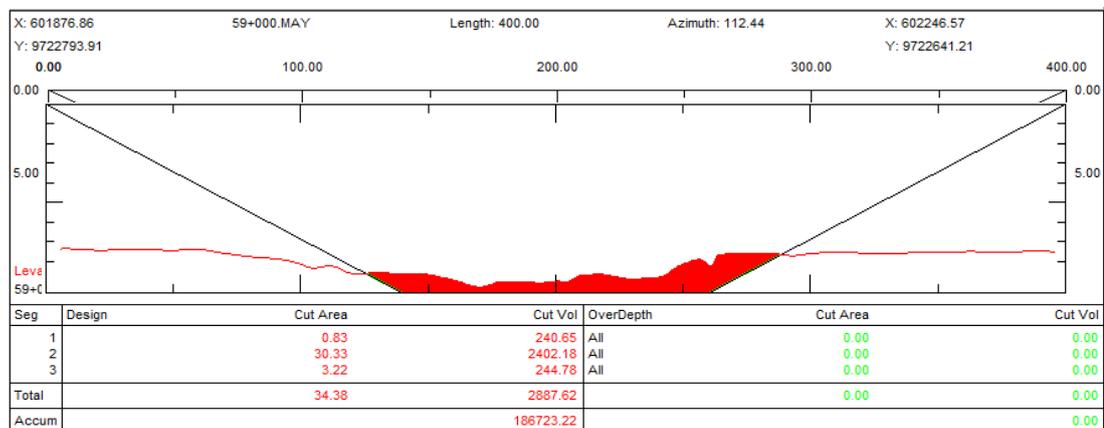


Figura 41 Sección Transversal - abscisa 59+000, del mes de mayo/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 41, correspondiente al mes de mayo del 2018, se observa un cambio dinámico en la forma del fondo, con un ligero incremento de sedimentación con mayor incidencia a uno de los extremos del canal, dando el acumulado de sedimento para el tramo de las abscisas 57+500 a 59+000 de 186723.22 m³, con

respecto al mes de abril la diferencia es mínima lo que se puede decir que en estos meses se mantuvo un equilibrio en el acumulado de sedimentación.

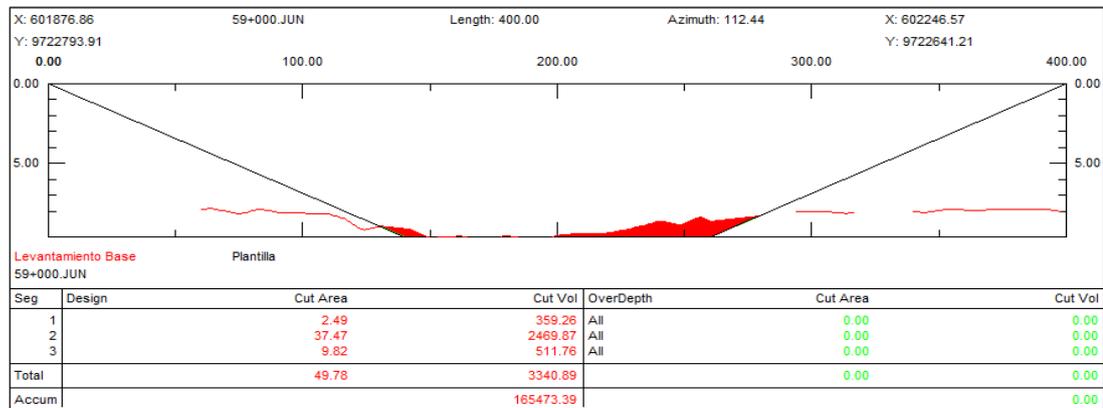


Figura 42 Sección Transversal - abscisa 59+000, de junio/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura No. 42 se presenta la sección transversal de la Abscisa 59+000 correspondiente al mes de junio del 2018, en el cual se observa que la acumulación de sedimento en el tramo de análisis para esta batimetría es de 165473.39 m³, presentando una socavación masiva, revisando las secciones transversales de todo el levantamiento del mes de monitoreo (Anexo A), se puede identificar que a lo largo del tramo 57+500 a 59+000 hay variación en los registros de sedimento en cada sección además de las variaciones en incremento de profundidad promedio en las secciones y en el tramo.

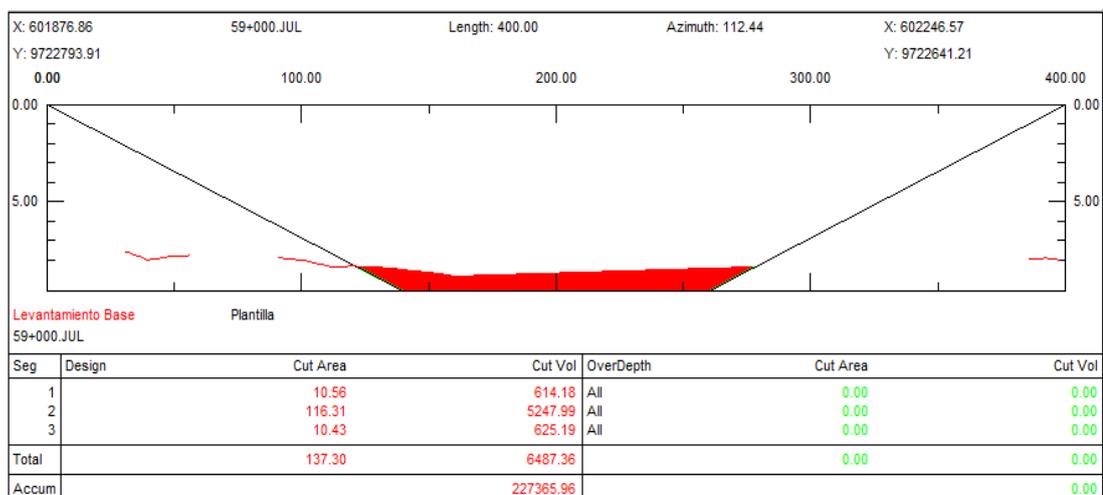


Figura 43 Sección Transversal - abscisa 59+000, del mes de julio/2018.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

La Figura No. 43 corresponde al levantamiento batimétrico realizado en el mes de julio del 2018 en la cual podemos observar que la acumulación de sedimento es con mayor incidencia, afectando la profundidad en el fondo del canal con un acumulado total en el tramo 57+500 a 59+000 es de 227365.96 m³ lo cual indica que la acumulación de sedimento fue bastante elevada con respecto al mes anterior.

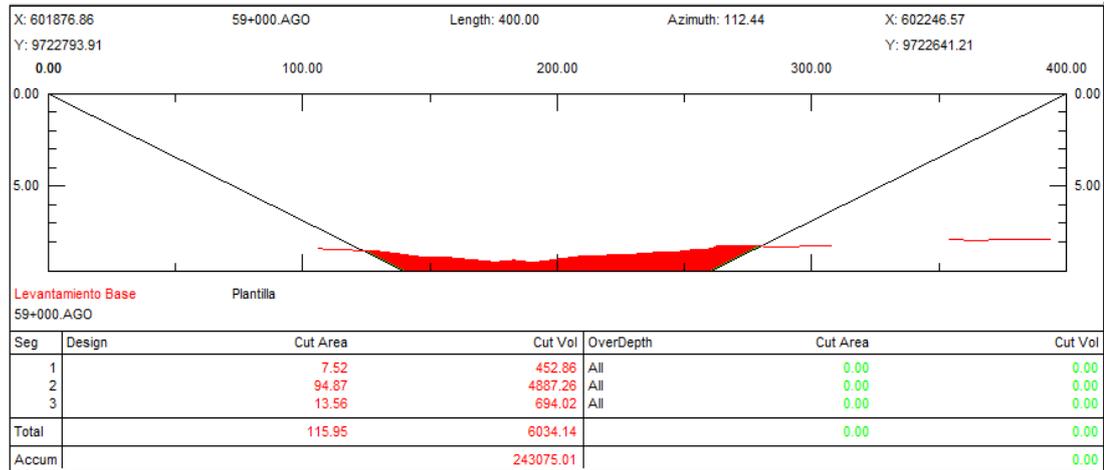


Figura 44 Sección Transversal - abscisa 59+000, de agosto/2018.

Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la última batimetría del monitoreo del sector, es el correspondiente al mes de agosto del 2018 como se muestra en la Figura No. 37, es notorio el incremento de la sedimentación en todo el tramo de estudio (abscisas 57+500 y 59+000) el cual es de 243075.01 m³.

De las secciones transversales realizadas con la información del monitoreo batimétrico entre las abscisas 57+500 y 59+000 se puede observar un incremento de sedimentos en un 12% en promedio de los sedimentos en el transcurso de los meses, pues esta posibilita la ejecución de un modelo analítico en la serie de tiempo y el volumen de los sedimentos en cuestión, pues con ello se obtiene la tasa de sedimentación para su aplicación y así comparar posteriormente, dicho proceso que dependerá de los aspectos climatológicos, pues esta variable influenciará al proceso, es decir, la presencia de lluvia y temporada seca, tiene un efecto positivo como negativo en el análisis de resultados y productos.

3.1.4. Secciones transversales de las batimetrías realizadas por el INOCAR, en el canal de Acceso a Puerto de Guayaquil entre las Abscisas 57+500 y 59+000.

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), como ente fiscalizador de los trabajos de dragado en el Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil, realiza levantamientos batimétricos de control a fin de verificar la veracidad de los trabajos de dragado que se ejecuten en el mismo. Dentro del área de estudio el INOCAR realiza tres levantamientos batimétricos en los meses de diciembre/2017, febrero/2018, julio 2018, concordantes en el tiempo de monitoreo realizado por SERDRA, el cual será de gran importancia a fin de comparar el análisis batimétrico que se detallará en el Capítulo IV.

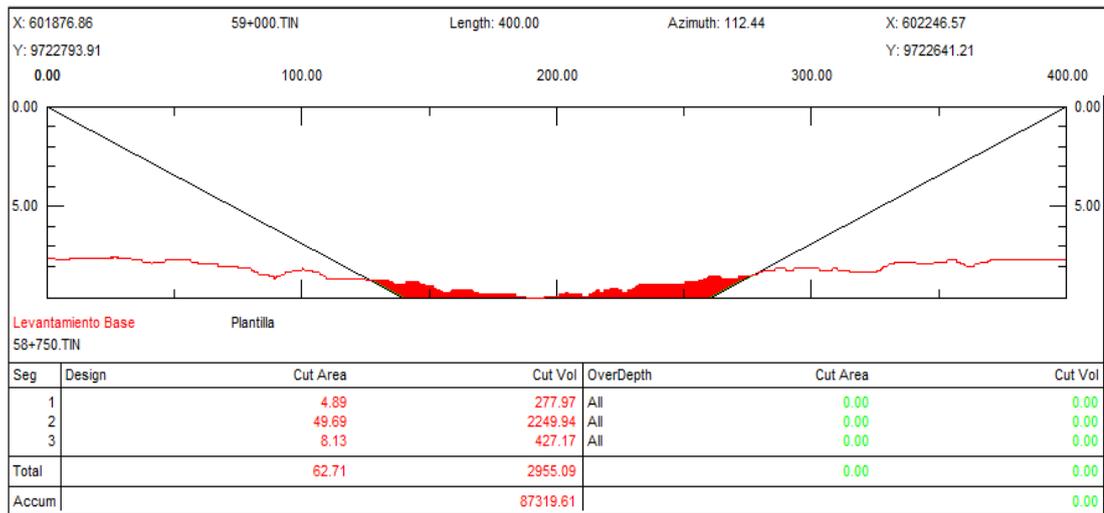


Figura 45 Sección Transversal - abscisa 59+000, de diciembre/2017 efectuado por INOCAR
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 45, correspondiente a la sección transversal 59+000, el mismo que ejecuto el INOCAR como parte de la fiscalización de los trabajos de dragado, nos muestra un despliegue y acumulado de sedimento para esta sección, además de mostrarnos el acumulado total en el tramo de análisis del canal entre las abscisas 57+500 y 59+000 de 87319.61 m³, este resultado nos servirá para análisis posteriores en el proyecto de investigación.

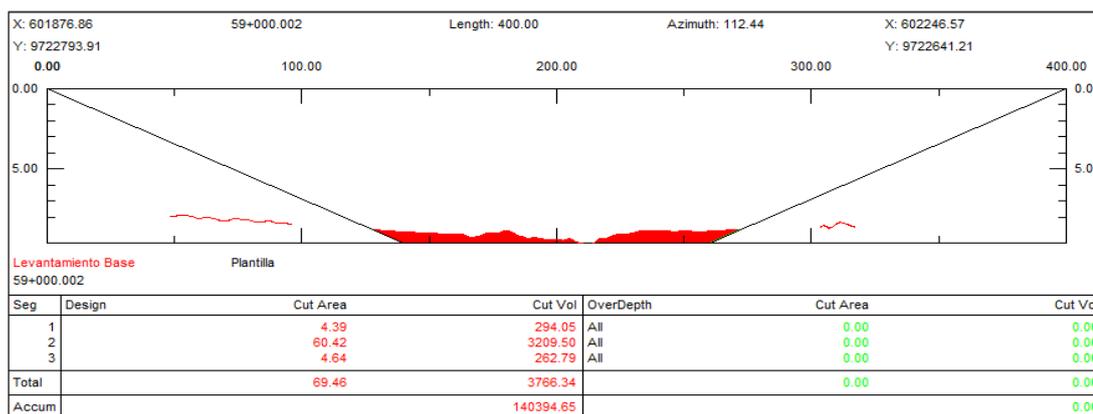


Figura 46 Sección Transversal - abscisa 59+000, de febrero/2018 efectuado por INOCAR.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 46 se puede apreciar el resumen de sedimento acumulado para el tramo de análisis de 140394.65 m³ correspondientes al mes de febrero del 2018 ejecutado por el INOCAR.

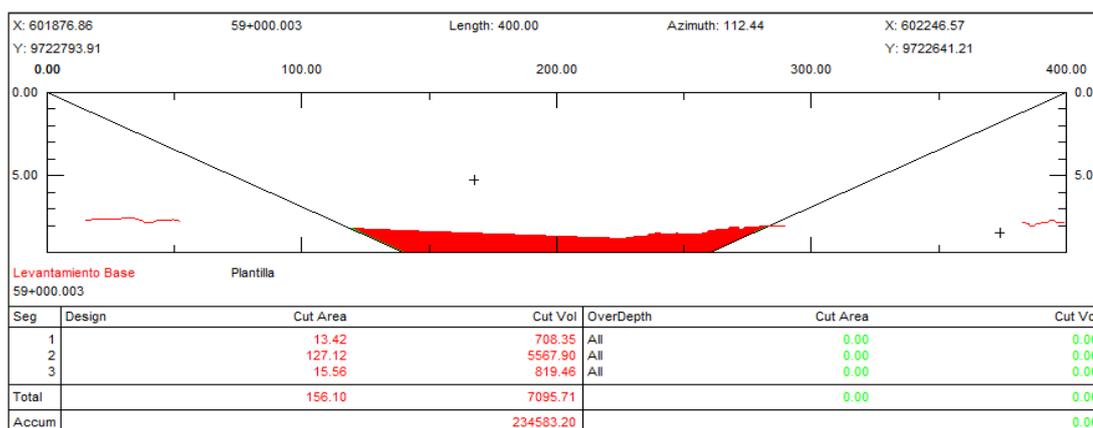


Figura 47 Sección Transversal - abscisa 59+000, de julio/2018 efectuado por INOCAR.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 47 nos muestra un acumulado de sedimentación en el tramo de análisis de 243583.20 m³, siendo esta ejecutada en el mes de julio del 2018 por el INOCAR, nos ayuda a verificar los trabajos de monitoreo batimétrico realizado por el Servicio de Dragas (SERDRA) hasta el mes de agosto del 2018.

3.1.5. Profundidades promedio del monitoreo batimétrico realizado en el área de estudios.

Según el análisis de profundidades efectuado por el Servicio de Dragas (SERDRA), la batimetría realizada para el mes de julio/2017, antes de iniciar los trabajos de dragado, tenemos las siguientes profundidades.

Tabla 3*Profundidades Promedio - batimetría de julio/2017 antes del dragado*

ABSCISAS	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)
57+500	8.69
57+550	8.62
57+600	8.64
57+650	8.55
57+700	8.62
57+750	8.45
57+800	8.56
57+850	8.57
58+900	8.51
58+950	8.56
58+000	8.48
58+050	8.57
58+100	8.52
58+150	8.58
58+200	8.55
58+250	8.6
58+300	8.55
58+350	8.72
58+400	8.65
58+450	8.64
58+500	8.59
58+550	8.63
58+600	8.69
58+650	8.69
58+700	8.71
58+750	8.74
58+800	8.76
58+850	8.76
58+900	8.8
58+950	8.8
59+000	8.77

Fuente: SERDRA

Para el análisis de este sector, SERDRA tomó como referencia las secciones transversales de las abscisas 57+550, 57+800, 58+100, 58+400, 58+700, 58+950, considerando mencionadas secciones para determinar un promedio de profundidad del

área de análisis y poder cuantificar el aumento progresivo de las profundidades de acuerdo a los levantamientos batimétricos del monitoreo. Según SERDRA, se puede observar que las profundidades promedio para mencionada batimetría es de 8.631 m, estos valores están referidos al Nivel Medio de bajamares en Sicigia (MLWS). (SERDRA, 2018).

Según el promedio de profundidad para esta batimetría Tabla 3, la profundidad (8.63 m) no cumple con la profundidad requerida según el diseño de calado del canal de navegación, para lo cual se tomará como referencia para el análisis de profundidades en el área de estudio después de los trabajos de dragado del canal.

Tabla 4
Profundidades Promedio - batimetría de diciembre/2017 al término del dragado

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.69
57+550	9.30
57+600	9.30
57+650	9.35
57+700	9.38
57+750	9.31
57+800	9.34
57+850	9.29
57+900	9.33
57+950	9.29
58+000	9.34
58+050	9.35
58+100	9.31
58+150	9.34
58+200	9.35
58+250	9.38
58+300	9.36
58+350	9.46
58+400	9.40
58+450	9.39
58+500	9.52
58+550	9.43
58+600	9.41
58+650	9.51

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
58+700	9.46
58+750	9.40
58+800	9.40
58+850	9.43
58+900	9.41
58+950	9.40
59+000	9.16
PROMEDIO	9.35

Elaborado por: Cusquillo (2021)

Según la **Tabla 4**, podemos observar que la profundidad promedio tomando en consideración todas las secciones del sector de análisis es de 9.35 m, mencionado valor está referido al MLWS. A partir de la batimetría correspondiente a diciembre/2017, se lleva el control de monitoreo batimétrico mensual para el análisis de profundidad.

Tabla 5
Profundidades Promedio - batimetría del mes de enero/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.81
57+550	8.88
57+600	8.92
57+650	8.92
57+700	8.94
57+750	8.88
57+800	8.89
57+850	8.85
57+900	8.91
57+950	8.89
58+000	8.92
58+050	8.93
58+100	8.93
58+150	8.97
58+200	8.96
58+250	9.05
58+300	8.92
58+350	9.10
58+400	9.03
58+450	9.05

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
58+500	9.13
58+550	9.10
58+600	9.07
58+650	9.10
58+700	9.03
58+750	9.07
58+800	9.04
58+850	9.05
58+900	9.41
58+950	9.40
59+000	9.16
PROMEDIO	9.01

Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la **Tabla 5** según los promedios de profundidades registrados para esta batimetría es de 9.01 m referidos al MLWS. En comparación con el promedio de profundidad en el mes anterior, se puede indicar que para este mes las profundidades reducidas en 0.31 m por efecto de la acumulación de la sedimentación.

Tabla 6
Profundidades Promedio - batimetría del mes de febrero/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.81
57+550	8.81
57+600	8.76
57+650	8.79
57+700	9.08
57+750	8.86
57+800	8.97
57+850	9.08
57+900	9.05
57+950	8.96
58+000	9.08
58+050	8.98
58+100	9.04
58+150	9.02
58+200	9.14
58+250	9.16

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
58+300	9.09
58+350	9.10
58+400	9.08
58+450	9.23
58+500	9.13
58+550	9.04
58+600	9.04
58+650	8.85
58+700	8.79
58+750	9.08
58+800	9.04
58+850	8.86
58+900	8.89
58+950	8.90
59+000	8.99
PROMEDIO	8.99

Elaborado por: Cusquillo (2021)

Según la **Tabla 6** podemos observar que la profundidad promedio del sector de análisis es de 8.99 m referidos al MLWS, mencionado valor de profundidad en comparación con el promedio del mes de enero, podemos decir que se estabilizó con respecto a la sedimentación en el área.

Tabla 7

Profundidades Promedio - batimetría del mes de marzo/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.63
57+550	8.81
57+600	8.67
57+650	8.68
57+700	8.68
57+750	8.70
57+800	8.70
57+850	8.71
57+900	8.70
57+950	8.74
58+000	8.74
58+050	8.74

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
58+100	8.78
58+150	8.78
58+200	8.77
58+250	8.80
58+300	8.80
58+350	8.82
58+400	8.81
58+450	8.81
58+500	8.89
58+550	8.81
58+600	8.90
58+650	8.97
58+700	8.95
58+750	8.91
58+800	8.91
58+850	8.93
58+900	8.81
58+950	8.82
59+000	8.81
PROMEDIO	8.79

Elaborado por: Cusquillo (2021)

Según la **Tabla 7**, para el mes de marzo/2018, podemos observar que la profundidad promedio del sector de análisis es de 8.79 m referidos al MLWS, comparando con la profundidad promedio del mes de febrero, existe una reducción en la profundidad de 0.20 m y de la misma forma el incremento de la sedimentación afectando el canal de diseño del canal.

Tabla 8

Profundidades Promedio - batimetría del mes de abril/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.59
57+550	8.73
57+600	8.63
57+650	8.73
57+700	8.74
57+750	8.59
57+800	8.68

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+850	8.70
57+900	8.72
57+950	8.59
58+000	8.73
58+050	8.68
58+100	8.84
58+150	8.71
58+200	8.80
58+250	8.74
58+300	8.87
58+350	8.78
58+400	8.81
58+450	8.78
58+500	8.87
58+550	8.98
58+600	8.87
58+650	8.81
58+700	8.93
58+750	8.91
58+800	8.86
58+850	8.93
58+900	8.97
58+950	8.82
59+000	8.86
PROMEDIO	8.78

Elaborado por: Cusquillo (2021)

Según la **Tabla 8**, podemos observar que la profundidad promedio del sector de análisis es de 8.78 m referidos al MLWS, si comparamos con la profundidad del mes de marzo, no existe diferencia representativa, lo cual podemos decir que se estabilizó con respecto a la acumulación de la sedimentación y de la misma forma no existe gran cambio en las profundidades promedio.

Tabla 9
Profundidades Promedio - batimetría del mes de mayo/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	7.61

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+550	8.66
57+600	8.59
57+650	8.72
57+700	8.65
57+750	8.74
57+800	8.66
57+850	8.72
57+900	8.67
57+950	8.76
58+000	8.68
58+050	8.78
58+100	8.72
58+150	8.81
58+200	8.82
58+250	8.84
58+300	8.78
58+350	8.82
58+400	8.80
58+450	8.86
58+500	8.86
58+550	8.88
58+600	8.89
58+650	8.93
58+700	8.89
58+750	8.88
58+800	8.87
58+850	8.92
58+900	8.98
58+950	8.92
59+000	8.88
PROMEDIO	8.76

Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la **Tabla 9** según los promedios de profundidades registrados para esta batimetría del mes de mayo/2018 es de 8.76 m referidos al MLWS, en comparación

con el promedio del mes de abril, la reducción en profundidad promedio es mínima y se mantendría la estabilización en profundidades hasta este mes de monitoreo.

Tabla 10

Profundidades Promedio - batimetría del mes de junio/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.11
57+550	8.74
57+600	8.75
57+650	8.78
57+700	8.79
57+750	8.79
57+800	8.82
57+850	8.78
57+900	8.84
57+950	8.82
58+000	8.84
58+050	8.94
58+100	8.90
58+150	8.84
58+200	8.84
58+250	8.93
58+300	8.93
58+350	8.95
58+400	8.95
58+450	8.95
58+500	9.01
58+550	8.96
58+600	8.98
58+650	9.05
58+700	9.04
58+750	8.94
58+800	8.95
58+850	8.95
58+900	9.05
58+950	8.73
59+000	8.41
PROMEDIO	8.85

Elaborado por: Cusquillo (2021)

Según la información de profundidad promedio plasmada en la Tabla No. 10 podemos observar un incremento de las profundidades en cada una de las secciones transversales del área de análisis, teniendo un promedio de profundidad para este levantamiento de 8.85 m referidos al MLWS, este incremento en las profundidades está vinculada a una socavación de sedimento con respecto al mes anterior.

Tabla 11
Profundidades Promedio - batimetría del mes de julio/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.50
57+550	8.54
57+600	8.48
57+650	8.50
57+700	8.60
57+750	8.48
57+800	8.50
57+850	8.54
57+900	8.51
57+950	8.57
58+000	8.55
58+050	8.56
58+100	8.60
58+150	8.60
58+200	8.51
58+250	8.70
58+300	8.60
58+350	8.74
58+400	8.70
58+450	8.74
58+500	8.69
58+550	8.74
58+600	8.69
58+650	8.69
58+700	8.82
58+750	8.71
58+800	8.82
58+850	8.74
58+900	8.70

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
58+950	8.82
59+000	8.88
PROMEDIO	8.64

Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la **Tabla 11** según los promedios de profundidades de las secciones registrados para esta batimetría del mes de julio/2018 es de 8.64 m referidos al MLWS, es notorio la reducción de profundidad promedio del área de estudio que también implica una gran acumulación de sedimento en comparación con el mes anterior.

Tabla 12
Profundidades Promedio - batimetría del mes de agosto/2018

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.50
57+550	8.57
57+600	8.53
57+650	8.36
57+700	8.39
57+750	8.38
57+800	8.40
57+850	8.40
57+900	8.57
57+950	8.58
58+000	8.57
58+050	8.48
58+100	8.58
58+150	8.63
58+200	8.57
58+250	8.64
58+300	8.51
58+350	8.53
58+400	8.53
58+450	8.57
58+500	8.63
58+550	8.54
58+600	8.63
58+650	8.60

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
58+700	8.60
58+750	8.62
58+800	8.58
58+850	8.63
58+900	8.66
58+950	8.71
59+000	8.74
PROMEDIO	8.56

Elaborado por: Cusquillo (2021)

Según la información de profundidad promedio plasmada en la **Tabla 12**, podemos observar una reducción de las profundidades promedio en cada una de las secciones transversales del área de análisis, teniendo un promedio de profundidad para este levantamiento de 8.56 m referidos al MLWS, de igual forma esta afectación en las profundidades también explica a una acumulación de sedimento con respecto al mes de julio/2018. Los resultados de profundidades promedio en cada una de las batimetrías realizadas para el monitoreo se analizarán en el capítulo IV.

3.1.6. Profundidades promedio de los levantamientos batimétricos realizados por el INOCAR en el área de estudios.

A fin de llevar un control de los trabajos de dragado realizados por SERDRA, el Instituto Oceanográfico de la Armada realizó tres levantamientos batimétricos dentro del tiempo de monitoreo y área de estudio, lo cual servirá de gran ayuda para comprobar la veracidad de los ejecutados en el sector de análisis.

Tabla 13
Profundidades Promedio - batimetría de diciembre/2018, ejecutado por INOCAR

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	9.12
57+550	9.11
57+600	9.12
57+650	9.14
57+700	9.11
57+750	9.11
57+800	9.13

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+850	9.14
57+900	9.12
57+950	9.13
58+000	9.15
58+050	9.18
58+100	9.24
58+150	9.26
58+200	9.25
58+250	9.28
58+300	9.26
58+350	9.26
58+400	9.28
58+450	9.31
58+500	9.33
58+550	9.25
58+600	9.23
58+650	9.26
58+700	9.26
58+750	9.18
58+800	9.15
58+850	9.15
58+900	9.14
58+950	9.20
59+000	9.18
PROMEDIO	9.19

Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Tabla 13 apreciamos las profundidades promedio en las abscisas del levantamiento realizado por el INOCAR, y un promedio general de profundidad de 9.19 m referidos al MLWS, correspondiente al mes de diciembre/2017, es necesario indicar que mencionado levantamiento fue realizado en los primeros días del mes antes mencionado.

Tabla 14*Profundidades Promedio - batimetría de febrero/2018, ejecutado por INOCAR*

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	8.72
57+550	8.82
57+600	8.86
57+650	8.80
57+700	8.86
57+750	8.90
57+800	8.84
57+850	8.84
57+900	8.82
57+950	8.83
58+000	8.90
58+050	8.96
58+100	8.90
58+150	8.97
58+200	9.00
58+250	9.05
58+300	9.05
58+350	8.97
58+400	8.99
58+450	8.99
58+500	9.04
58+550	9.07
58+600	9.07
58+650	9.09
58+700	9.13
58+750	9.03
58+800	8.94
58+850	9.00
58+900	9.04
58+950	9.03
59+000	9.15
PROMEDIO	8.96

Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Tabla 14 podemos ver las profundidades promedio en las abscisas del levantamiento realizado por el INOCAR, con un promedio general de profundidad de 8.96 m referidos al MLWS, correspondiente al mes de febrero/2018.

Tabla 15

Profundidades Promedio - batimetría de julio/2018, ejecutado por INOCAR

ABSCISAS	Profundidad Promedio en las secciones (m)
57+500	7.99
57+550	8.47
57+600	8.49
57+650	8.50
57+700	8.50
57+750	8.52
57+800	8.54
57+850	8.54
57+900	8.55
57+950	8.57
58+000	8.57
58+050	8.56
58+100	8.59
58+150	8.60
58+200	8.59
58+250	8.66
58+300	8.67
58+350	8.61
58+400	8.60
58+450	8.61
58+500	8.66
58+550	8.65
58+600	8.67
58+650	8.71
58+700	8.69
58+750	8.70
58+800	8.70
58+850	8.73
58+900	8.73
58+950	8.80
59+000	9.25
PROMEDIO	8.61

Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Tabla 15 tenemos la profundidad promedio de 8.61 m referidos al MLWS del levantamiento batimétrico realizado por el INOCAR, que corresponde al mes de julio/2018, considerando esta información para la verificación y comprobación en el análisis sobre el comportamiento del fondo en el sector de estudio.

3.1.7. Tabla comparativa de volúmenes de sedimentación registrados en el monitoreo batimétrico.

En la siguiente tabla se detalla la sedimentación acumulada del área de estudio entre las abscisas 57+500 y 59+000, registrados desde julio/2017, batimetría realizada antes de iniciar los trabajos de dragado y las batimetrías realizadas en el monitoreo batimétrico que inicia desde la correspondiente batimetría realizada en el mes de diciembre/2017, al finalizar el dragado en el sector, hasta agosto del 2018, mes en el cual se realiza la última batimetría de monitoreo. El resumen representa los datos de sedimentación acumulada en cada sección transversal del abscisado correspondiente al área de estudio antes mencionado y el total registrado en el levantamiento batimétrico mensual.

Tabla 16

Cuadro de volúmenes de sedimentación registrado en el monitoreo batimétrico

VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN REGISTRADO EN CADA ABCISIA										
ABSCISAS	2017			2018						
	JULIO	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
57+500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57+550	6882.23	2423.63	5417.94	3187.76	6688.61	6852.48	7155.26	6747.12	8052.09	9087.94
57+600	6932.95	2142.48	5016.56	5960.19	6607.24	6851.27	7393.49	6630.32	8108.61	9513.39
57+650	7170.88	2011.37	4925.28	6021.62	6590.00	6749.94	7196.29	6514.01	8277.45	9301.12
57+700	7451.53	1809.59	4911.36	5384.29	6544.43	6452.06	6886.96	6421.58	8534.38	9142.77
57+750	7789.05	1959.90	5062.73	5153.71	6443.81	7114.45	7073.49	6452.47	8598.87	9051.52
57+800	7815.37	2131.45	5076.44	5036.95	6342.43	7341.17	6979.54	6384.55	8481.90	9049.63
57+850	7703.45	2219.06	5170.1	4765.53	6328.68	6870.14	7027.20	6381.42	8323.61	9026.91
57+900	7785.80	2176.29	5141.16	4545.48	6362.38	6804.35	7185.67	6218.96	8035.50	8916.89
57+950	7614.25	2129.15	4902.04	4406.73	6219.84	7252.67	6942.37	6042.83	7930.80	8748.68
58+000	7668.87	2153.28	4920.26	4685.35	6108.78	7202.87	6875.29	6136.63	7826.41	8676.00
58+050	7789.16	1997.64	4865.53	4658.25	6181.99	6763.63	6674.99	5824.65	7906.80	8520.96
58+100	7924.82	2051.05	4825.66	4361.11	5996.75	6298.32	6443.48	5597.09	8355.37	8398.39
58+150	7925.26	2037.31	4632.31	4223.75	5762.49	6251.56	6284.62	5721.21	8269.57	8297.14
58+200	7728.89	1921.63	4493.72	4015.67	5779.92	6309.24	5934.90	5477.73	7962.28	7962.07
58+250	7572.67	1830.68	4250.01	3717.09	5725.49	6205.30	6070.02	5351.32	7885.70	7527.13
58+300	7456.13	1744.69	4393.03	3756.32	5586.34	5931.20	6286.72	5229.80	7564.84	7639.53
58+350	7220.95	1607.30	4251.73	3822.08	5524.25	5833.73	6301.67	5415.61	7343.21	7933.01
58+400	7049.28	1493.38	3895.49	3870.68	5527.99	6006.48	6181.00	5214.44	7410.24	7918.05

TRABAJOS DE DRAGADO EN EL CANAL

58+450	7045.45	1526.10	4012.67	3385.77	5230.98	5920.65	5900.48	4947.58	7475.66	7809.34
58+500	7127.16	1373.57	3665.97	3538.40	4976.82	5756.26	5838.19	4835.15	7119.59	7786.03
58+550	7209.76	1306.28	3507.76	4186.44	4955.76	5145.15	5980.68	5082.98	7021.05	7890.13
58+600	6953.85	1346.99	3752.12	4267.03	4938.78	5130.23	5889.75	5223.59	7040.70	7847.62
58+650	6632.85	1210.53	3752.81	4966.81	4798.09	5661.92	5785.74	4985.84	6908.99	7675.94
58+700	6393.97	1204.72	3861.04	5717.24	4640.13	5539.58	5832.11	4752.70	6906.66	7542.97
58+750	6300.88	1379.83	3927.29	5549.56	4817.84	5545.01	5926.17	5036.05	6880.94	7430.79
58+800	6188.27	1466.47	3864.81	5253.26	4917.02	5723.98	6026.71	5145.87	6829.15	7418.36
58+850	5888.38	1361.21	3914.75	5232.14	4843.79	5147.81	5810.13	5003.72	6692.64	7310.10
58+900	5852.26	1312.82	4062.64	5142.16	4657.82	4599.45	5360.29	4749.42	6675.76	7011.95
58+950	6002.24	1361.79	4165.77	5048.82	4225.03	4167.99	4642.42	4307.87	6459.83	6606.51
59+000	5894.54	1696.86	4187.23	4733.30	3791.36	3354.55	2887.62	3340.89	6487.36	6034.14
Promedio	7099.04	1746.24	4427.54	4619.78	5570.49	6026.11	6225.78	5505.78	7578.87	8102.50
Acumulado	212971.15	52387.05	132826.21	138593.49	167114.84	180783.44	186773.25	165173.40	227365.96	243075.01

TRABAJOS DE DRAGADO EN EL CANAL

Elaborado por: Cusquillo (2021)

3.1.8. Sedimentos predominantes en el fondo del Canal de Acceso, entre las abscisas 57+500 y 59+000, área de estudio.

A fin de realizar un análisis comparativo, el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) presentó en su estudio un resumen histórico de la distribución de los sedimentos encontrados en el Canal de Acceso en los años 1984, 1998, 2001 y 2008 dentro del sector de análisis, se puede apreciar cambios en los porcentajes de las fracciones, modificando la textura de los sedimentos predominantes. En este caso, en su registro histórico, el tipo de sedimento predominante es el tipo Limo. El resumen se muestra en la Tabla No. 17.

Tabla 17
Registro histórico de distribución de la sedimentación en el área de estudio

Estación	Años de muestreo			
	1984	1998	2001	2008
Boya 48	Limosa	Limosa	Limosa	Limosa
	83% de limo	81% de limo	92% de limo	96% de limo
	15% de arcilla	13% de arcilla	6% de arcilla	4% de arena

Fuente: INOCAR

3.1.9. Fórmula para cálculo de la tasa de sedimentación.

Para determinar la tasa de sedimentación se procederá a utilizar la siguiente ecuación de tasa de cambio.

$$TDA = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Siendo:

V2: volumen fecha 2,

V1: volumen fecha 1,

n: tiempo entre las fechas.

Esta fórmula permite calcular los porcentajes de los sedimentos dentro de un procedimiento analítico en el que abarcara más de un periodo, es decir, al tener datos mensuales, esta permitirá identificar los cambios efectuados dentro de cada mes

transitorio, pues es un promedio geométrico que tiene varias opciones al momento de analizar, además de obtener el modelo analítico en cuestión.

3.1.10. Procedimientos a seguir para el cálculo de volumen a través del método TIN a TIN mediante el software HYPACK.

De la plataforma del software Hypack en la barra de menú, damos click en el comando TIN, la misma que nos muestra una ventana de opciones:

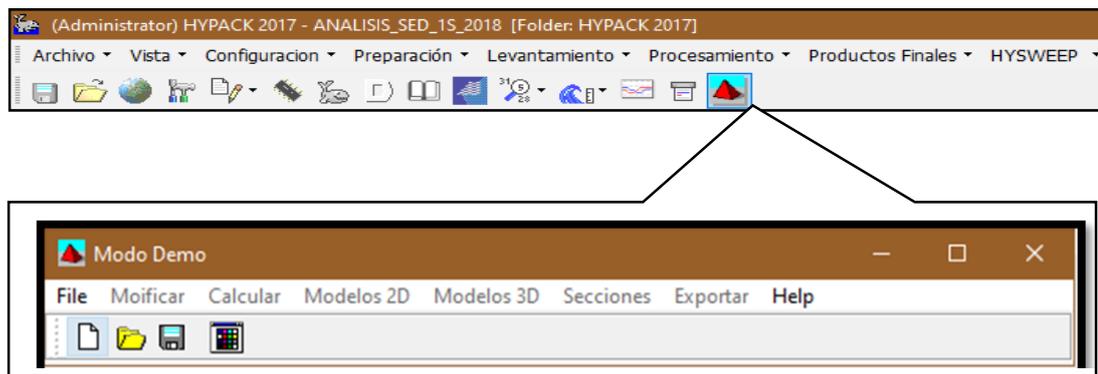


Figura 48 Herramienta para cálculo a través del Modelamiento TIN
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Procedemos a dar click en el icono nuevo y nos presenta un cuadro de diálogo con opciones para cargar los archivos a ser utilizados como se muestra en la Figura No. 48, adicional se verifica la distancia que se va a colocar para realizar la interpolación de los puntos de cada batimetría y damos aceptar.

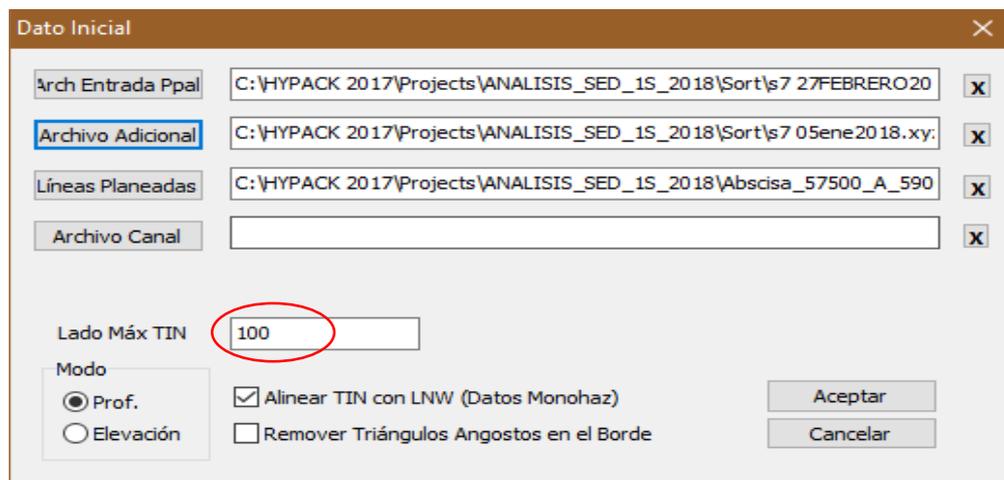


Figura 49 Ventana de opción para cargar archivos a ser procesados
Fuente: Cusquillo (2021)

En la Figura No. 49 podemos observar la interpolación realizada en el programa, se debe verificar que todos los puntos estén interpolados para evitar que haya errores en los modelos 3D.

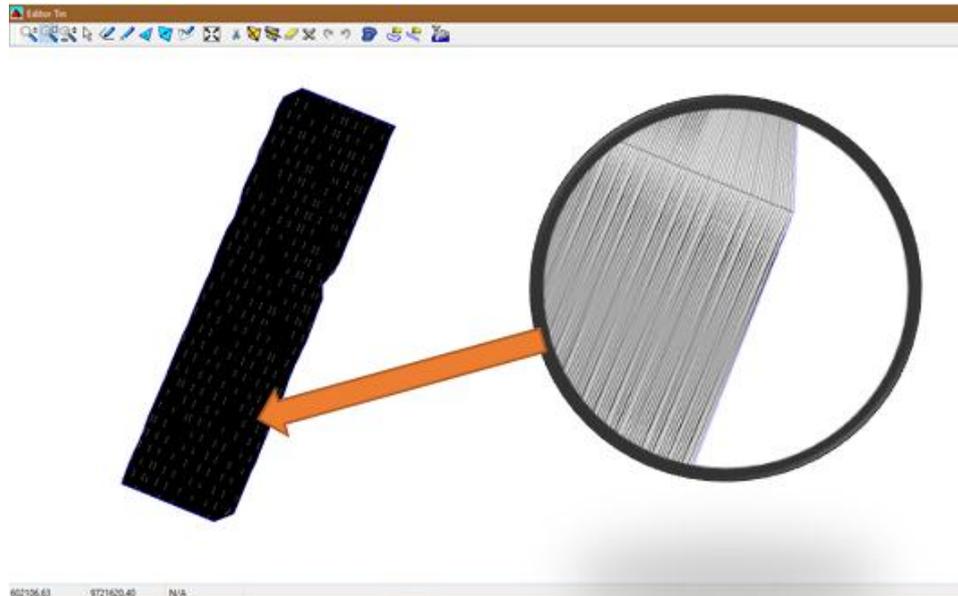


Figura 50 Interpolación de puntos
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Regresamos al comando TIN y seleccionar la pestaña Modelos 3D y procedemos a seleccionar la opción colores

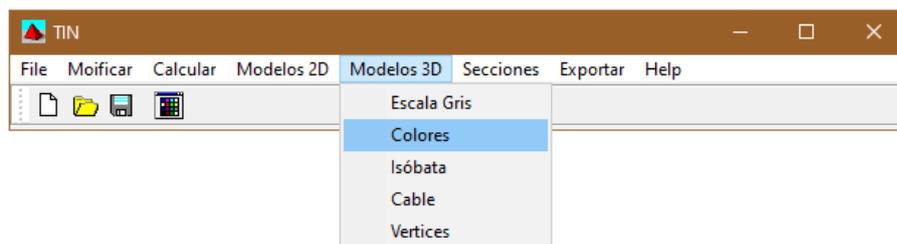


Figura 51 Selección Menú TIN, pestaña Modelos 3D
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura No. 51 podemos observar la imagen en 3D que se despliega de acuerdo a la información que ingresamos, en este caso las batimetrías.

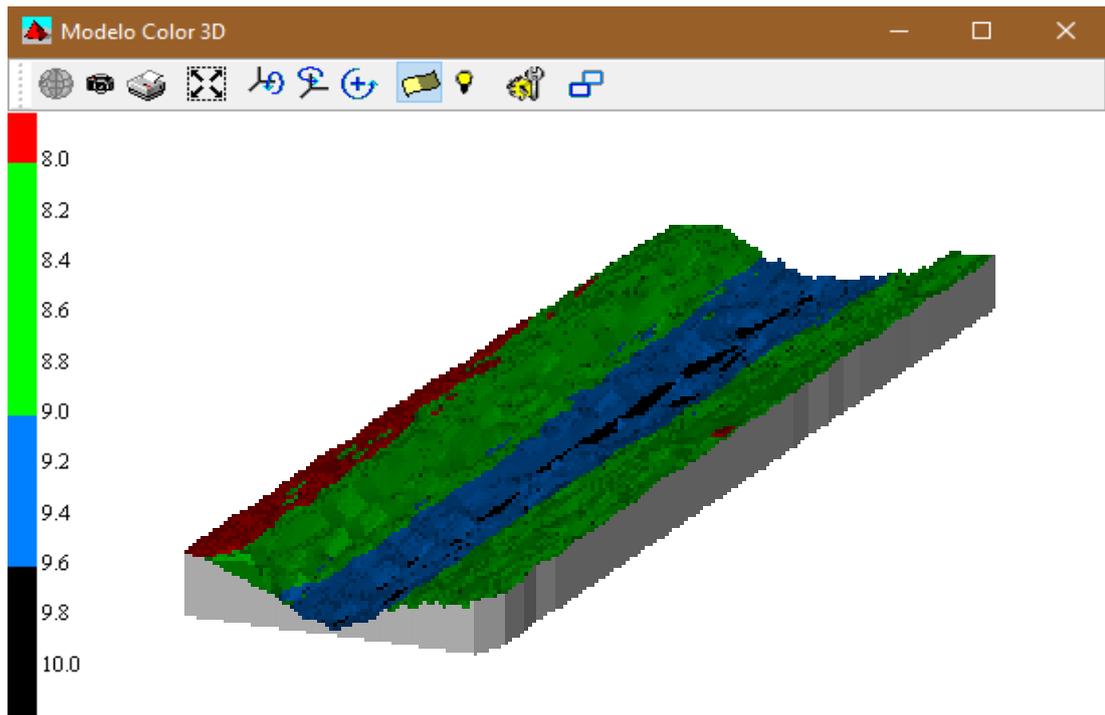


Figura 52 Grafica del fondo en modelo 3D
Elaborado por: Cusquillo (2021)

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación Analítica.

Es un procedimiento complejo que consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y de control. Además, se refiere a la proposición de hipótesis que el investigador trata de probar o invalidar.

3.2.2. Investigación Cuantitativa.

Es un método estructurado en el que se recopila y analiza información obtenida de diversas fuentes. Para llevar a cabo este tipo de investigación se utilizan herramientas estadísticas para cuantificar la información hallada.

3.2.3. Investigación Deductiva.

Es un método de investigación que parte de una premisa general para la obtención de conclusiones particulares. Se enfatiza la teoría antes de la recolección de datos o experimentaciones.

3.2.4. Investigación Cualitativa.

Es un método de predicción y explicación de la información no estructurada. Su objetivo es el proceso inductivo en lugar del resultado deductivo.

3.3. Enfoque

Conocer el comportamiento sedimentológico del canal de Acceso a puerto Marítimo de Guayaquil entre las abscisas 57+500 y 59+000, después de que este haya sido dragado, con la finalidad de establecer opciones viables y adecuadas para el mantenimiento y operación, además de ayuda analítica sobre el sector crítico, lo cual es importante para mantener en condiciones de navegación segura.

3.4. Técnica e instrumentos

Se usará como herramienta de trabajo el software HYPACK, y los levantamientos batimétricos realizados en el área de estudio como información requerida para el análisis.

3.5. Población

Canal de acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil.

3.6. Muestra

La Barra Interna, entre las abscisas 57+500 y 59+000, debido a que es un sector crítico por la alta formación de bajos y bancos de sedimento.

3.7. Análisis de resultados

3.7.1. Análisis y resultados obtenidos en las Secciones Transversales.

Para analizar las secciones transversales en cada una de las batimetrías del monitoreo realizado, tenemos los resultados de sedimento acumulado promedio en cada batimetría, con la dimensión planteada según el diseño del canal como se muestra en la Figura No. 44 la misma que es 400 metros en la superficie, 120 metros en el fondo del canal y un talud de 10:1.

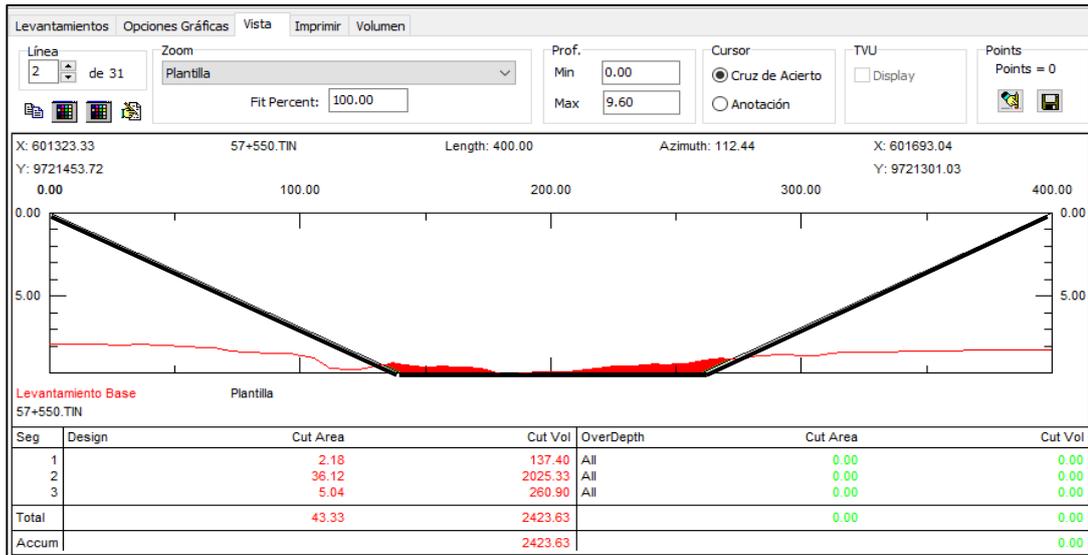


Figura 53 Análisis de las Secciones Transversales
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 53, se muestra la demarcación del canal y la acumulación de sedimento dentro del mismo, esta variación de sedimento monitoreado en los levantamientos batimétricos realizados por SERDRA y levantamientos batimétricos de fiscalización y comprobación realizados por el INOCAR.

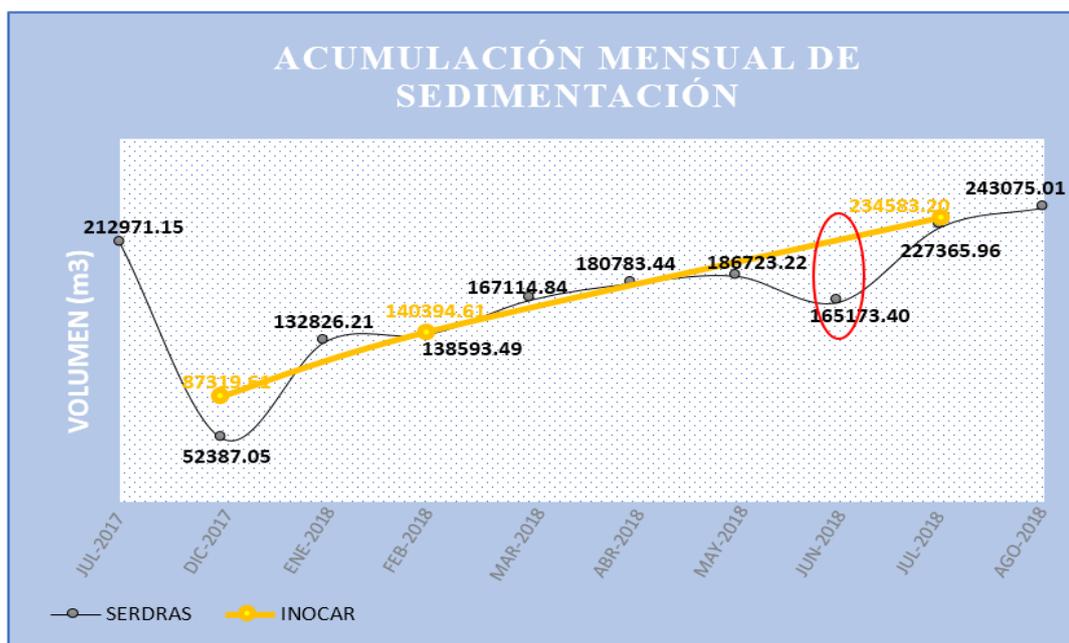


Figura 54 Acumulación de sedimentación antes y después del dragado.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Como se observa en la figura No. 54, con los datos de sedimento acumulado en cada levantamiento batimétrico, podemos identificar que existe variación en cada mes.

En julio del 2017 según la información batimétrica nos muestra que el promedio acumulado de sedimentación en el área es de 212971.15 m³, esta información fue levantada antes de realizar los trabajos de dragado del canal, esta información es tomada como referencia para determinar la variación de sedimento en el monitoreo después de los trabajos de dragado.

A finales del mes de diciembre/2017 inicia el monitoreo con la primera batimetría ejecutada por SERDRA al finalizar los trabajos de dragado, con la información adquirida, el promedio acumulado de sedimentación es de 52387.05 m³, y como parte de fiscalización, INOCAR realiza un levantamiento batimétrico a inicios del mismo mes, obteniendo un acumulado de 87319.61 m³, como comprobación se tiene una diferencia la cual se debe a que ambos levantamientos fueron realizados en fechas diferentes, para lo cual se considera dentro de un margen de aceptación tanto de los trabajos como de la información.

En enero/2018, dentro del monitoreo del área tenemos un acumulado de sedimentación de 132826.21 m³, lo que indica que se generó una re-sedimentación con gran afectación al fondo y al diseño de calado del canal, además podemos indicar que después de terminar los dragados en el área, por efectos de corriente generadas por la marea entre pleamar y bajamar, el canal inmediatamente buscó su equilibrio natural generando esa acumulación masiva de sedimento.

Para el mes de febrero/2018 el acumulado de sedimentación es de 138593.49 m³ dentro del monitoreo de SERDRA y por parte de INOCAR también se registra un levantamiento batimétrico con un acumulado de 140394.61 m³, los valores diferentes son debido a que fueron levantados en días diferentes y configuración propia de cada institución al momento de realizar el trabajo, sin embargo, son aproximados y considerados dentro de un margen de aceptación y calidad de la información. Esta información en comparación al mes de enero nos indica un incremento mínimo lo cual estabiliza el canal en relación al sedimento.

Para los meses de marzo, abril y mayo/2018, dentro del monitoreo realizado se registra un acumulado de sedimentación de 167114.84 m³, 180783.44 m³ y 186723.22 m³ respectivamente, lo que indica que en el canal se generó un incremento

de sedimentación en lo que busca su equilibrio natural, pero afectando en la profundidad y el calado de diseño en el fondo del canal.

En Junio/2018 el acumulado de sedimento del monitoreo es de 165173.40 m³, que indica una socavación pronunciada en el fondo del canal, sin embargo, este valor no es concordante con el secuencial incremento que se registra en los meses anteriores, tampoco hay un historial de información asociado, fenómenos naturales que produzcan este cambio decreciente en el acumulado de sedimento, y por falta de información que valide este cambio o diferentes factores y parámetros que pudieron afectar la recepción de la información, esta no será considerada para el análisis del área, sin embargo, se debe tener presente este registro para futuras investigaciones o debates sobre el tema.

En julio/2018 se registra un acumulado de 227365.96 m³, sin considerar la información del mes de junio, en secuencia se mantiene el incremento de sedimento en el área, el mismo que supera el valor del acumulado antes de realizar los trabajos de dragado, además, INOCAR también realizó un levantamiento batimétrico el mismo que tiene un acumulado de 234583.20 m³ de sedimento, siendo esta como parte comprobatorio de la información levantada en los levantamientos batimétricos realizados por SERDRA.

Para el mes de agosto/2018, el acumulado supera los 240000.00 m³ de sedimento lo que se considera el efecto rebote provocado por la acumulación masiva de sedimento después de realizar la socavación o dragado del área, lo cual es necesario tener en cuenta que una vez que se realiza un trabajo de dragado dentro del canal de acceso en especial considerando las áreas críticas, se deberá mantener un dragado constante además del monitoreo batimétrico para control de profundidad, a fin de mantener el diseño de calado y profundidad requerido para el paso del tráfico marítimo.

3.7.2. Análisis de profundidad registrados en el área de monitoreo.

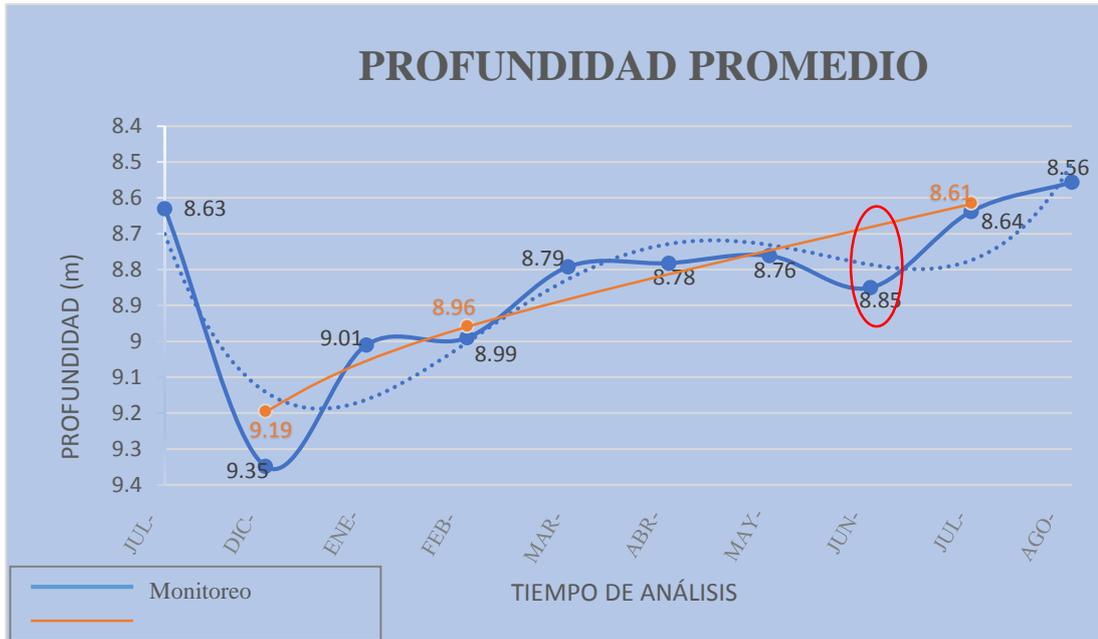


Figura 55 Profundidades promedio del área de estudio – abscisas 57+500 y 59+000.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

La variación de profundidad que se muestra en la Figura No. 55, contempla el monitoreo mediante levantamiento batimétricos realizados desde antes de dragar el canal y 8 meses después de los trabajos de culminados los trabajos de dragado, en julio/2017 se registra la profundidad de 8.63 m, a partir del mismo mes se realizan los trabajos de dragado hasta el mes de diciembre/2017 en la que se ejecuta una batimetría de monitoreo y se muestra la curva que desciende hasta la profundidad de 9.35 m, producto de la excavación de sedimento realizado por las dragas.

En enero/2018 la curva asciende hasta la profundidad de 9.01 m que respondería a la reacción inmediata de la excavación realizada producto del dragado, en febrero la profundidad es de 8.96 m lo que mantiene estable la profundidad y en marzo se registra una acumulación de sedimento afectando con 17 cm en la profundidad, esto se da por efecto de los cambios de marea la misma que produce el arrastre de sedimento ya que es una condición normal que se presenta a diario en el canal además de los agujajes.

A partir de marzo hasta mayo/2018 la curva se estabiliza mostrándonos poca variación en la profundidad, en junio/2018 el registro de la curva es descendente, incrementando la profundidad con 9 cm, pero como se comentó en análisis anteriores,

este comportamiento no es válido por falta de un sustento técnico o información que certifique este cambio.

Siguiendo la curva de mayo, julio y agosto/2018, esta es ascendiente hasta llegar a la profundidad de 8.56 m, que prácticamente es una advertencia total para el paso del tráfico marítimo con embarcaciones que superen un calado de 8.5 m provocando así molestias, retrasos y afectando el directamente al comercio marítimo de ingreso y salida al Puerto Marítimo de Guayaquil.

A fin de certificar la información del monitoreo realizado en el área por SERDRA, también se muestra la curva de los levantamientos batimétricos realizados por el INOCAR como parte de la fiscalización de los trabajos de dragado y verificación de las profundidades, la misma que nos indica la comprobación y valides de la información utilizada para este trabajo de investigación.

CAPÍTULO IV

INFORME FINAL

A través de lo detallado en el Capítulo III, en el presente capítulo, se realizará un análisis comparativo multitemporal del área de estudio en el canal de acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil entre las abscisas 57+500 y 59+000, la misma que esta direccionada al comportamiento sedimentológico del canal, mediante la revisión del monitoreo batimétrico realizado desde diciembre/2017 hasta agosto/2018, a fin de encontrar la afectación y cambios en el fondo del canal con respecto a la presencia de sedimento en el área de estudio.

5.1. Impacto generado por la presencia de sedimento en el tiempo.

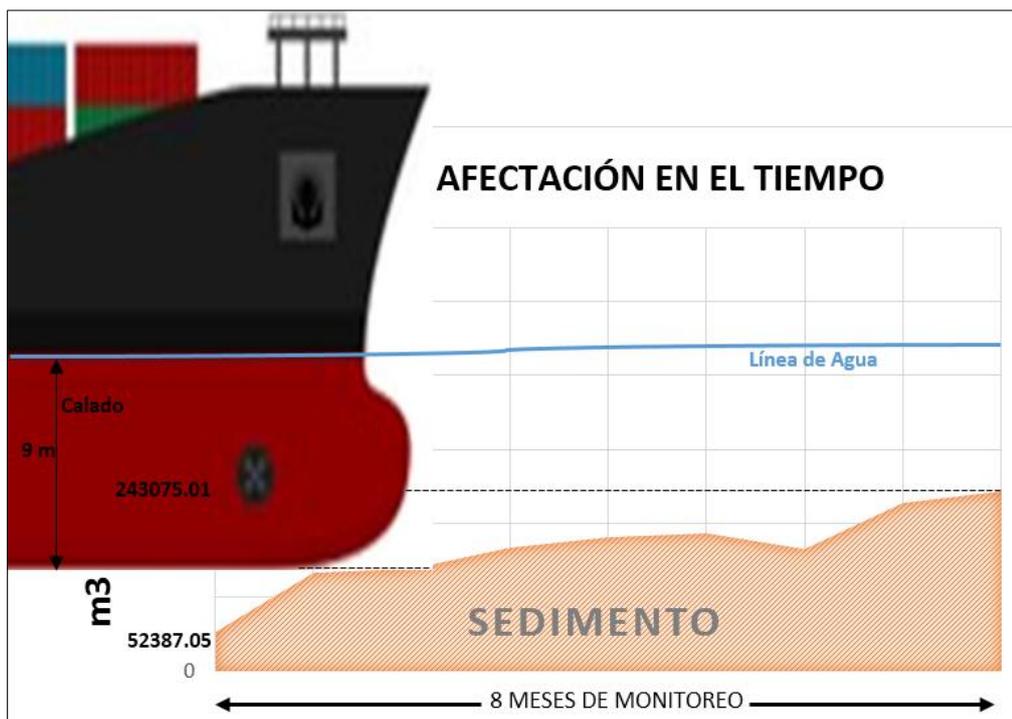


Figura 56 Incidencia del sedimento en el tiempo.
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la figura No. 56, se proyecta la incidencia de la sedimentación que se acumula al pasar el tiempo dentro del monitoreo batimétrico realizado con este fin, para lo cual se tiene como ejemplo el diseño de un buque mercante de 9 metros de calado, tomando en consideración el ingreso del mismo por el canal con su diseño normal de 9.60 metros de profundidad partiendo del MLWS.

Considerando que en 8 meses en el área de análisis, la acumulación de sedimento superó el acumulado que tenía antes de realizar el dragado debido a la dinámica del estero, este cobra su condición natural inicial y como se muestra en el grafico en el primer mes de haber terminado el mantenimiento de dragado se nota gran acumulación de sedimento, esto se debe a que los trabajos de excavación de la draga deja inestable los talud del canal los cuales sufren gran erosión por la corriente debido a los constantes cambios de marea propios del lugar.

La afectación por la presencia del sedimento en el canal ya se observa desde el primer mes de terminado el dragado lo cual se tiene una profundidad de 9.01 metros, para lo cual no es recomendado el ingreso de embarcaciones con ese calado o mayores en bajamar, para ello las embarcaciones deberán coordinar y establecer su ingreso en marea alta lo que se ha estado realizando siempre a fin de precautelar la seguridad a la navegación.

Es una limitante el ingreso y salida con marea alta a los buques mercantes con calado superior a 9 metros, ya que estos deberán coincidir su tránsito en esas condiciones lo cual genera retrasos en sus arribos a puerto, descarga y carga de contenedores, el permanecer mayor tiempo atracado al muelle que también implica costos adicionales, además de impedir el ingreso de buques mercantes que deben esperar en el área de cuarentena hasta obtener la disponibilidad de espacio en el muelle para la desembarco de la carga.

5.2. Tasa de sedimentación registrada en el área de estudio.

En la Tabla No. 18 se presenta las tasas de sedimentación generado en el monitoreo realizado. Tomando como batimetría de partida, la ejecutada en el mes de julio/2017, la misma que se realizó antes del dragado del canal y el inicio del monitoreo

batimétrico después del dragado, con la batimetría del mes de diciembre/2017, siendo esta la primera del control de sedimento hasta agosto/2018.

Tabla 18
Tasa de Sedimentación.

AÑO	MES	VOLUMEN DE		
		SEDIMENTO m3	TDA	TDA ACUMULADO
2017	julio	212971.15	0.0%	100.0%
DRAGADO DEL CANAL				
	diciembre	52387.05	-96.55%	3.45%
	enero	132826.21	-61.10%	38.90%
	febrero	138593.49	-47.50%	52.50%
2018	marzo	167114.84	-27.62%	72.38%
	abril	180783.44	-17.85%	82.15%
	mayo	186723.22	-13.37%	86.63%
	junio	165173.40	-22.44%	77.56%
	julio	227365.96	-6.22%	106.22%
	agosto	243075.01	12%	112%

Elaborado por: Cusquillo (2021)

Las tasa de sedimentación acumulado del área de estudio entre el mes de julio y diciembre/2017, es del 96.55% de eficiencia debido a los trabajos de mantenimiento de dragado efectuado por el Servicio de dragas (SERDRA), mientras que a partir de la batimetría ejecutada en enero/2018 se efectúa un crecimiento en el acumulado de sedimentación según la tasa de sedimentación, esto debido a la erosión por las rompientes de los talud ocasionados por el dragado, sin embargo, a partir de febrero se registra un incremento del sedimento equilibrado cada mes.

En junio/2018 se registra una socavación exagerada en el centro del fondo del canal, este cambio brusco registrado no tiene antecedentes que respalden mencionado cambio, tampoco monitoreo batimétricos anteriores o por deficiencia en el procesamiento de la información, sin embargo, esta dentro del monitoreo de esta investigación, lo cual deberá ser considerado como un antecedente para un futuro control de anomalías a fin de conocer mencionado comportamiento. Para el mes de julio y agosto se observa un incremento notable de sedimento donde la tasa supera el

100% en referencia a la batimetría base realizada antes de iniciar los trabajos de dragado del canal.

De acuerdo al análisis realizado del monitoreo efectuado en el canal entre las abscisas 57+500 y 59+000, considerando las variaciones tanto en acumulación y tasa de sedimentación según la Tabla No. 18, se observa que desde el primer mes de monitoreo batimétrico, la presencia de sedimento ya afecta en el diseño del calado del canal con una tasa de sedimentación variable mensual donde el canal busca su equilibrio natural del fondo con un periodo de retorno de 7 meses en el cual supera su situación normal inicial, además si registramos el incremento de sedimento en el área de estudio durante el monitoreo, se podría establecer una tasa de sedimentación del 14% mensual, por efecto el dinámico del estero de mantener su equilibrio natural, este vuelve con mayor afectación.

5.3. Comportamiento y variación del fondo del canal.

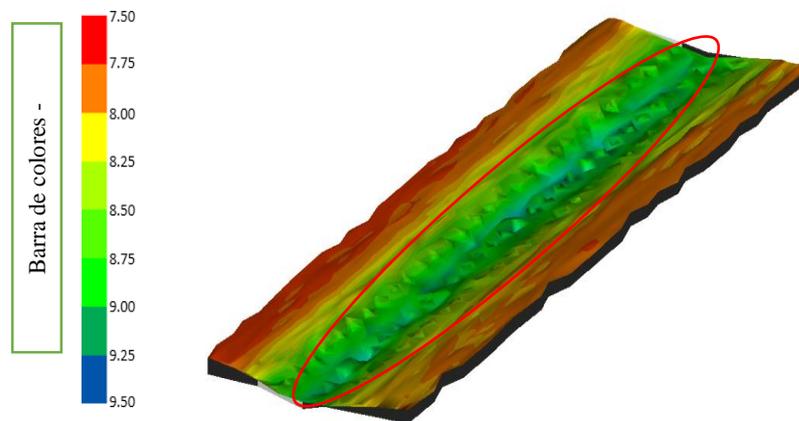


Figura 57 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – diciembre/2017
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 57, nos muestra el fondo del canal de la batimetría correspondiente al mes de diciembre/2017, en esta batimetría siendo la primera del monitoreo después del dragado del canal, se observa en el canal según la barra de colores, que este no cumple con la profundidad de 9.6 m que es la requerida, además de la presencia de sedimento tanto en el centro y con mayor volumen en sus extremos.

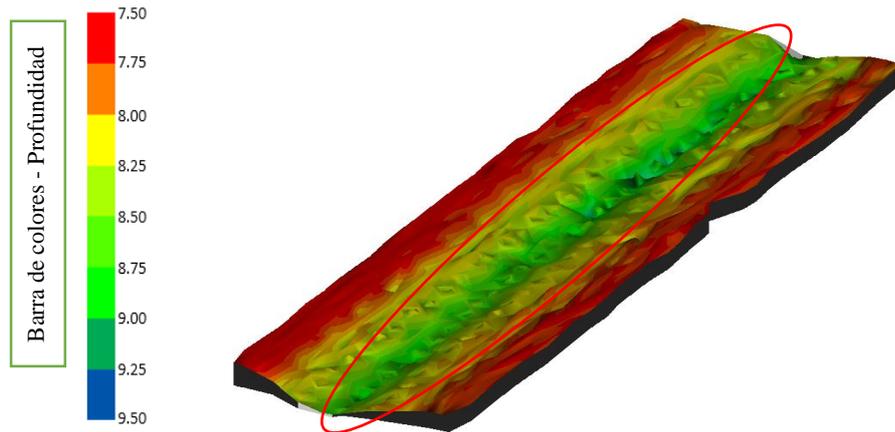


Figura 58 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – enero/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 58 es más evidente el ingreso de la sedimentación de ambos extremos en el fondo del canal con mayor aporte en el extremo izquierdo y en el centro del canal, está básicamente re sedimentado en ambos extremos, en esta segunda batimetría después del dragado, es notorio la rapidez con la que se desplazó el sedimento hacía el centro del canal en comparación al mes anterior.

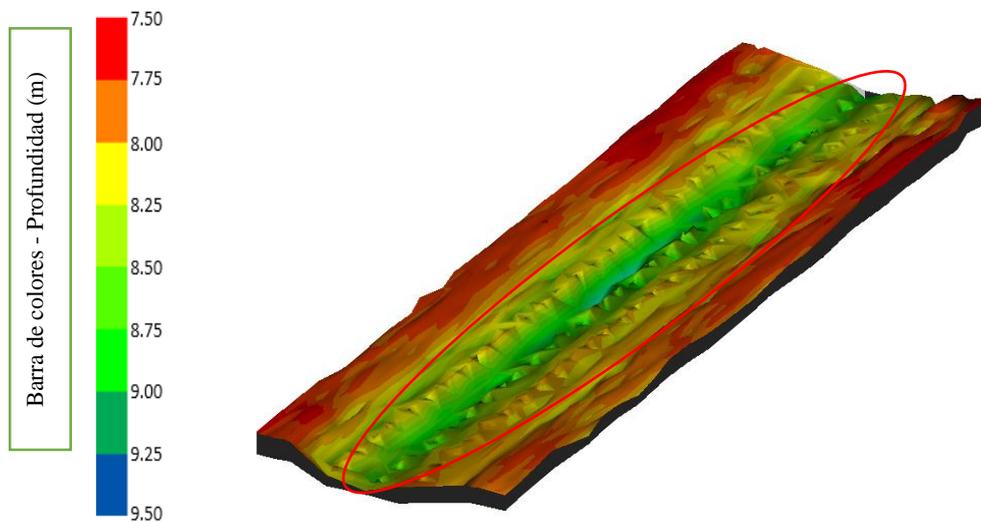


Figura 59 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – febrero/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 59 se aprecia una ligera dispersión o desplazamiento del sedimento en todo el canal, sin embargo, además de cambios ligeros con muros de sedimento en el centro lo que se establece que entre el mes de enero y febrero/2018 en el fondo del canal este se estabilizó manteniendo un equilibrio.

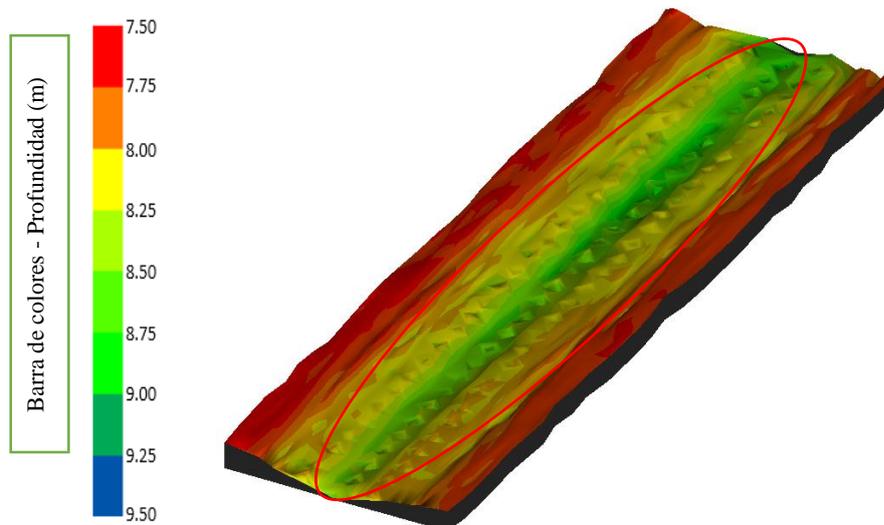


Figura 60 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – marzo/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 60, los extremos del fondo del canal se ven enmarcados con la acumulación del sedimento, mientras que en el centro las variaciones de sedimento son variables y mínimas, sin embargo, existe el incremento de sedimento en el área.

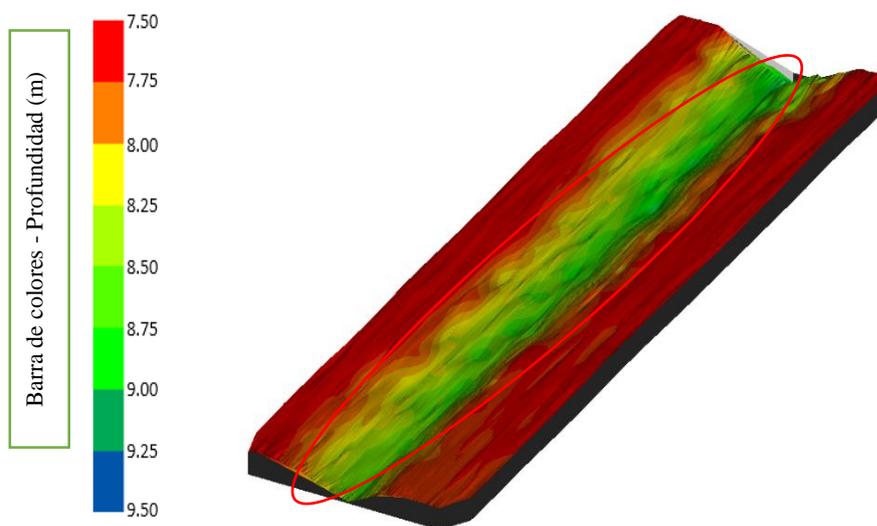


Figura 61 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – abril/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 61 para el mes de abril en los extremos del canal se observa el asentamiento de sedimento en mayores cantidades, también el ingreso del sedimento al centro del canal es constante y se aprecia más en la parte inferior, haciendo que esto afecte directamente el diseño del canal.

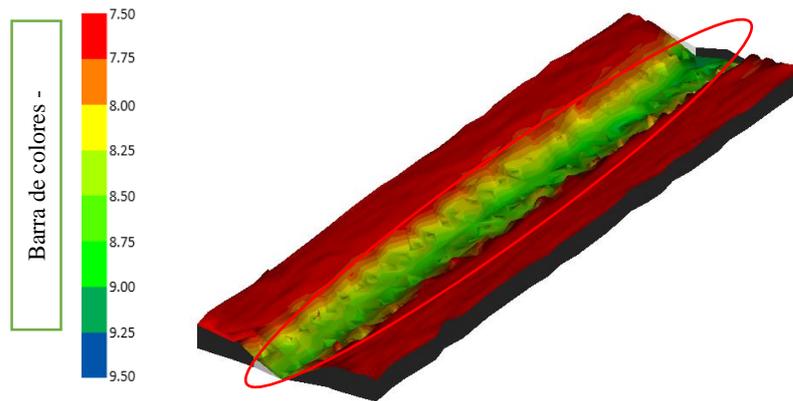


Figura 62 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – mayo/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 62 correspondiente al mes de mayo, en los extremos del canal se incrementa el asentamiento de sedimento en relación al mes pasado y en el centro se aprecia la formación de un talud más pronunciado y el incremento en el acumulado de sedimento se mantienen en la secuencia del monitoreo mensual afectando al diseño y la profundidad del canal.

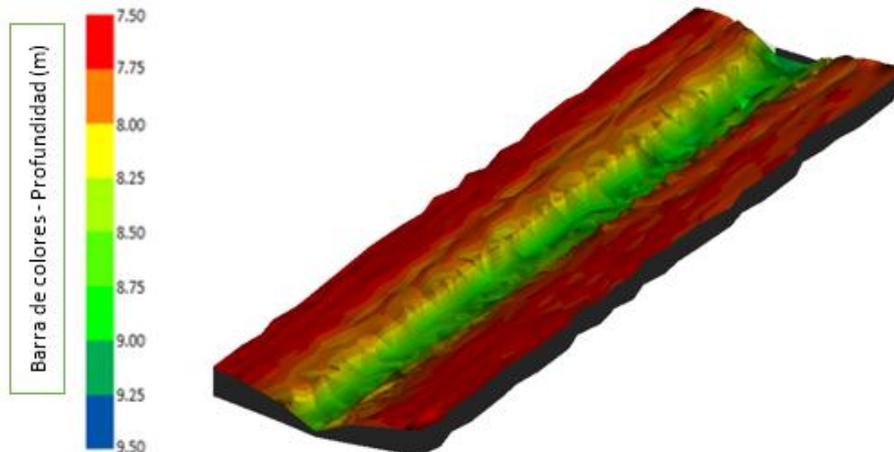


Figura 63 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – junio/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

Para el mes de junio/2018, observamos cambios considerables en relación a los meses anteriores, una socavación en el fondo del canal y el desplazamiento del sedimento hacia los extremos del canal, este cambio pronunciado no tiene explicación acertada debido a la falta de información o registro asociados al evento.

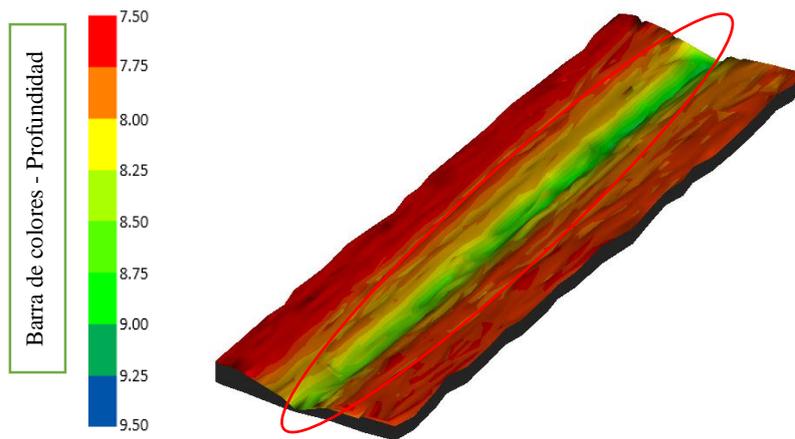


Figura 64 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – julio/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En el mes de julio/2018 como se muestra en la figura No. 63, se observa mayor presencia de sedimento en los extremos e incluso en el centro del canal, en esta batimetría el modelo nos muestra una situación en que la acumulación de sedimentación ya ha sido superada a su condición inicial antes de empezar con los trabajos de dragado el canal.

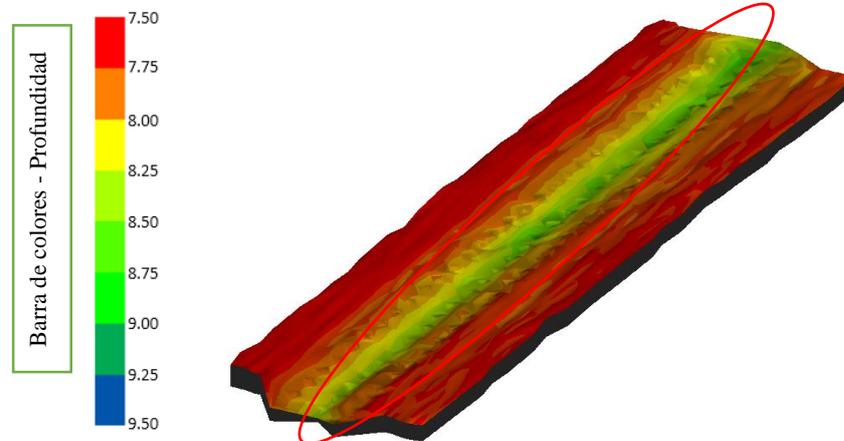


Figura 65 Modelo tridimensional abscisa 57+500 a 59+000 – agosto/2018
Elaborado por: Cusquillo (2021)

En la Figura 65 se muestra el modelo del mes de agosto/2018 en su última batimetría realizada como monitoreo después de los trabajos de dragado del canal, en el cual podemos apreciar que básicamente en todo del fondo del canal, se ha generado una re sedimentación, lo cual afecta al diseño de calado en el fondo y la profundidad del canal.

En los modelos 3D presentados se observa que se mantiene una socavación en el centro a lo largo del canal, esto es debido al tráfico marítimo de ingreso y salida de embarcaciones lo cual mantienen esa forma por el efecto generado de su sistema de propulsión (el giro de las hélices), que en parte también arrastran el sedimento ocasionando afectaciones en el fondo del canal.

5.4. Discusión final de la investigación.

Este trabajo de investigación tiene como referencia un calado de diseño de 9.6 m, el mismo que permite el ingreso de embarcaciones con un calado promedio de 9 m sin restricciones y de calados de 9.6 m tomando en consideración su ingreso y salida con marea (pleamar), este tipo de embarcaciones con una capacidad de carga entre 1000 a 2000 TEUs (contenedores), sin embargo, por la re sedimentación y afectación a la profundidad registrada en el monitoreo, esto no se puede cumplir por las bajas profundidades presentadas en el canal.

Para mantener las profundidades requeridas en el canal, en especial las áreas críticas, es necesario el constante mantenimiento de dragado, así como también los controles de profundidad mediante levantamiento batimétricos a fin de mantener la seguridad a la navegación y el ingreso y salida de las embarcaciones portacontenedores quienes movilizan el comercio por la vía marítima para la ciudad de Guayaquil y el Ecuador.

En el año 2019 se realizó un redimensionamiento y dragado a profundidad de todo el canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, esto debido a la alta demanda en el comercio marítimo, el mismo que comprende un ancho en el fondo del canal de 160 en las rectas y 170 metros en las curvas y un calado de diseño de 12 m, a fin de permitir el ingreso y salida de embarcaciones de mayor calado (hasta 11.6 m de calado) conocidos como barcos PANAMAX con capacidades promedio de 10000 TEUs.

El incremento del calado de diseño en el canal de acceso es importante para el ingreso de barcos PANAMAX que permite desarrollar eficientemente el comercio marítimo a fin de solventar las necesidades a nivel nacional, sin embargo, existe la problemática de la re sedimentación y seguirá demandando costos elevados por

concepto de mantenimiento del canal, debido al constante dragado que se debe realizar a lo largo del mismo a fin de evitar la pérdida de la profundidad requerida.

CONCLUSIONES

Mediante el monitoreo batimétrico después de haberse efectuado el dragado en el tramo de análisis, se detecta la acumulación inmediata de sedimento y afectando la profundidad del calado de diseño en el canal de Acceso entre las abscisas 57+500 y 59+000, sector crítico, se presenta la re sedimentación constante después de dejar de dragar en el canal hasta 8 meses aproximadamente que este busca su equilibrio natural volviendo a su condición inicial y aun con mayor acumulación de sedimento registrado en julio/2017, antes de efectuarse el dragado en el área.

La tasa de sedimentación es variable, de acuerdo a los resultados de la tabla No. 18 tomando en cuenta que el área de análisis es considerada como un sector crítico con el 12.6%, interpretándose este valor como una tasa de sedimentación mensual elevada que perjudica con rapidez la profundidad del canal, lo que demanda el mantenimiento constante de dragado del sector ya que este busca sus condiciones de equilibrio natural por efecto de la condición dinámica del Estero.

A través de los modelos 3D TIN se aprecia que el sedimento también se desplaza desde los extremos hacia el centro del canal formando bancos de sedimento y taludes momentáneos, que podrían afectar al paso de embarcaciones que, en su ingreso y salida del Puerto, circulen al límite del calado de diseño.

El diseño de dragado no se cumple de forma eficiente por la condición dinámica permanente del sector, ya que las secciones transversales de los levantamientos batimétricos analizados después de efectuarse el dragado, no se mantienen estables por mucho tiempo causando la pérdida de profundidad y el ancho del canal de navegación.

Otros factores que ayudan a la re sedimentación de forma acelerada, es también el aporte de sedimento de los canales naturales como: Estero Grande y Estero Corvino y canales de comunicación entre el Estero Salado y el Río Guayas, las corrientes y las mareas por la acción del flujo y el refluo y el ingreso y salida de embarcaciones navieras.

RECOMENDACIONES

Para evitar la rápida sedimentación en el área es necesario incentivar el estudio y análisis de estabilidad de taludes en las áreas críticas, a fin de establecer un diseño adecuado de la configuración del canal con dimensiones y taludes apropiados que evite la erosión y el derrumbe instantáneo del sedimento, además, de analizar las aportaciones de sedimento provenientes de los Esteros que se encuentra interconectados al Estero Salado y canales de comunicación con el Rio Guayas.

A fin de mantener la profundidad requerida para el libre tránsito marítimo y seguridad a la navegación, es necesario continuar con un plan de mantenimiento de dragado constante y de ser necesario efectuar los dragados a profundidades mayores para evitar la formación de bancos de sedimento que pueden ser perjudiciales para la navegación.

Revisar y analizar información histórica efectuados a lo largo de la barra interna del canal de acceso a Puerto de Guayaquil, direccionados a investigar posibles factores externos, anomalías o fenómenos en el estero Salado, que puedan causar acumulación o socavación desmesurada de sedimento en las áreas críticas, además de la verificación y comparación de la información recopilada en este tipo de trabajos para mayor certeza y afirmación de la realidad.

Gestionar y dotar de maquinaria e infraestructura repotenciada con capacidades mayores destinadas a trabajos de dragado dentro de las instituciones competentes en el país, a fin de que se permita cumplir con los trabajos de diseño de dragado necesarios para la seguridad a la navegación, además que puede generar plazas de trabajo dentro del marco de competencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Editora Nacional.
- Benitez. (1974). Mapa del Delta del Río Guayas. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Consejo Supremo de Gobierno. (1976).
Ley de Régimen Administrativo Portuario Nacional . Quito.
- DIGMER. (2002). *Reglamento de Operaciones Portuarias de Autoridad Portuaria* . Guayaquil: DIGMER.
- Escalante, R. (Marzo de 2015,2017). Ingeniería de dragado. Buenos Aires.
- Garzón, G. (2018). *Estudio de las condiciones actuales, mediante mediante levantamiento batimétrico del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil*. Guayaquil:
- Geoestudios, y Consulsua. (Diciembre de 2011). Determinación de la Tasa de Sedimentación. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- González, A., Acosta , J., y Andrade, S. (2008). *Evaluación de las inundaciones de la cuenca baja del Guayas, datos y manejo*. Quito.
- Hueveldop, J. (1986). Agroclimatología tropical. Uned.
- HYPACK, I. (01 de Noviembre de 2019). *HYPACK*. Obtenido de <http://www.hypack.com/>
- ICTSL. (s.f.). *Instrumentación Científica Técnica*. Recuperado el 05 de 2121, de <http://www.ictsl.net/productos/aparatos/anemometrodecucharasdigitala420.html>
- Idrovo, C. (2016). Retroanálisis para definir parámetros de resistencia, para estabilidad de taludes del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, entre las abscisas 56+300 y 58+500. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- INOCAR. (2021). *Instituto Oceanográfico de la Armada*. Recuperado el 05 de 2021, de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php>
- Instituto Oceanográfico de la Armada. (2015). *Factores que afectan al dragado del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil*. Investigativo, Guayaquil.
- Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada. (2020). *Tabla de mareas y datos astronómicos del sol y la luna 2020*. Guayaquil.

- Licanqueo, W. (2016). Estudio experimental del transporte de sedimentos finos en un canal con lecho de grava. Santiago, Chile.
- M.I. Municipalidad de Guayaquil. (2018). *Ordenanza que autoriza y regula en los aspectos fundamentales de la delegación al gestor privado del dragado de profundización del Canal de Acceso de las Terminales Portuarias Marítimas y Fluviales, Públicas y Privadas de Guayaquil*. Guayaquil.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2016). *Normas que regulan los Servicios Portuarios en el Ecuador*. Guayaquil: Lexis.
- Morales, C., y Soplín, J. (2014). El transporte fluvial y la navegabilidad de los ríos Huallaga, Marañón, Ucayali y Amazonas. Perú.
- Murdolo, J. (2019). *Proyecto de saneamiento hidráulico de desagües pluviales*. Berisso.
- Nakagama, H., y Nezu, I. (1993). *Turbulence in Open-Channel Flows*. Balkema.
- OHI. (2019). IHO standards for Hydrographic Surveys. *Publicación S32*.
- P.I.A.N.C. (Asociación Mundial de Infraestructura del Transporte Acuático). (1990). *Clasificación de los Suelos y Rocas a ser Dragados*. Bruselas.
- PIANC. (2014). *La Asociación Mundial de Infraestructura de Transporte Acuático*. Puerto de Portsmouth, Reino Unido: PIANC.
- Pourrut, P., y Pouyaud, B. (1995). *El agua en el Ecuador : clima, precipitaciones, escorrentia*. Quito (ECU): Corporación Editora Nacional.
- Presidencia de la República. (1965). *Ley de la Autoridad Portuaria de Guayaquil*. Quito: Lexis.
- Presidencia de la República. (2010). *Código Orgánico Organización Territorial*. Quito: Lexis.
- Presidencia de la República. (2015). *Decreto 723 Designense competencias, atribuciones y delegaciones al Ministerio de Transporte y Obras Públicas y Ministerio de Defensa Nacional*. Quito: Presidencia de la República.
- Presidente de la República. (14 de 07 de 2008). Decreto ejecutivo No. 1201. *Publicado en el Registro Oficial No. 389*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ramirez, J. (2017). *El dragado del canal al Puerto de Guayaquil y su incidencia en las operaciones de comercio exterior*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

- Registro Oficial N. 133. (2013). *Expiden las Normas para la prestación de servicios portuarios y ejecución de actividades dentro de Entidades Portuarias o sus Delegatarios, y Terminales Portuarios*. Guayaquil: Ediciones Legales, 2013.
- Roa, L. M., y Parra, S. (2016). Optimización de los procesos de dragado - aplicación Río Magdalena Colombia. Bogota, Colombia.
- Salmerón, D. (2017). Simulación física y numérica del depósito de sedimentos a la entrada de un embalse. Mexico.
- Sánchez, A. (2014). Análisis de la Influencia Económica del Puerto Marítimo de Guayaquil Libertador Simón Bolívar, durante los últimos diez. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- SERDRA, S. d. (2018). *Informe Multitemporal 2018 sector III*. Guayaquil: Pr.
- Servicio de Dragas. (2017). *Informe Multitemporal de dragado en la zona III*. de investigación, Guayaquil.
- Tapia Hinojosa, J. G. (2014). *Proyecto de Dragado para la rehabilitación del Canal Navegable del Río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil en base de estudios Multitemporales*. Guayaquil.
- Tapia, J. C. (2012). *Modelización hidrológica de un área experimental en la cuenca del Río Guayas en la producción de caudales y sedimentos*. La Plata, Argentina.
- Torres, J. (2016). *Análisis Multitemporal Del Comportamiento Del Canal De Acceso Al Puerto Marítimo De Guayaquil Por Efecto De La Presencia De Un Bajo Fondo Entre Las Abscisas 13+ 000 Y 14+ 500, Sector Los Goles*. Guayaquil.
- Zambrano, J. (Enero de 2015). Estimación de la producción y transporte de sedimentos en cuencas urbanas pequeñas a escala de eventos mediante un modelo de base física basado en SIG. Barcelona, España.

ANEXOS

Anexo 1 Abreviaturas

INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada

SERDRA: Servicio de Dragas

INAHMI: Instituto Nacional de Historia Marítima

PIANC: Asociación Internacional Permanente de Congresos de Navegación.

APG: Autoridad Portuaria de Guayaquil

OHI: Organización Hidrográfica Internacional

MLWS Mean Low Water Springs (Nivel medio de bajamares en Sicigia)

MLLW Mean Lower low Water (Nivel medio de bajamares más bajas)

MSL Mean Sea Level (NMM, Nivel Medio del Mar)

BM: Boya de Mar

CH: Cero Hidrográfico

ZCIT: Zona de Convergencia

WGS-84: World Geodetic System 1984

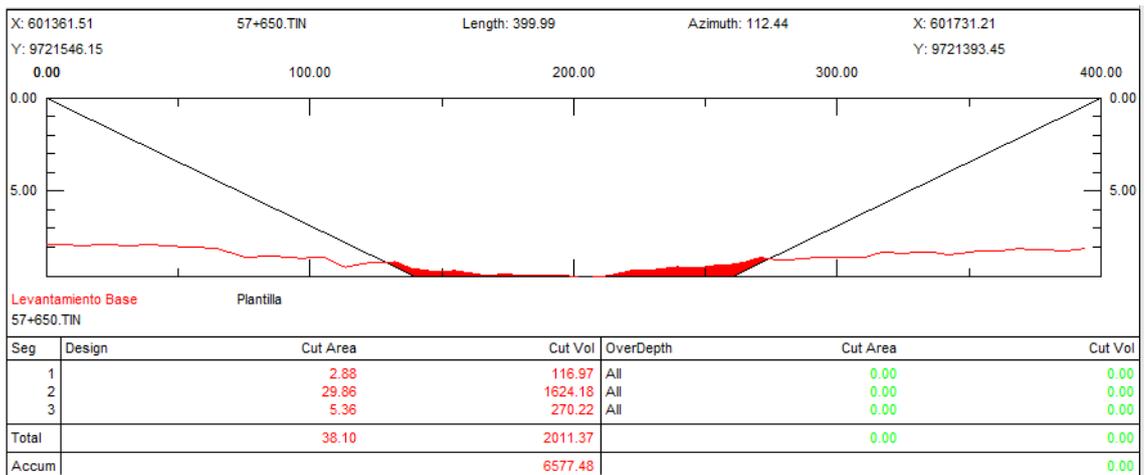
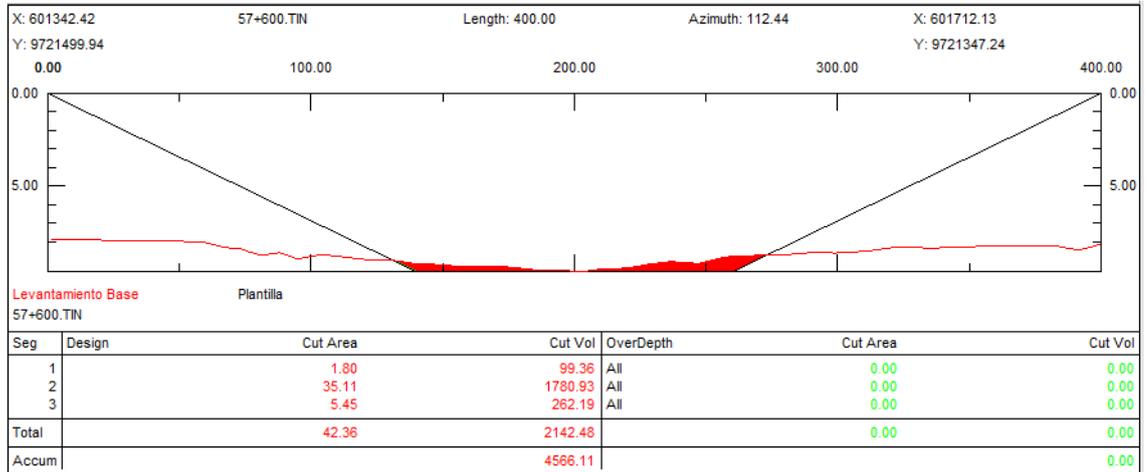
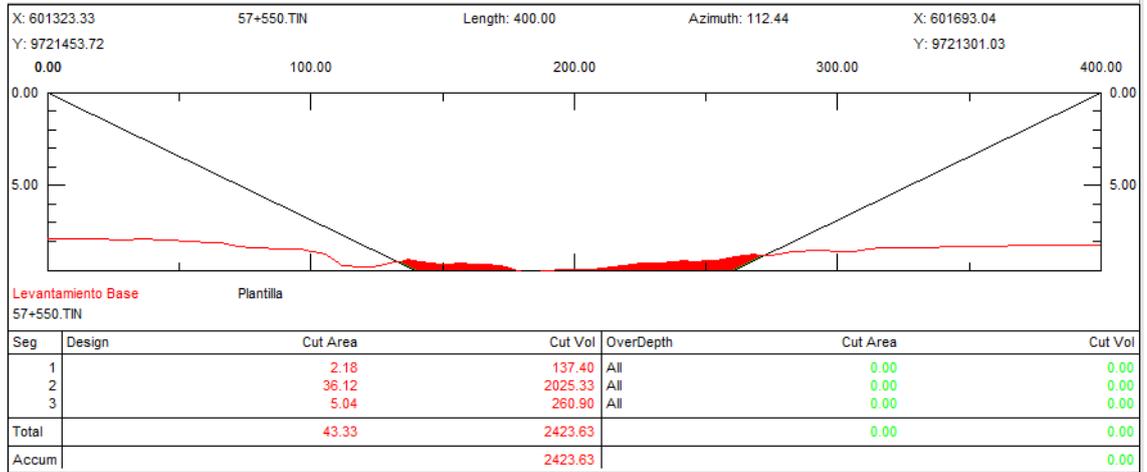
MODELO TIN: Modelo (Red Irregular Triangular)

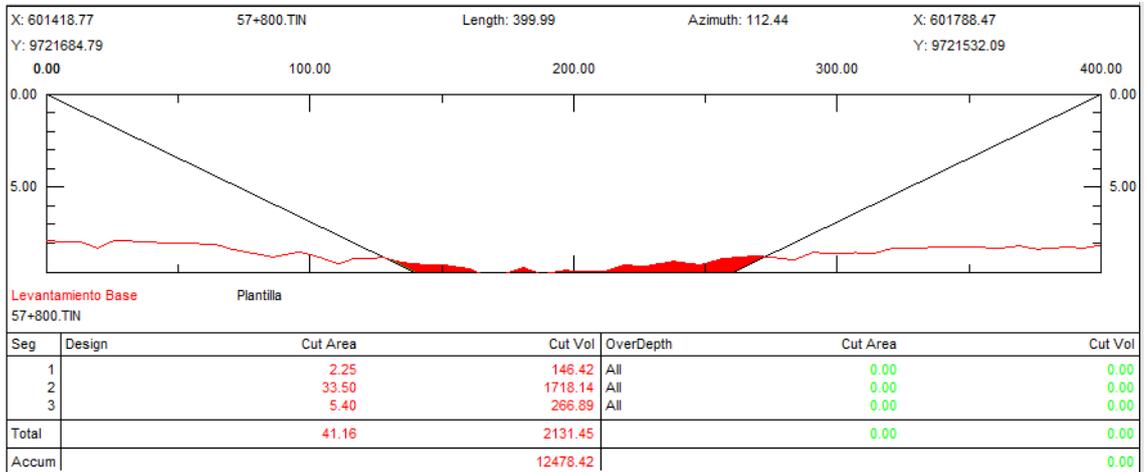
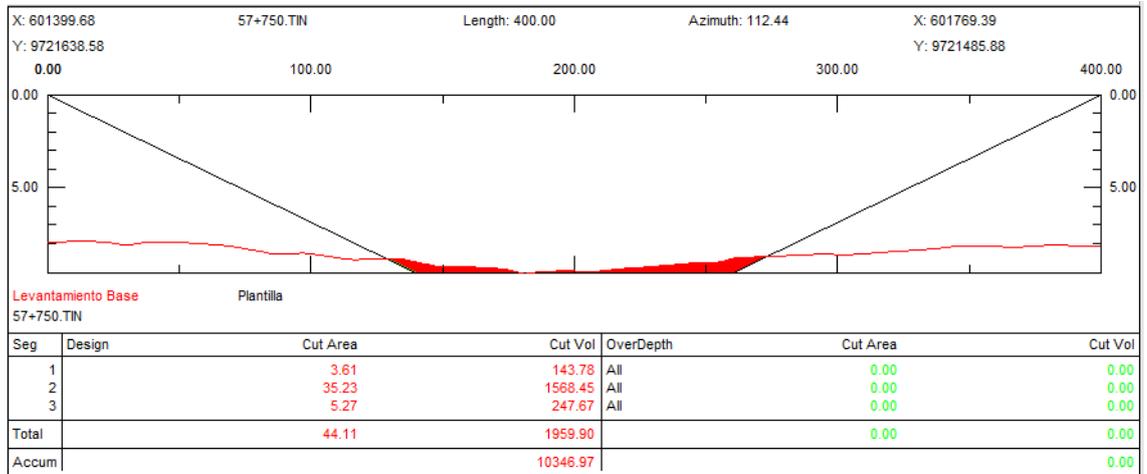
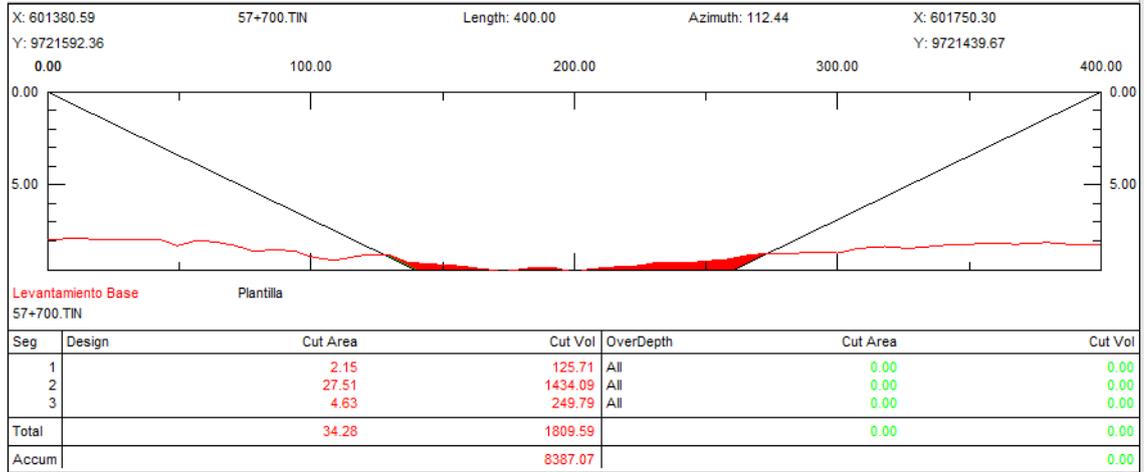
MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Publicas

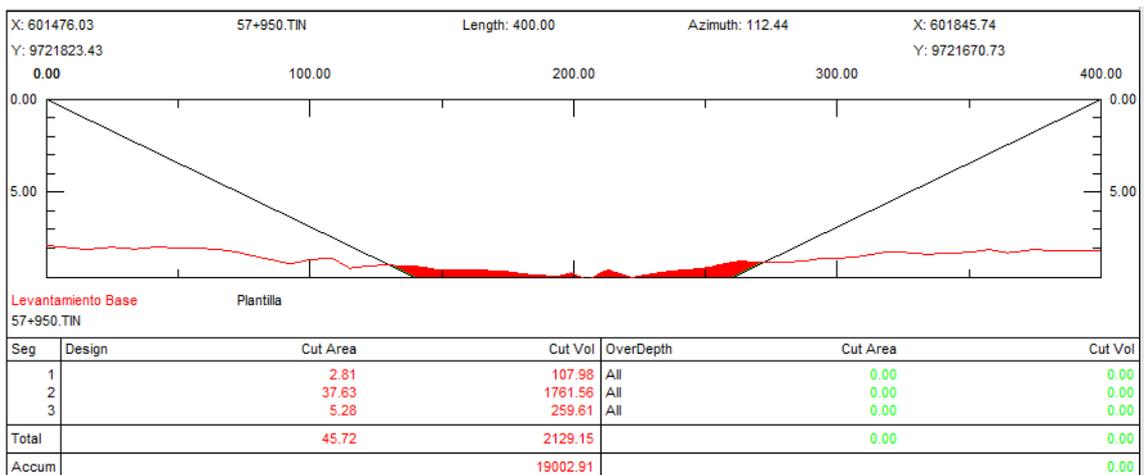
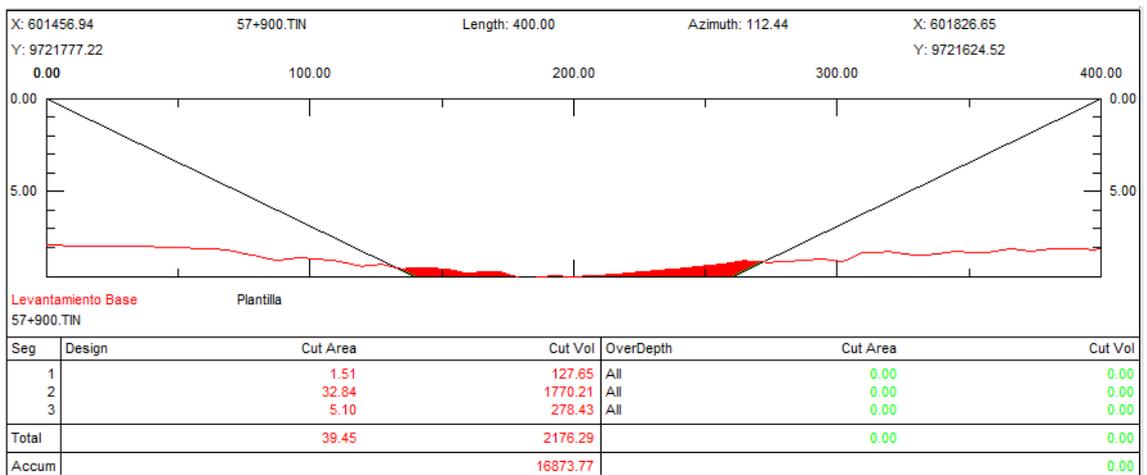
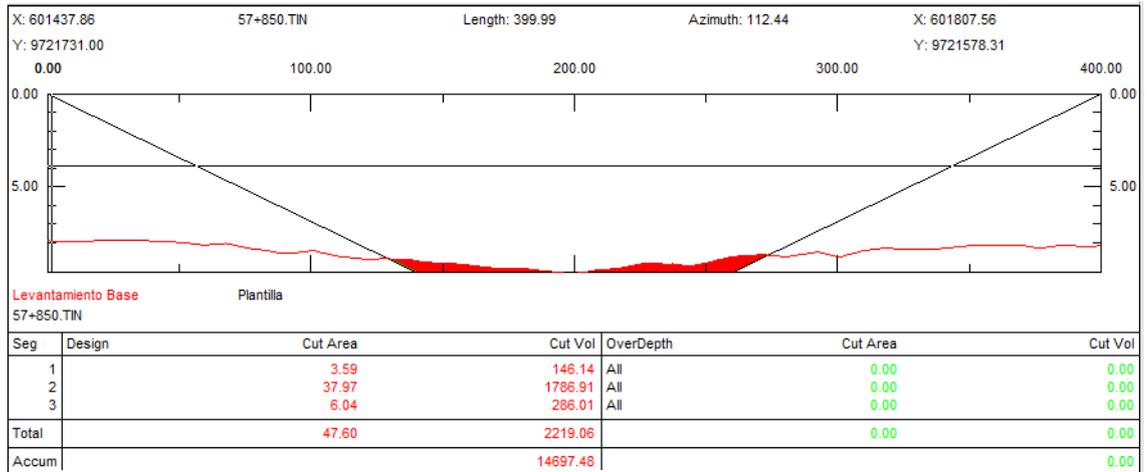
COOTAD: Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y
Descentralización

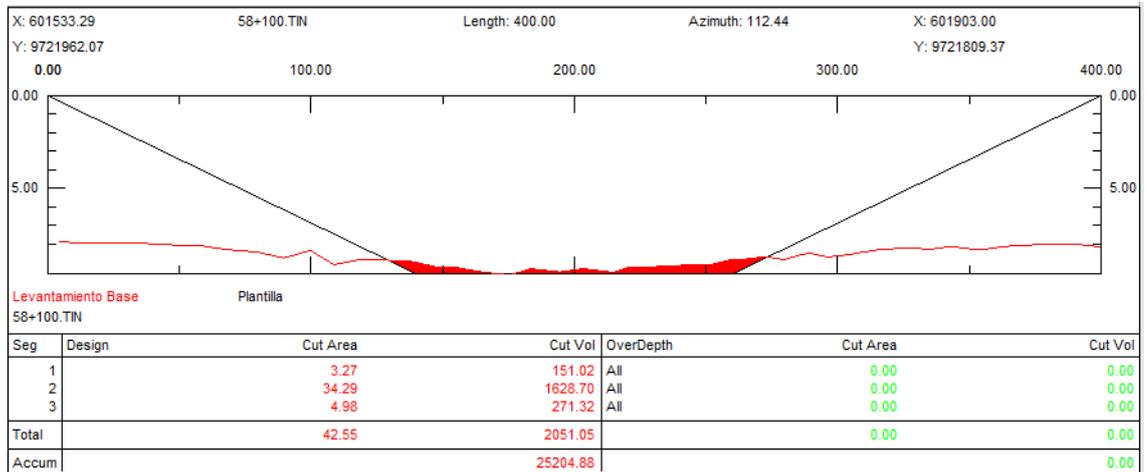
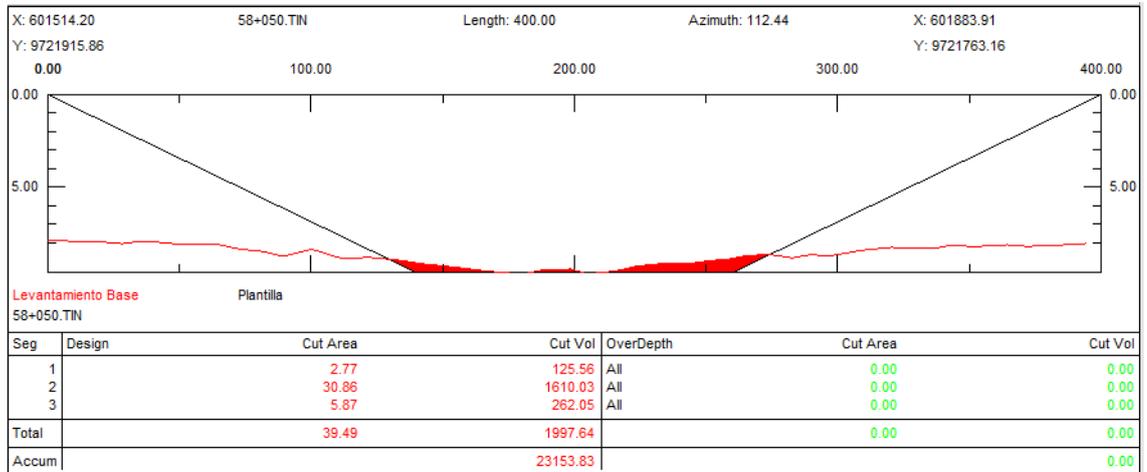
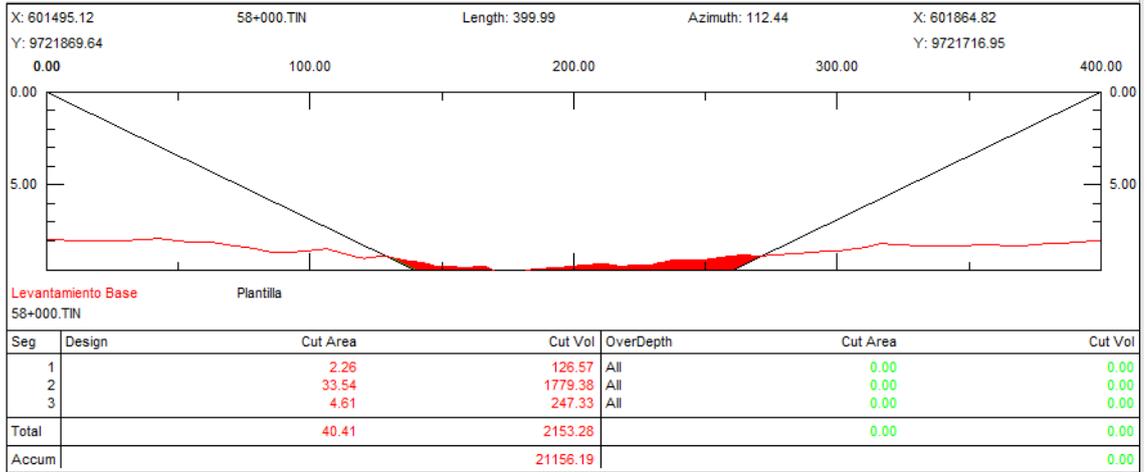
Anexo 2 Secciones transversales del monitoreo batimétrico ejecutado

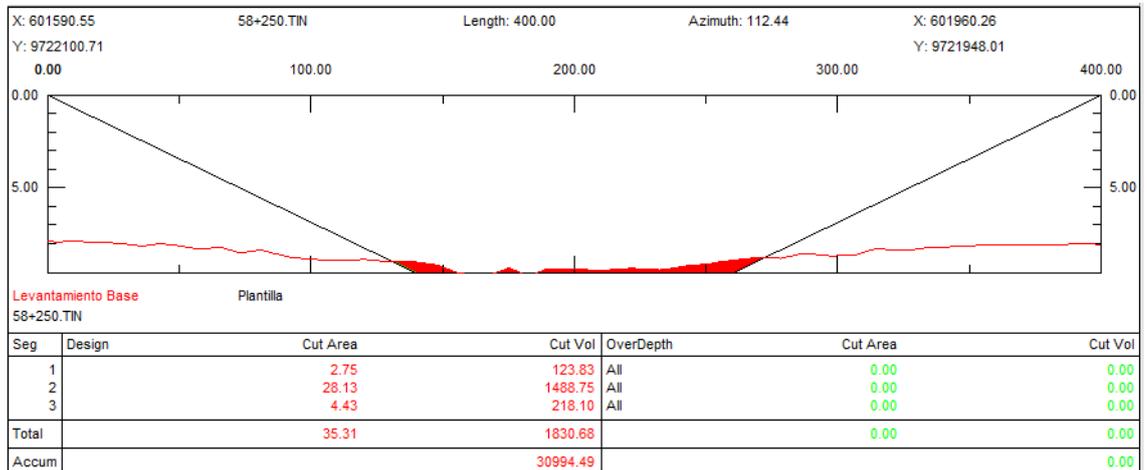
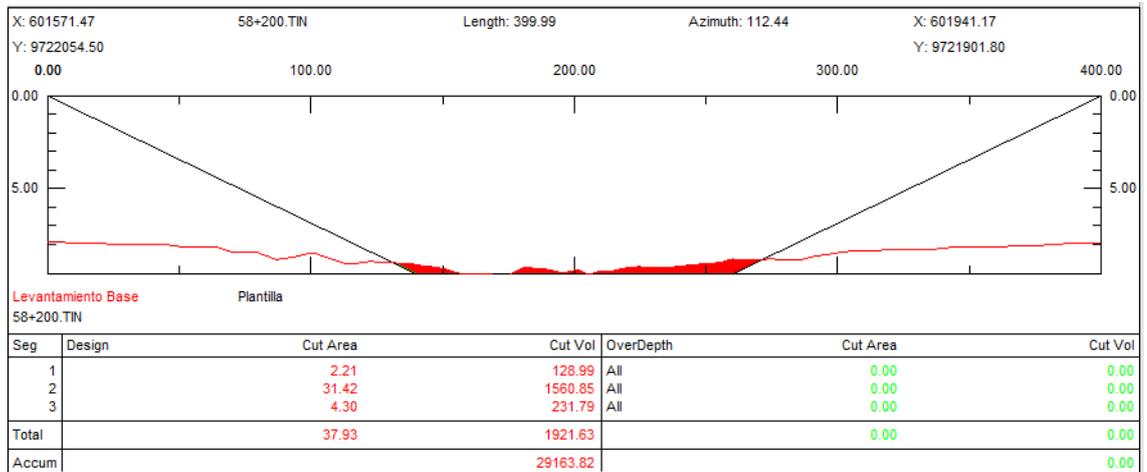
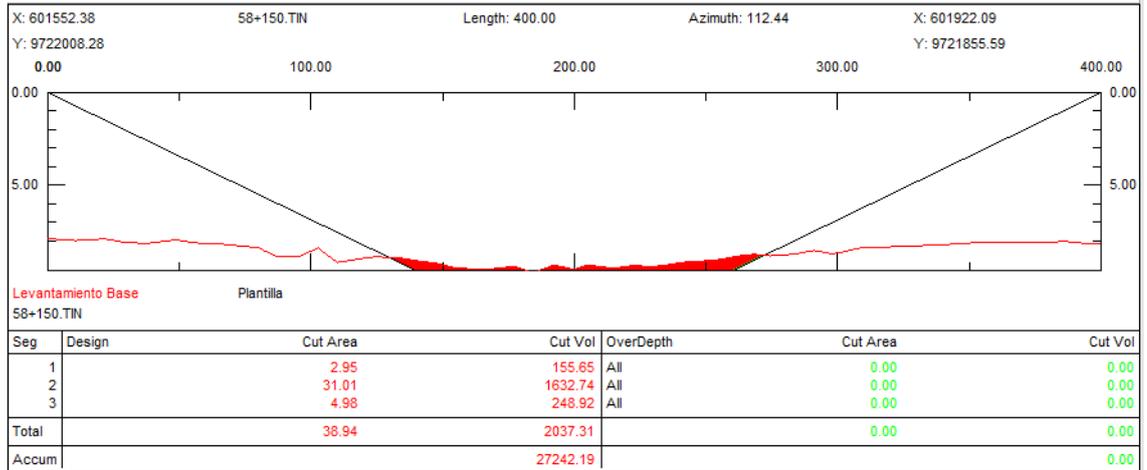
BATIMETRIA DICIEMBRE/2017

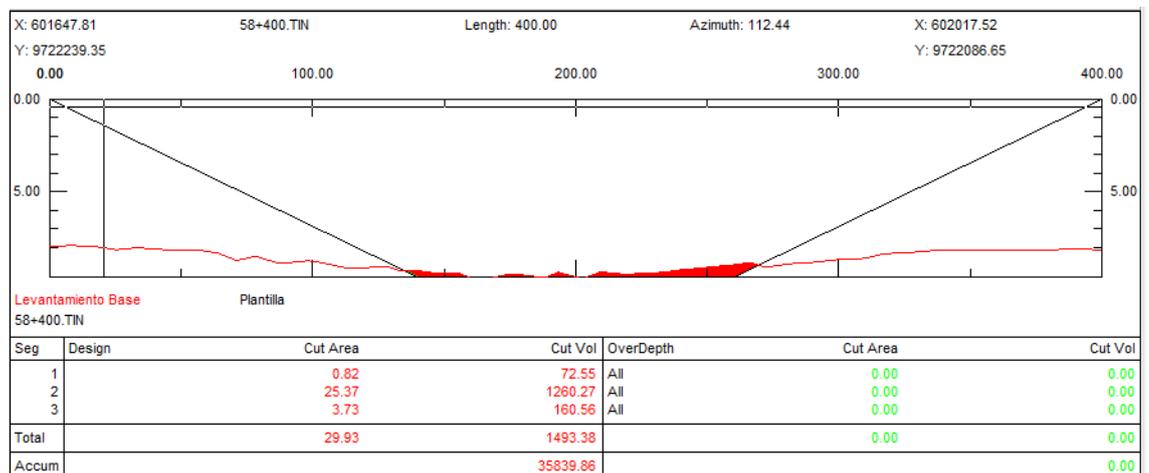
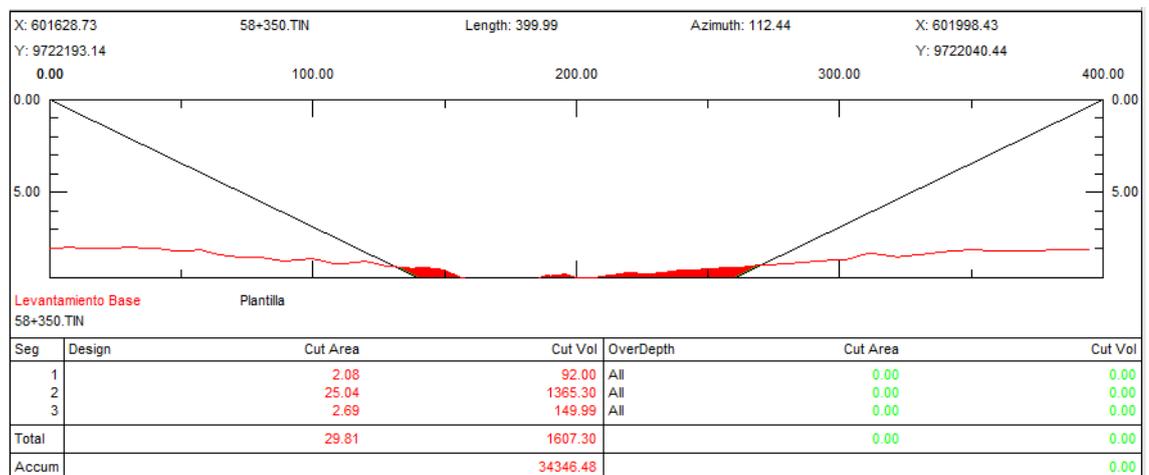
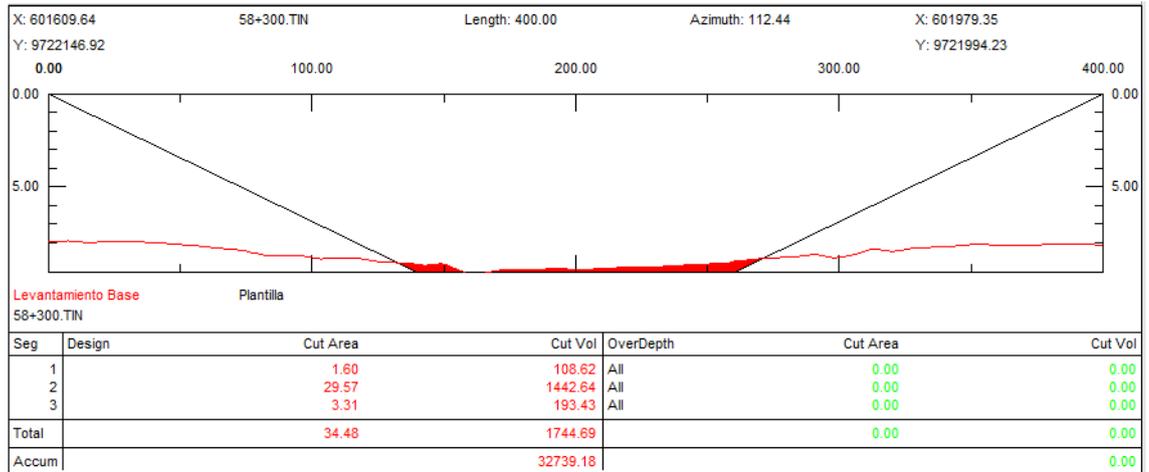


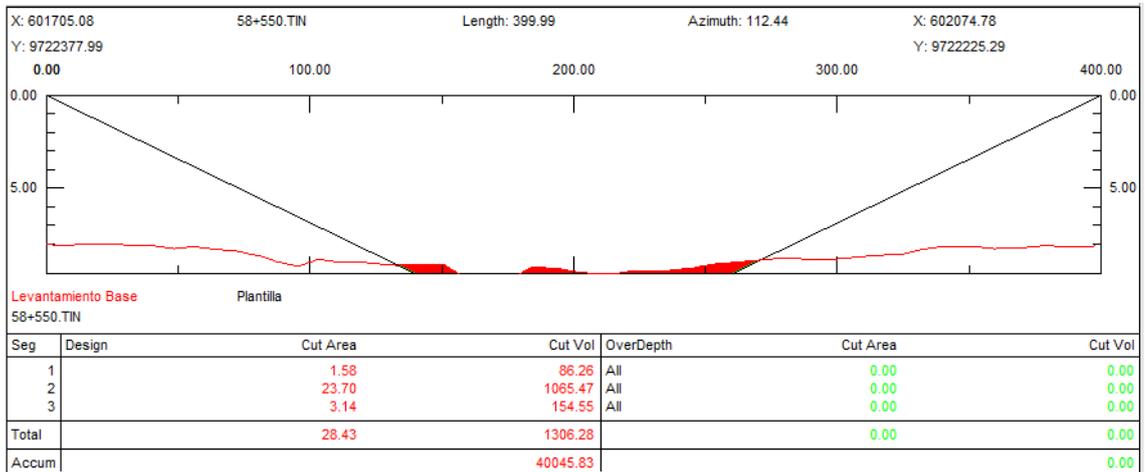
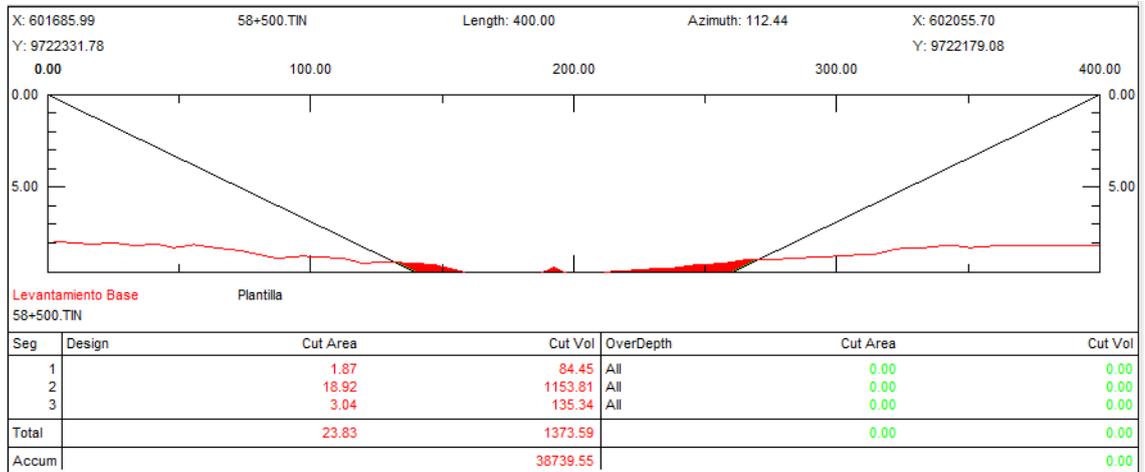
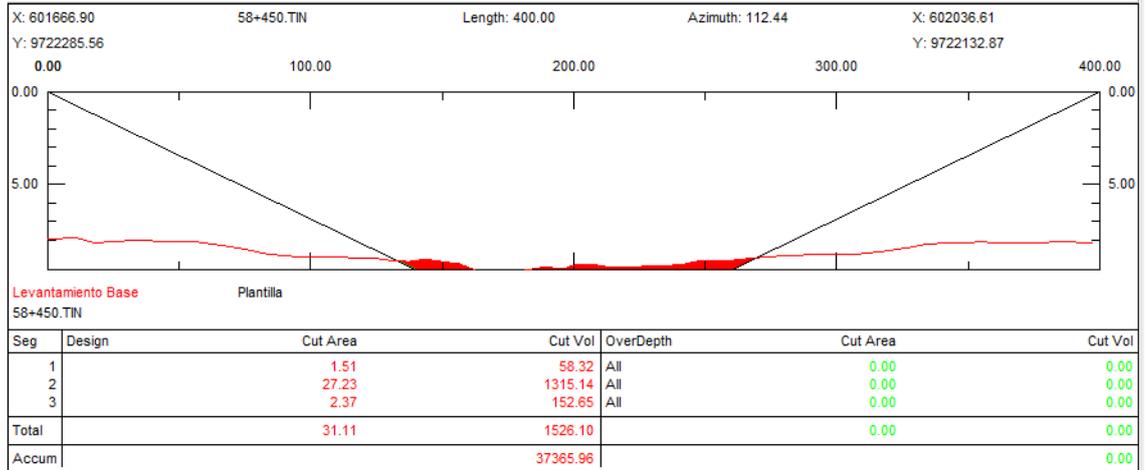


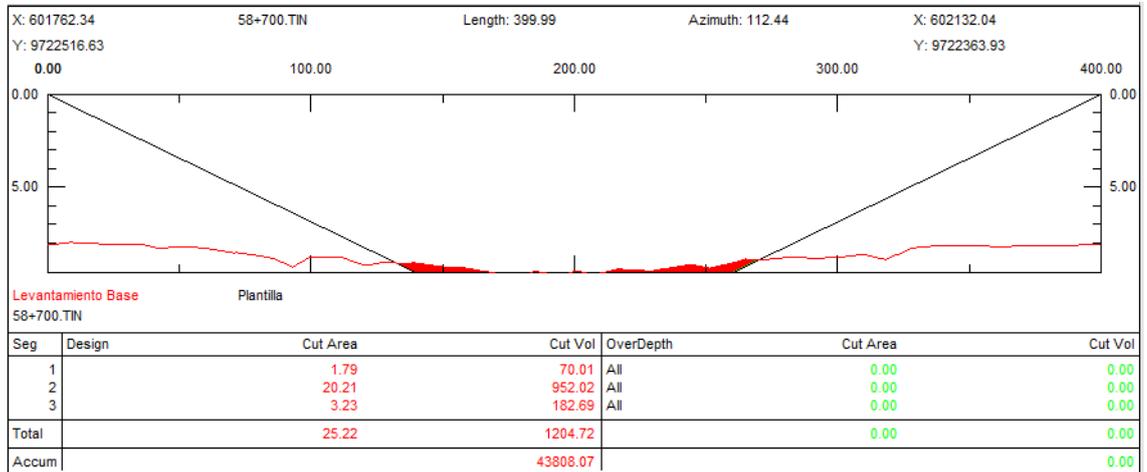
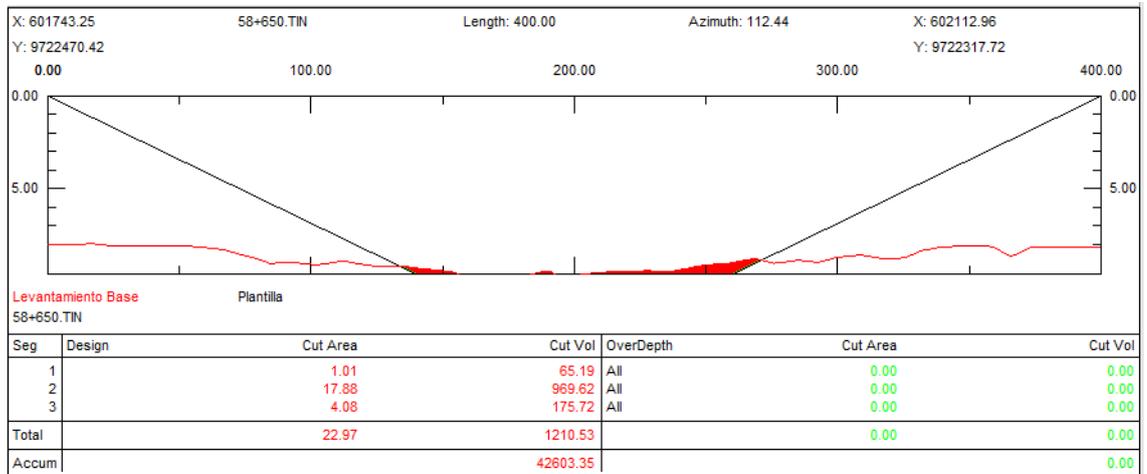
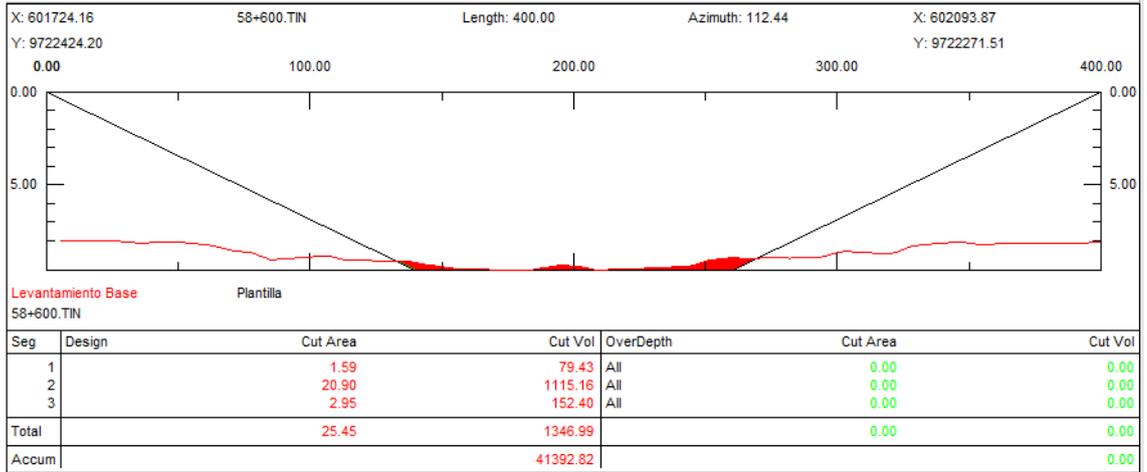


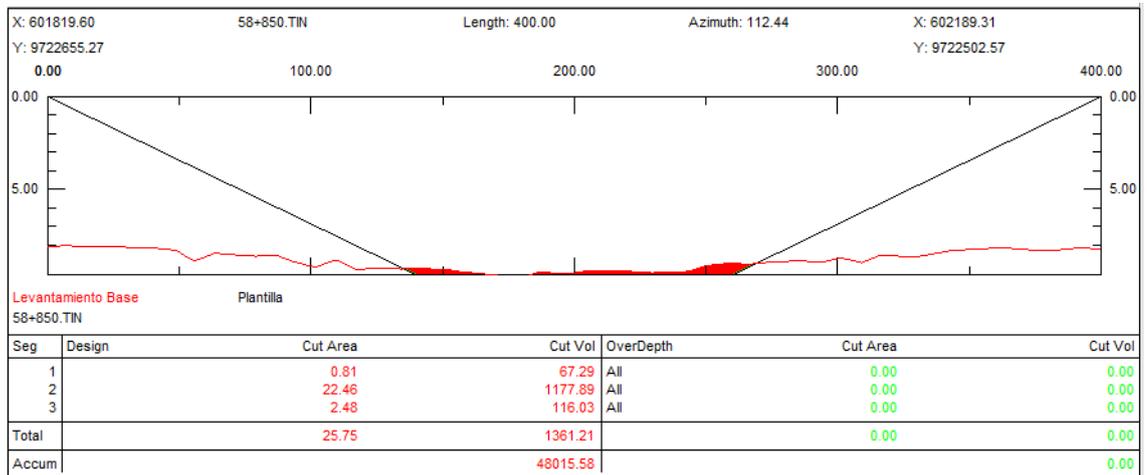
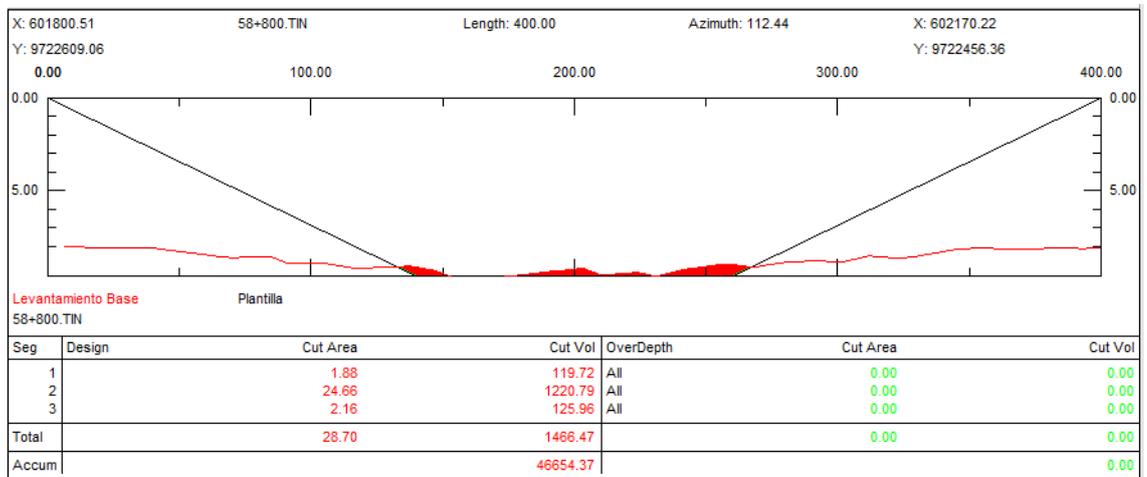
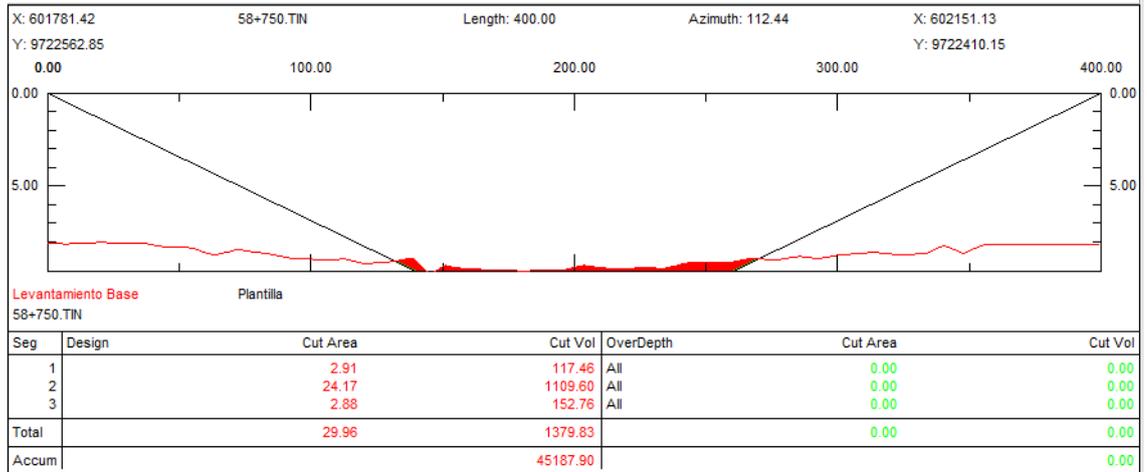


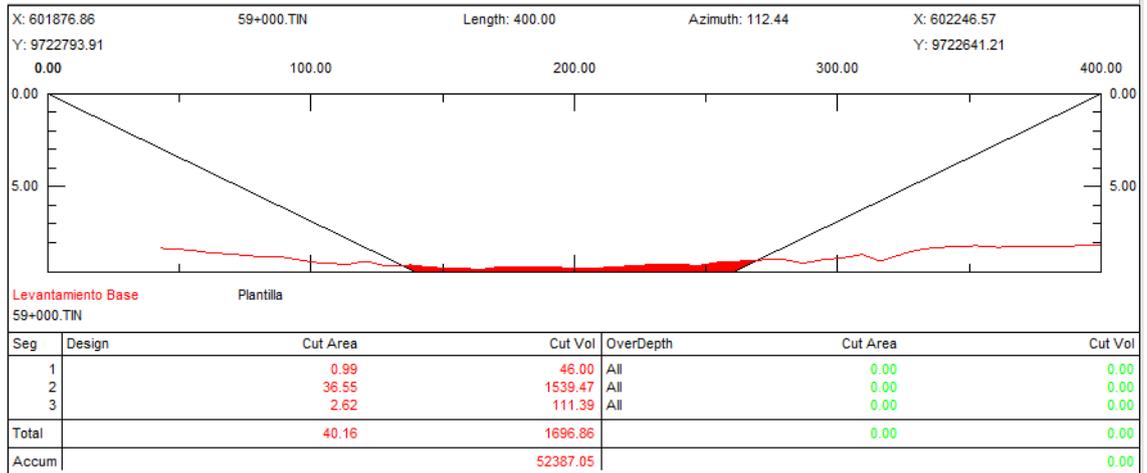
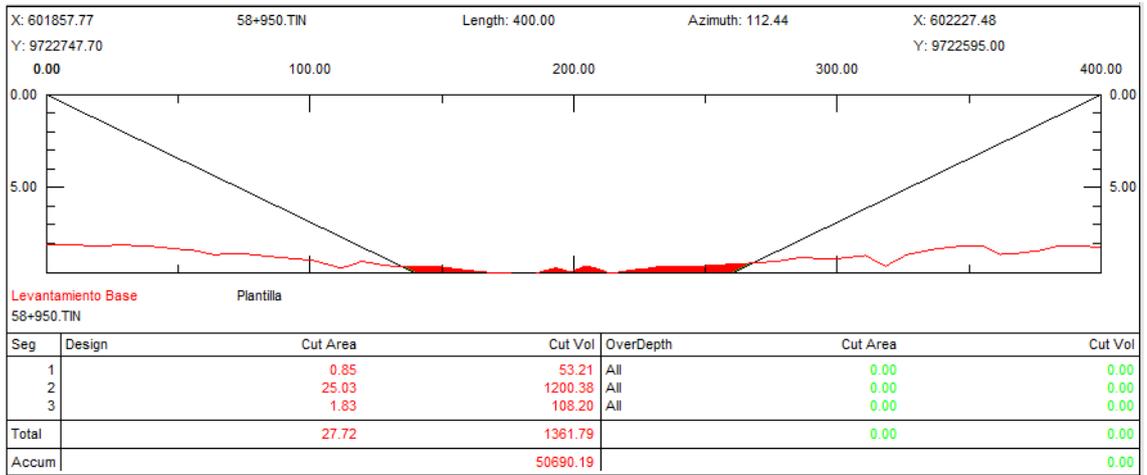
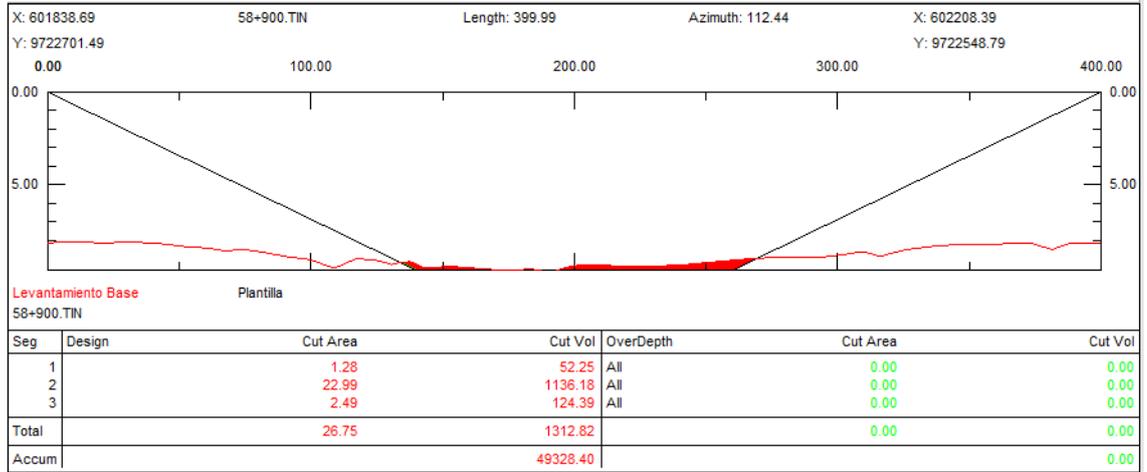




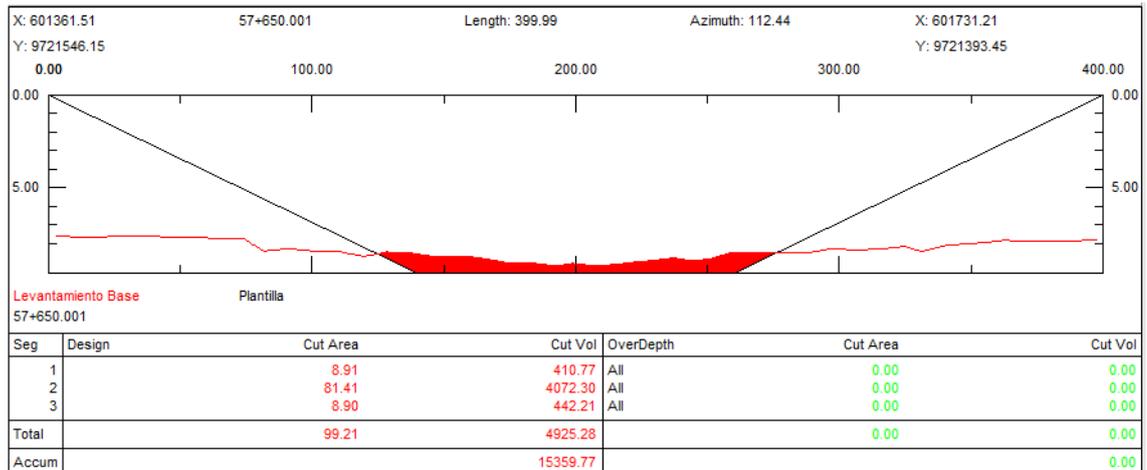
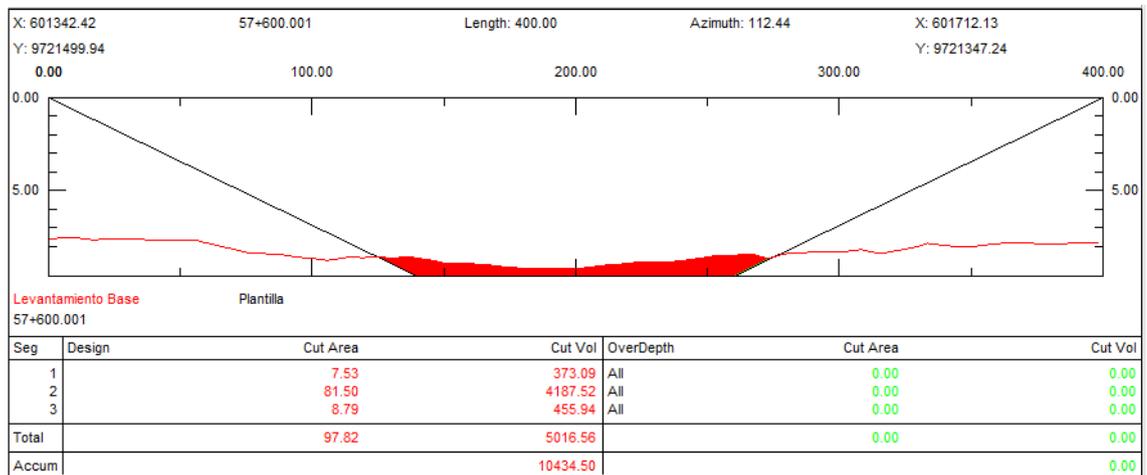
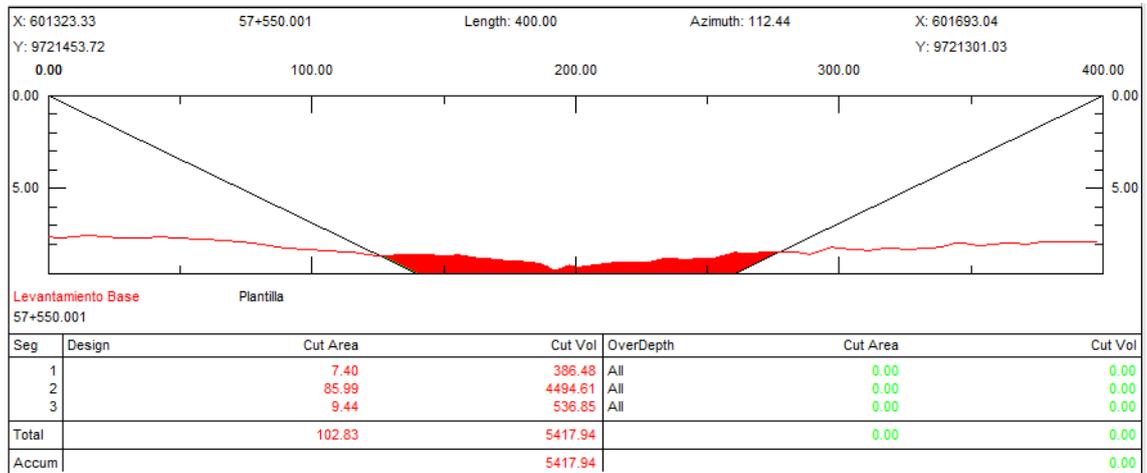


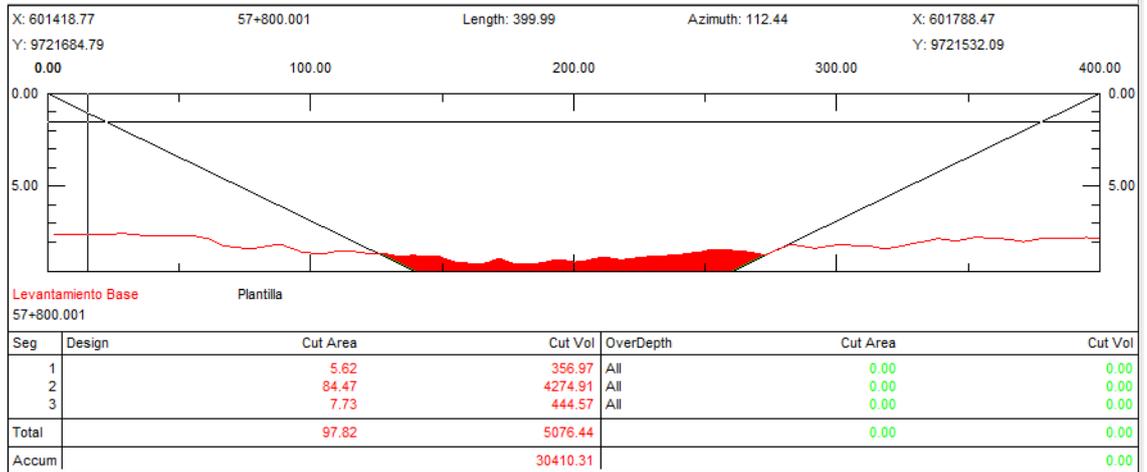
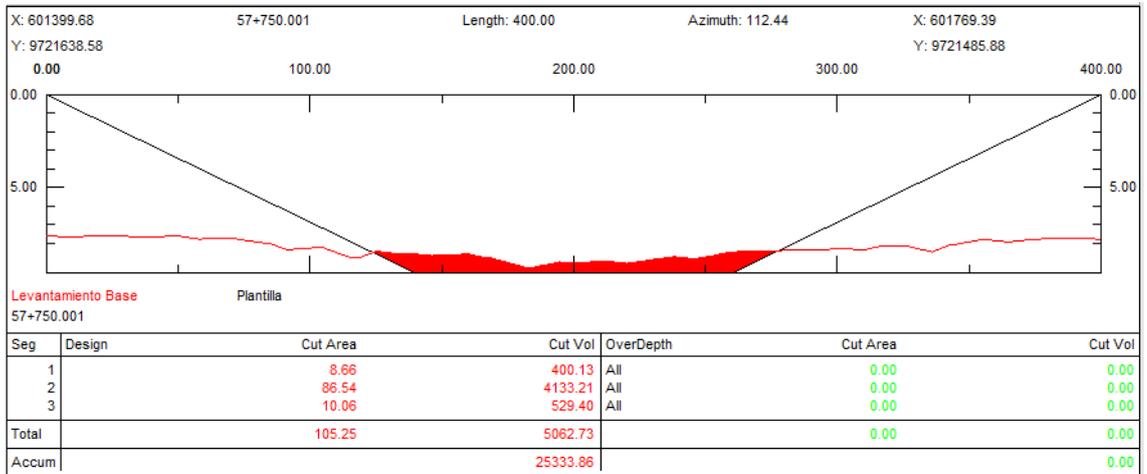
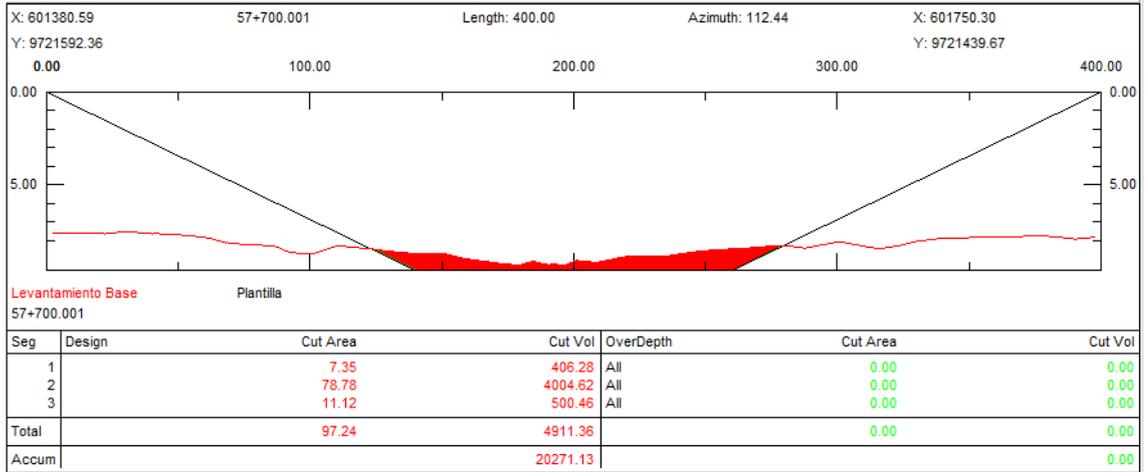


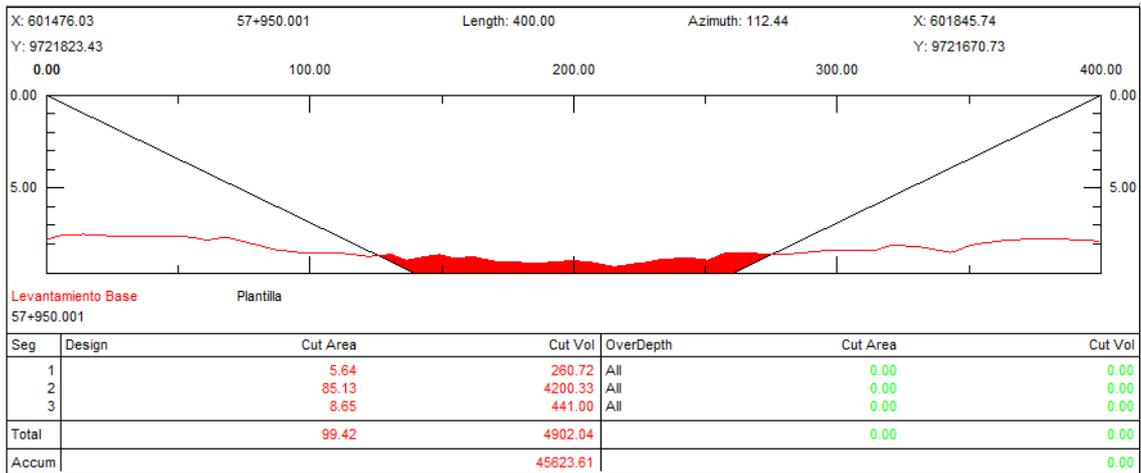
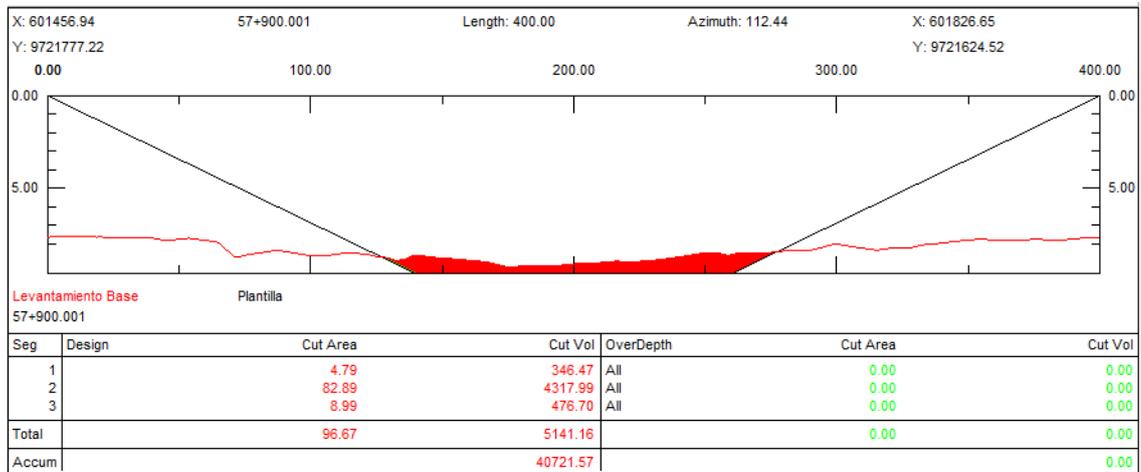
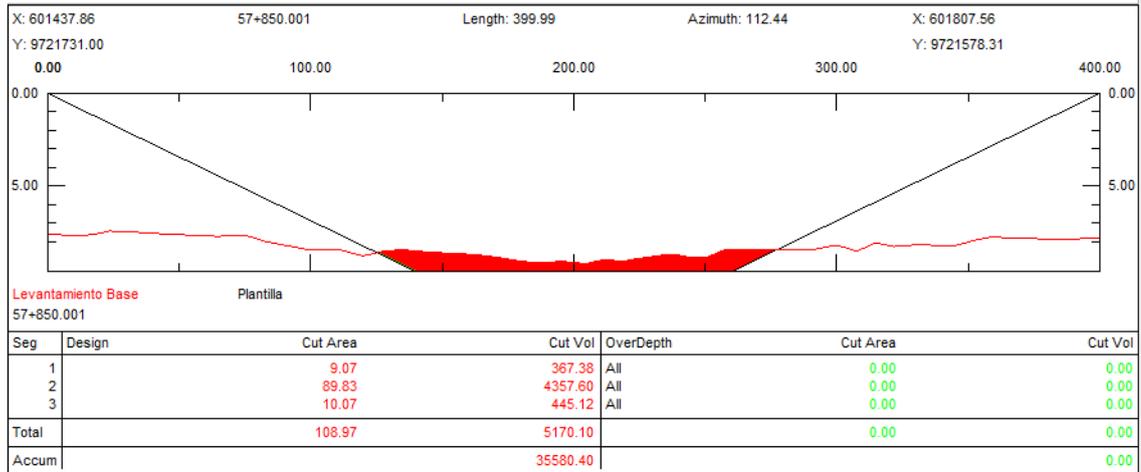


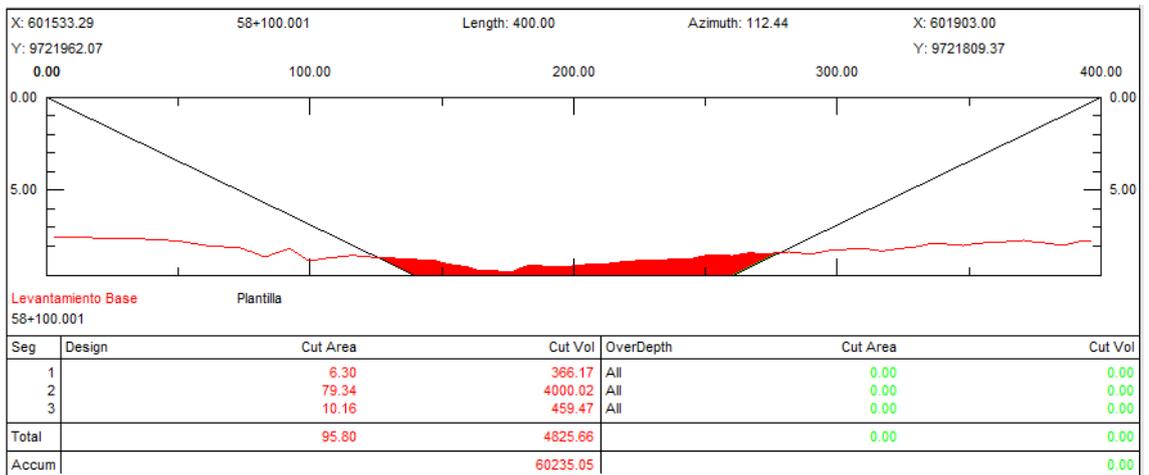
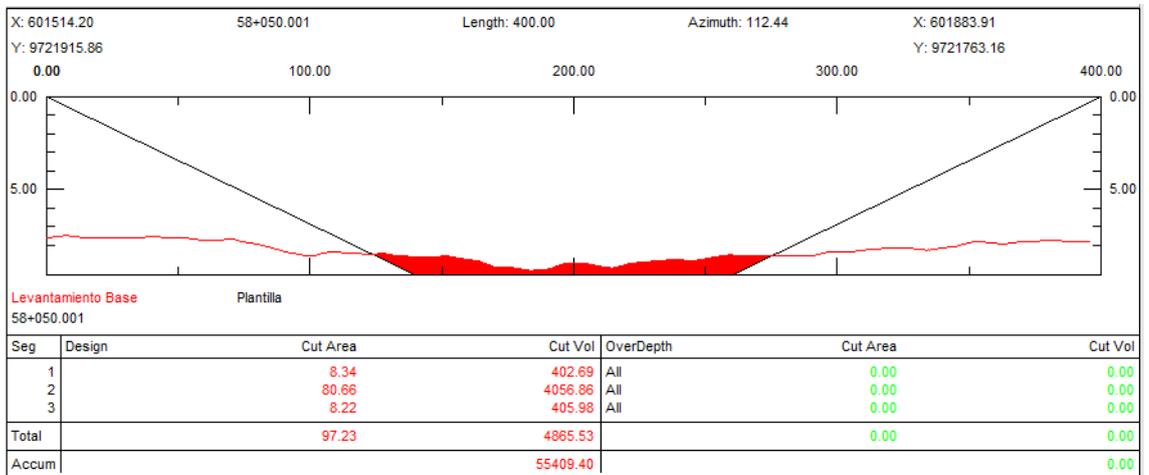
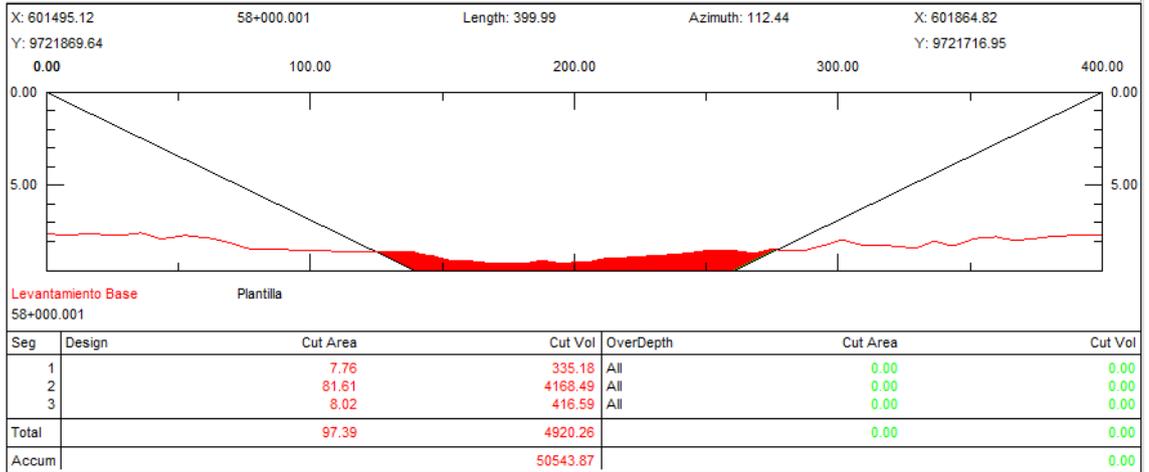


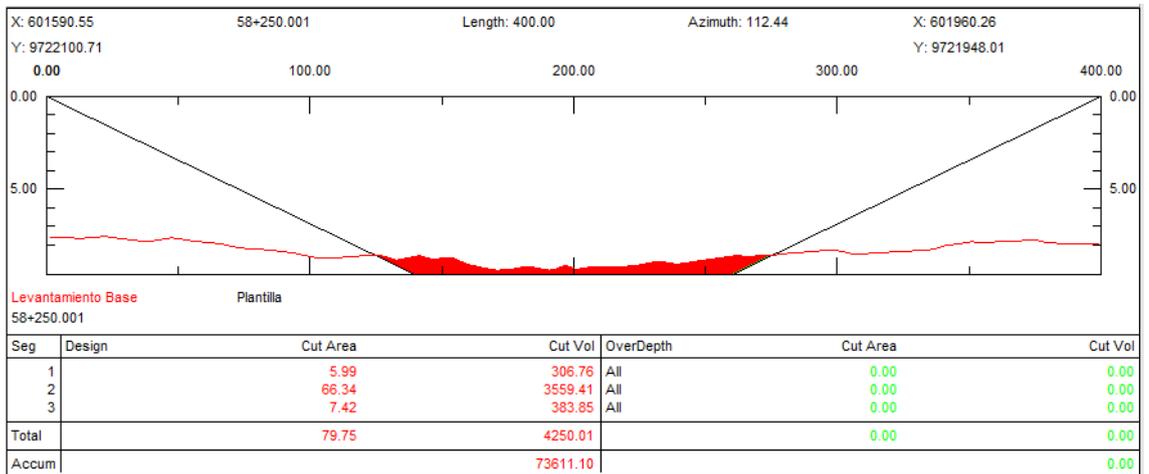
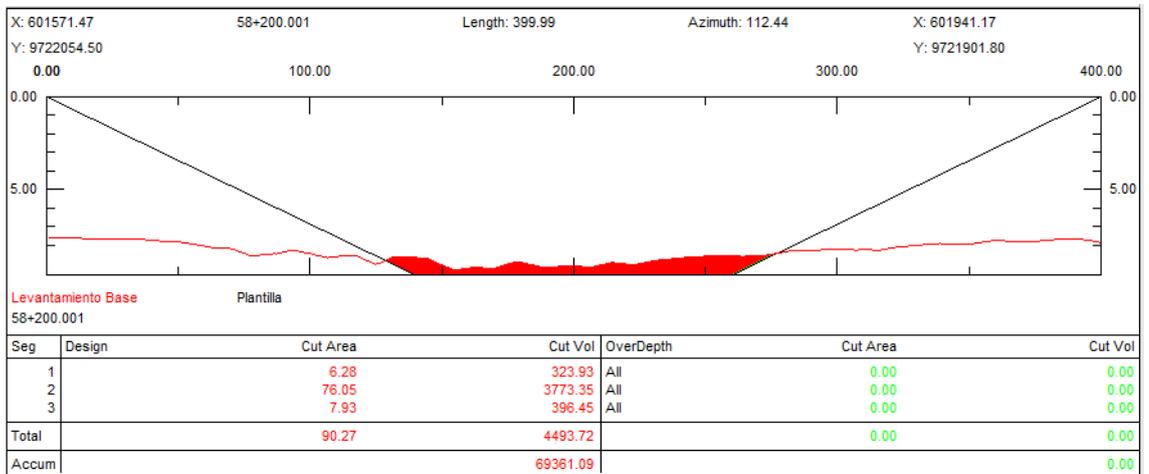
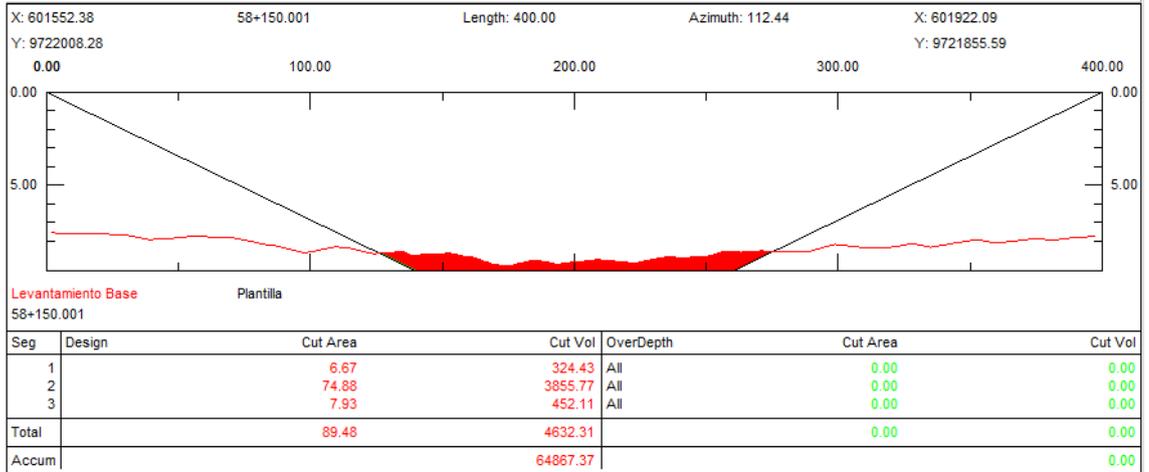
BATIMETRIA ENERO/2018

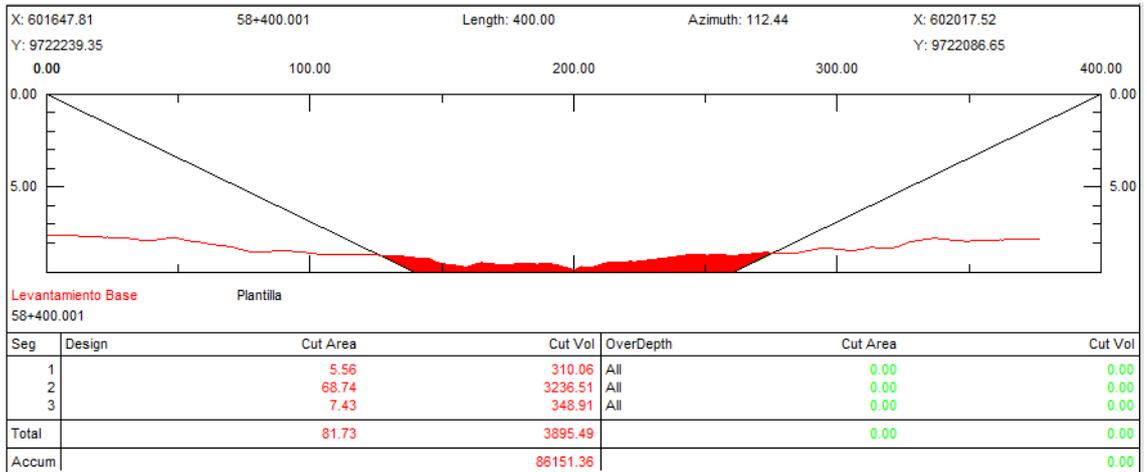
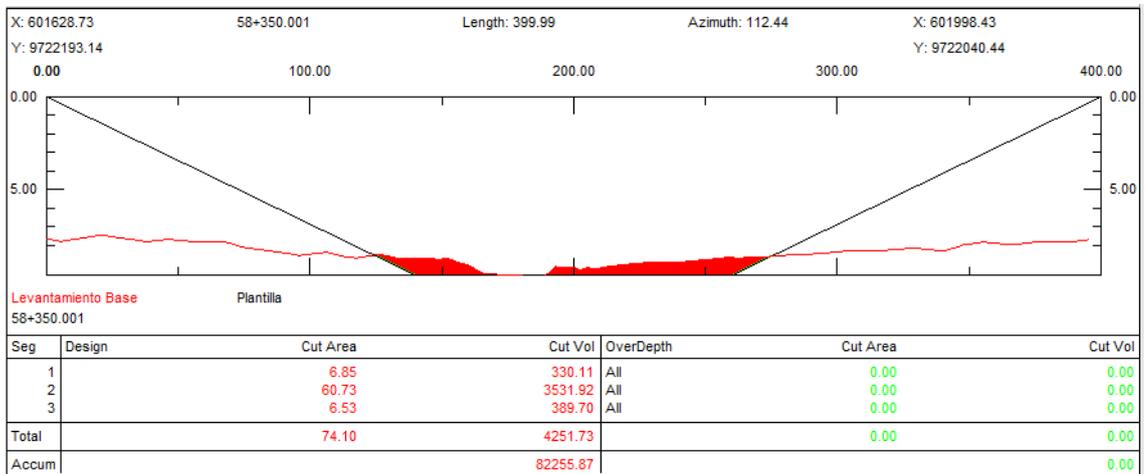
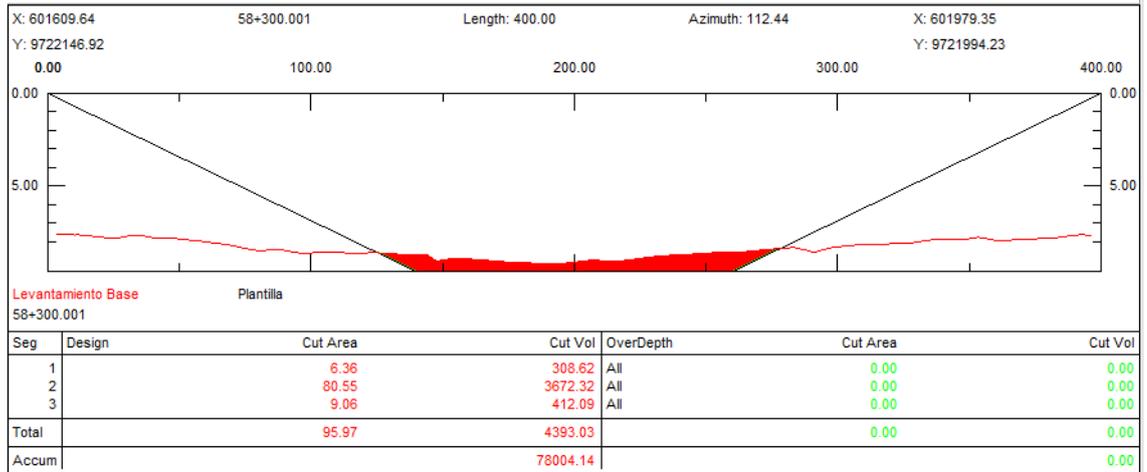


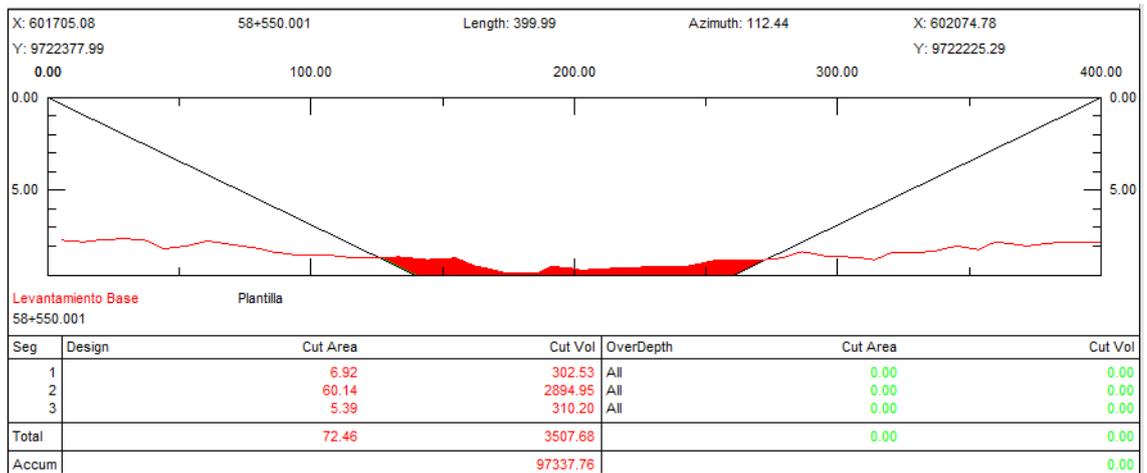
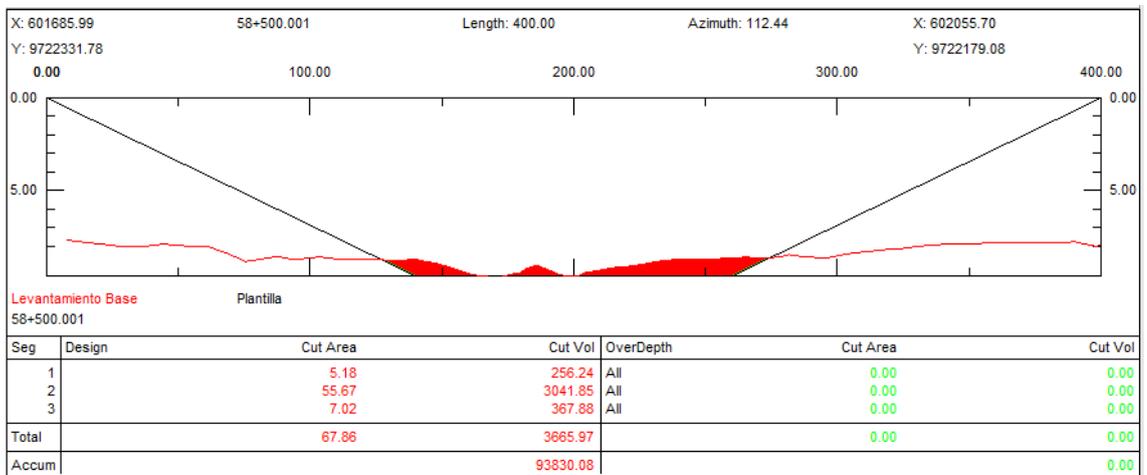
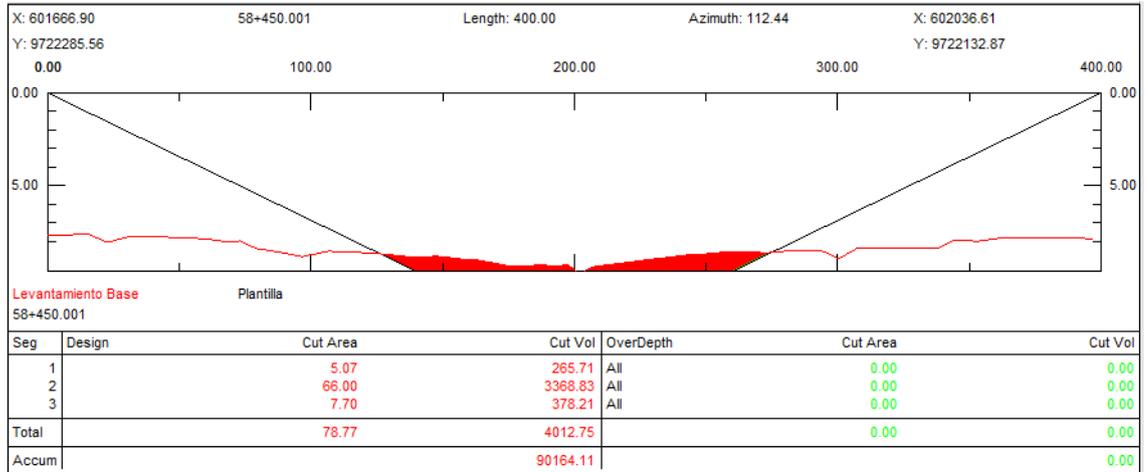


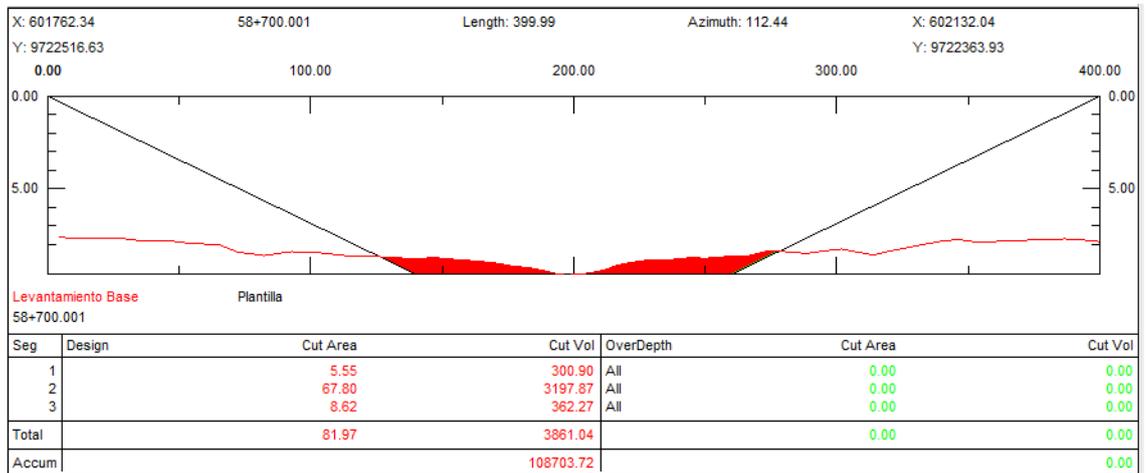
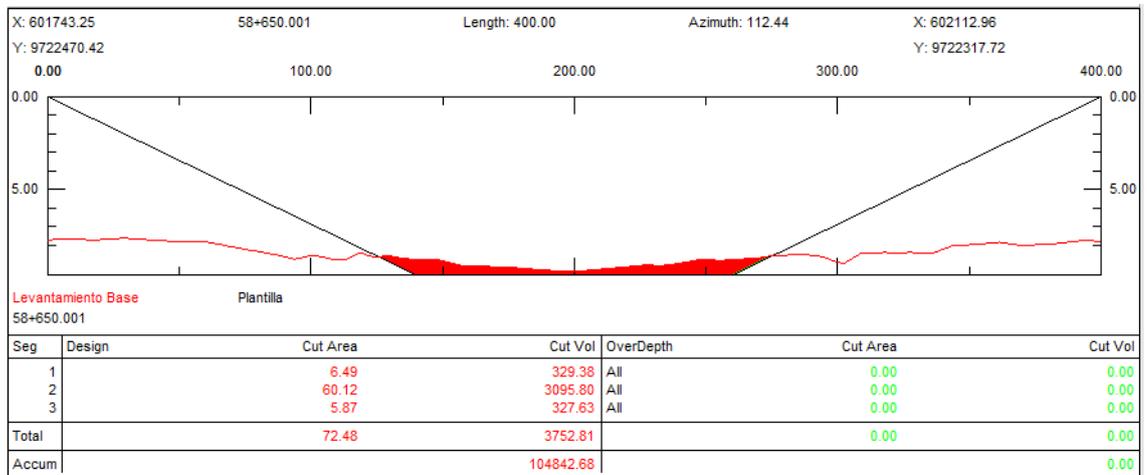
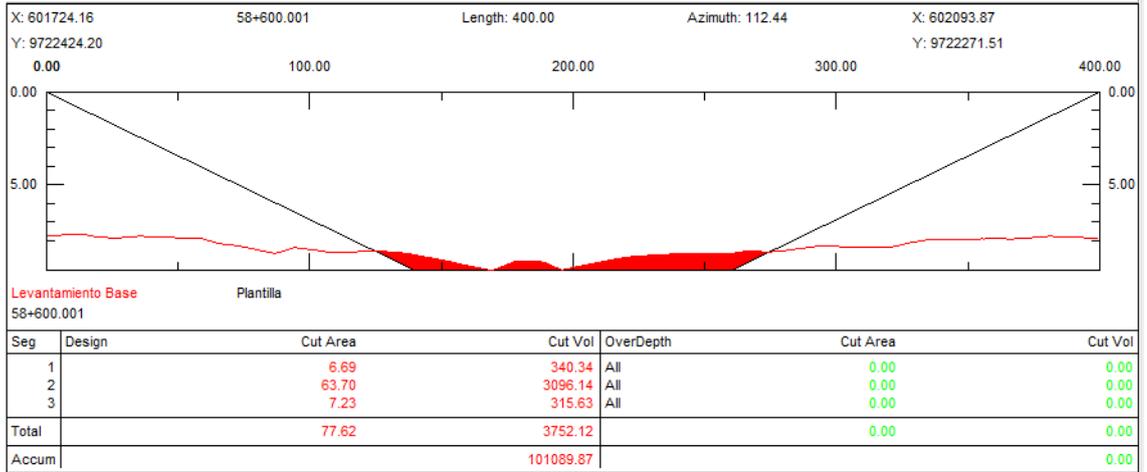


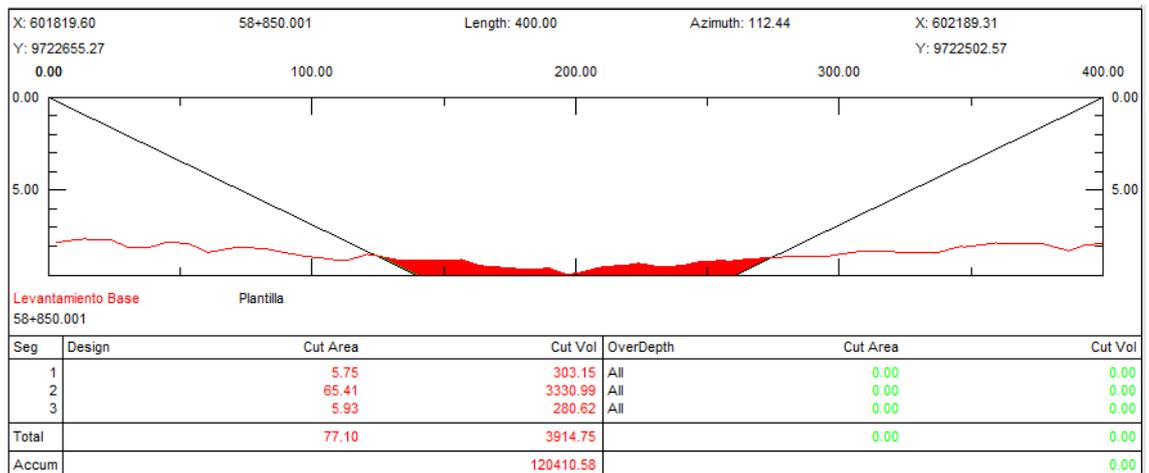
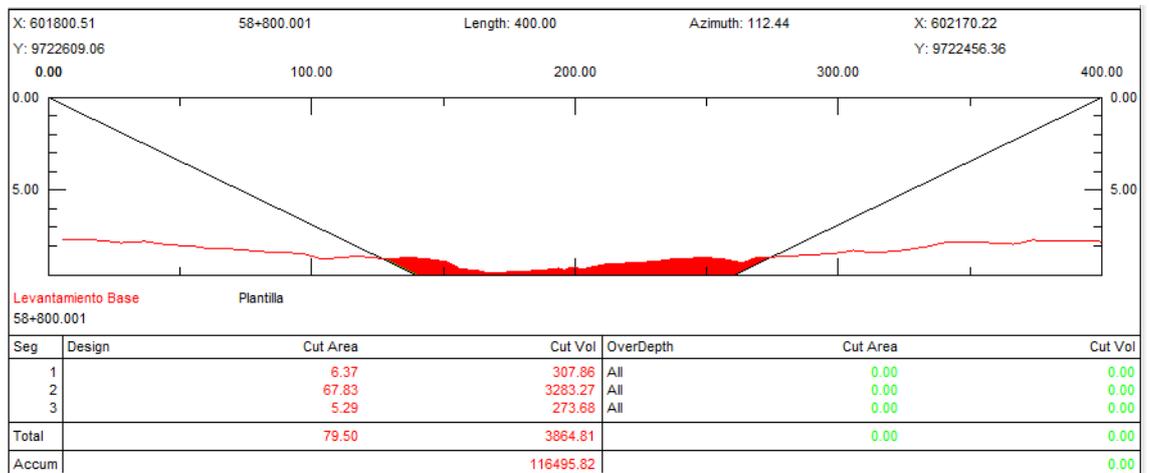
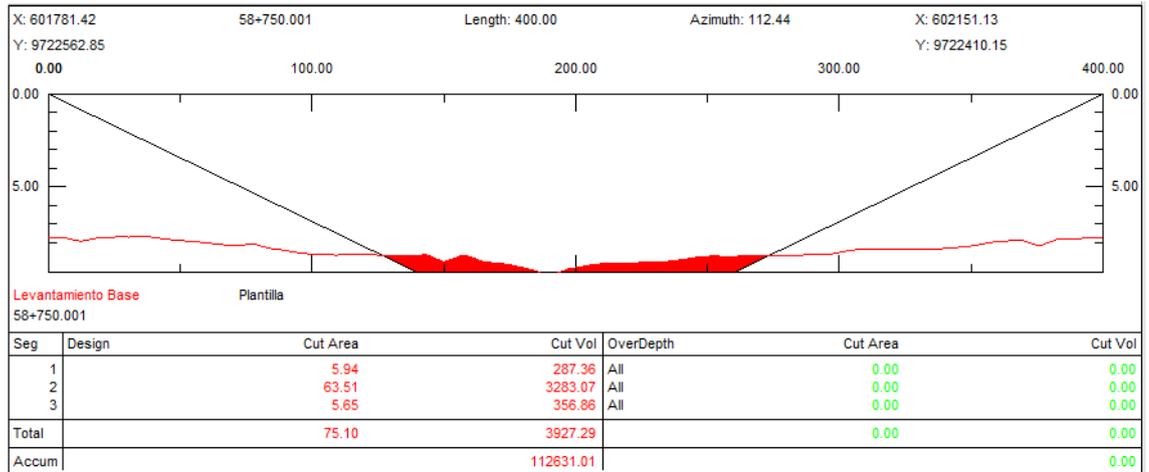


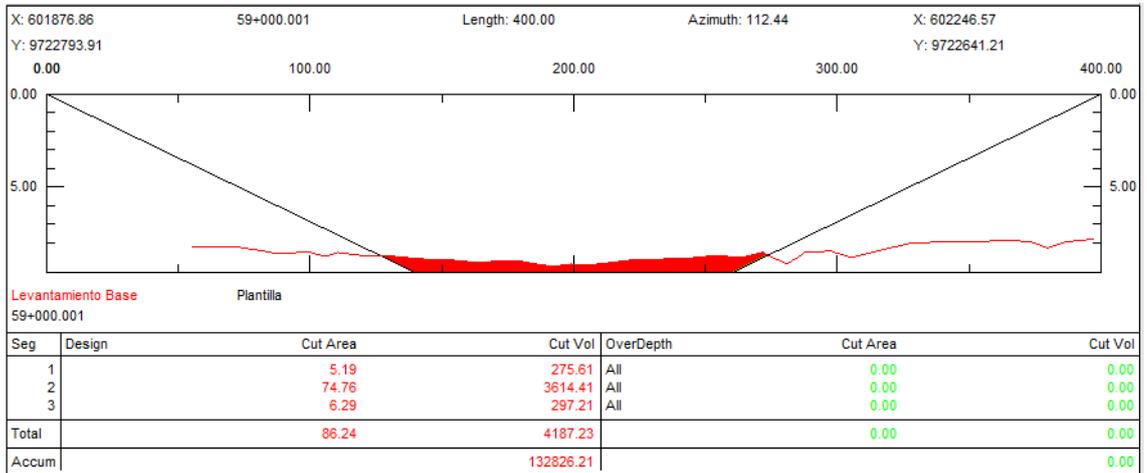
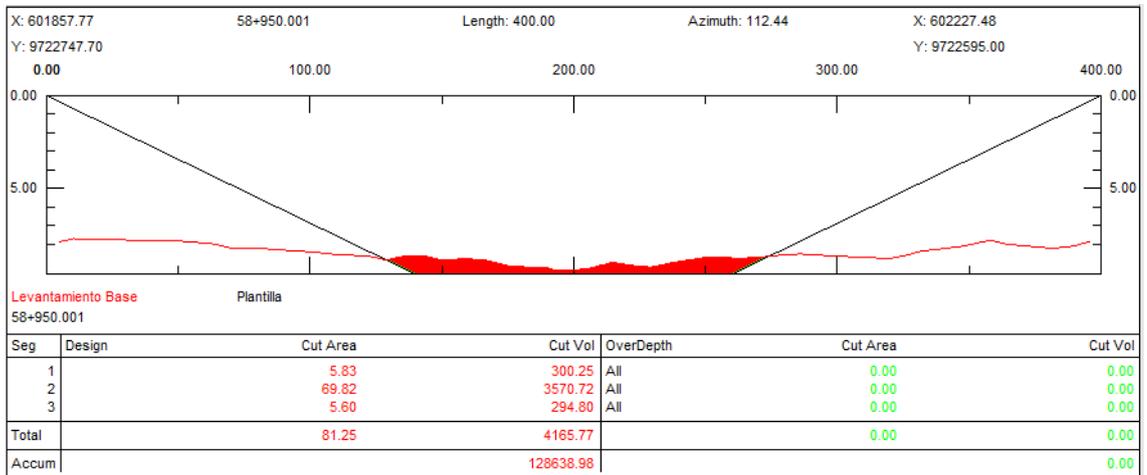
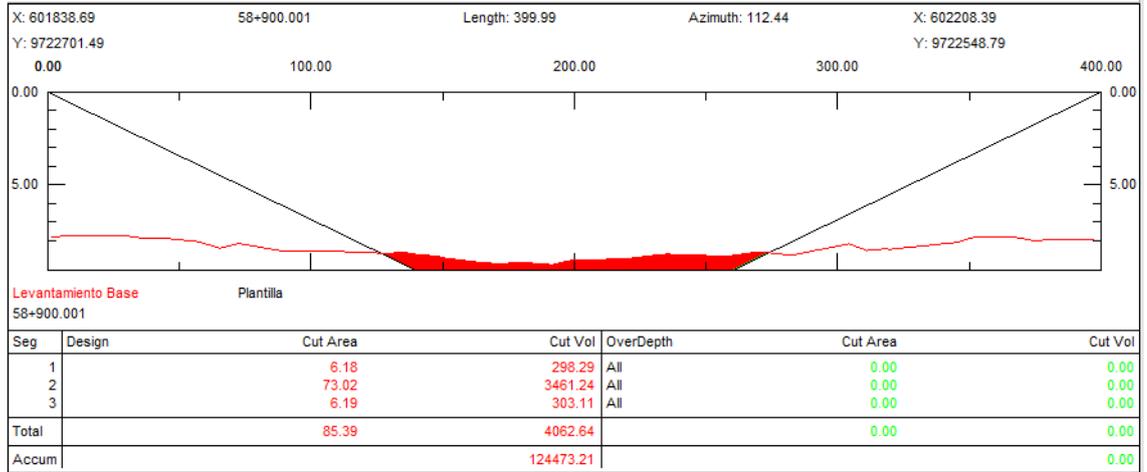




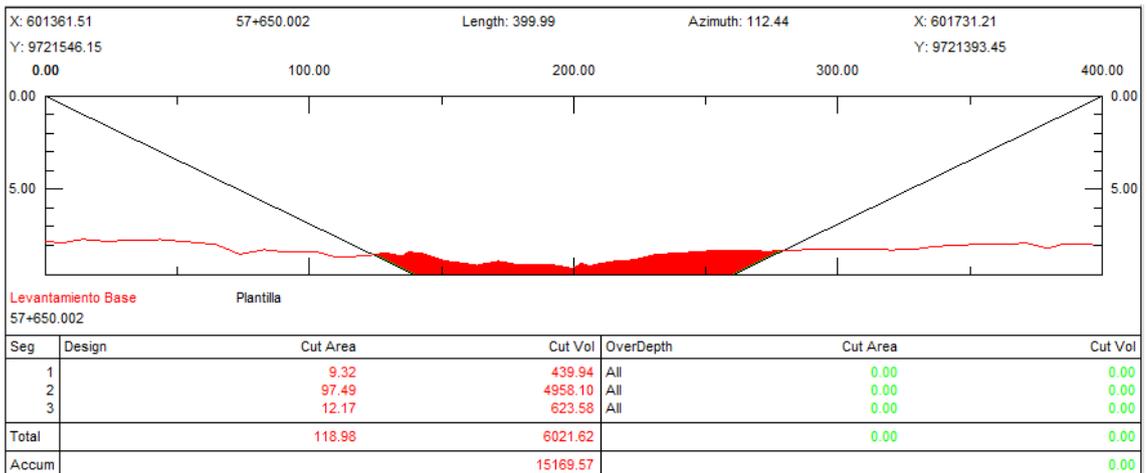
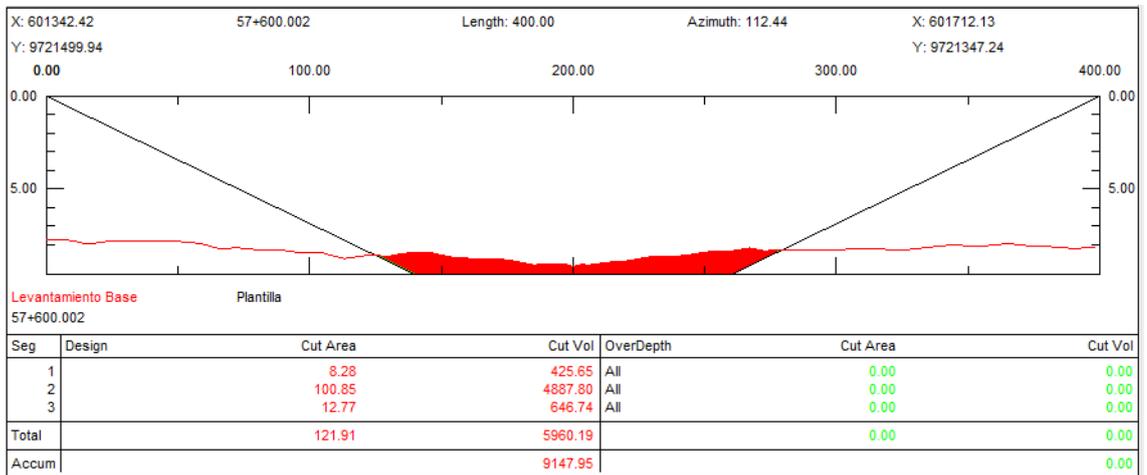
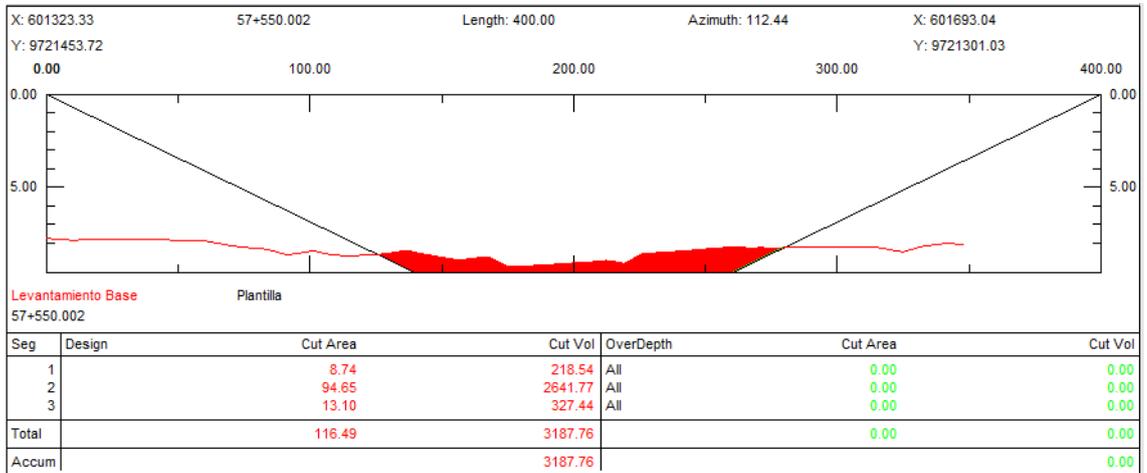


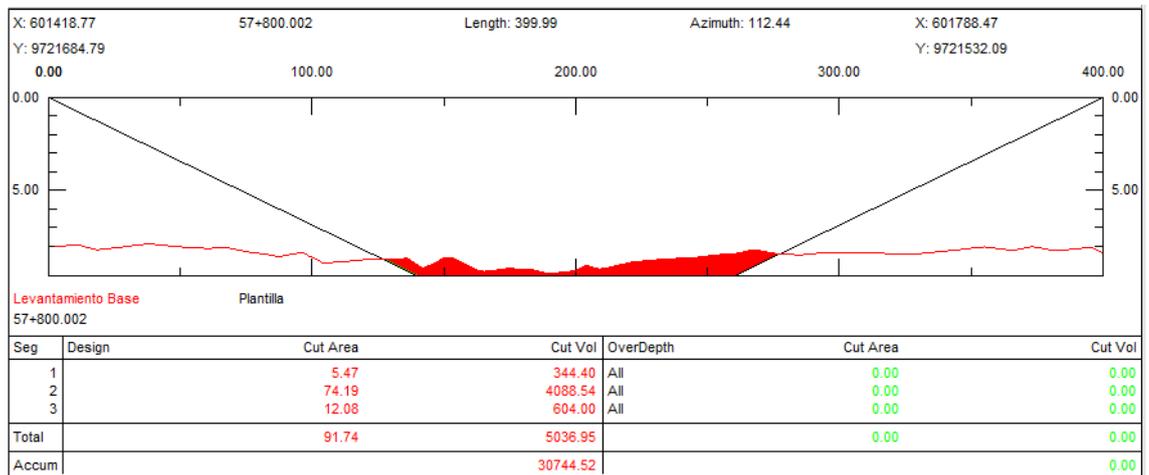
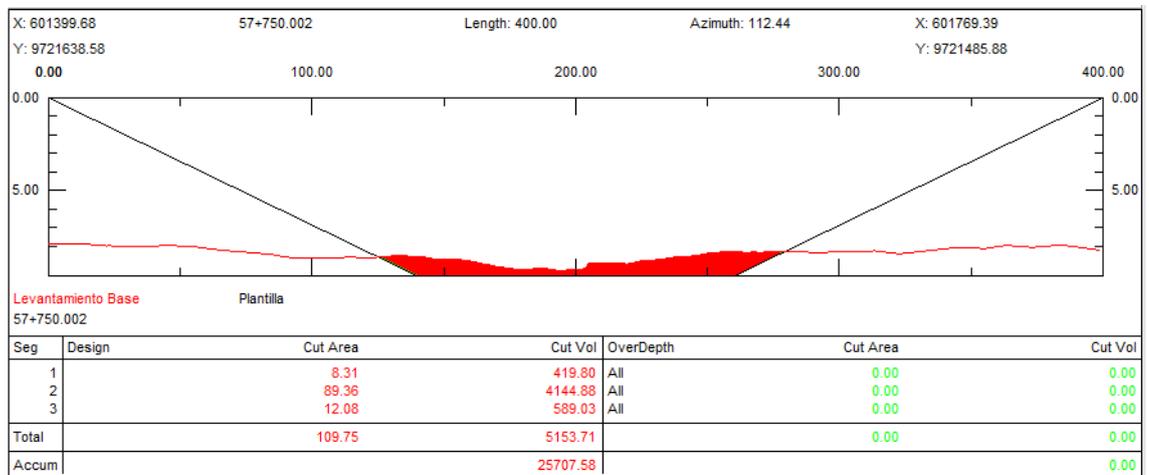
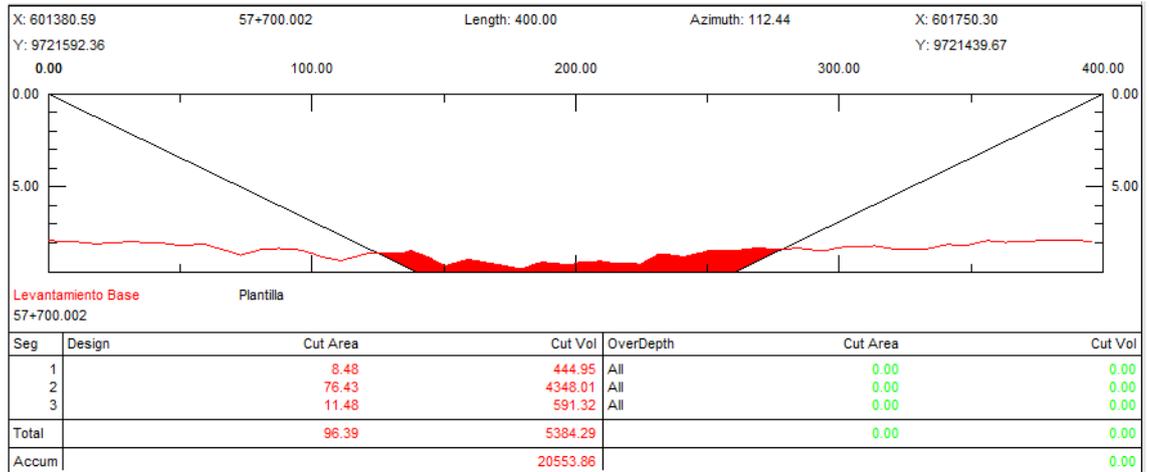


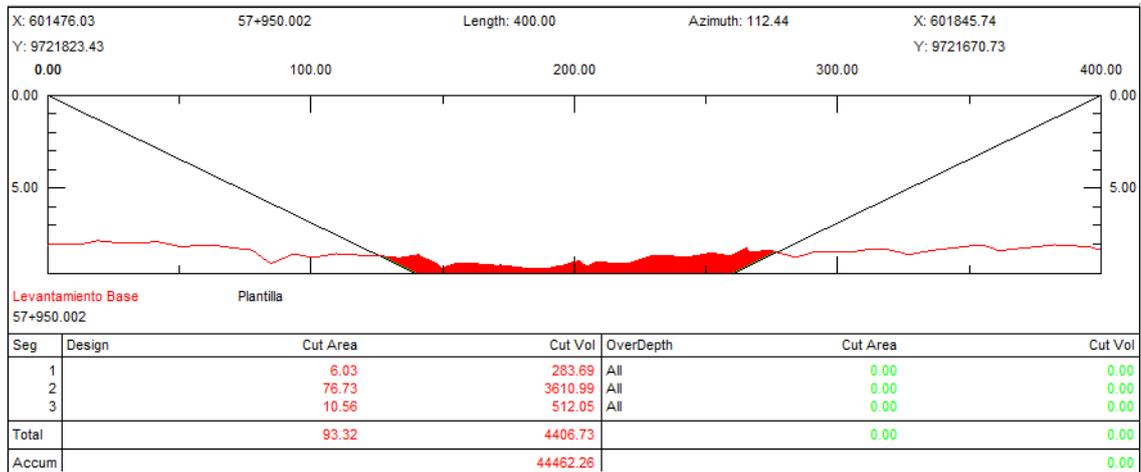
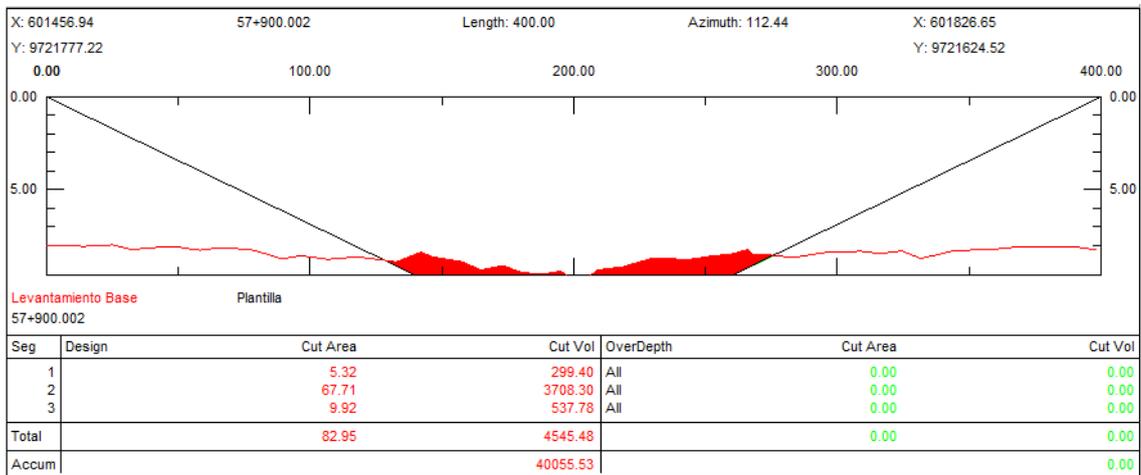
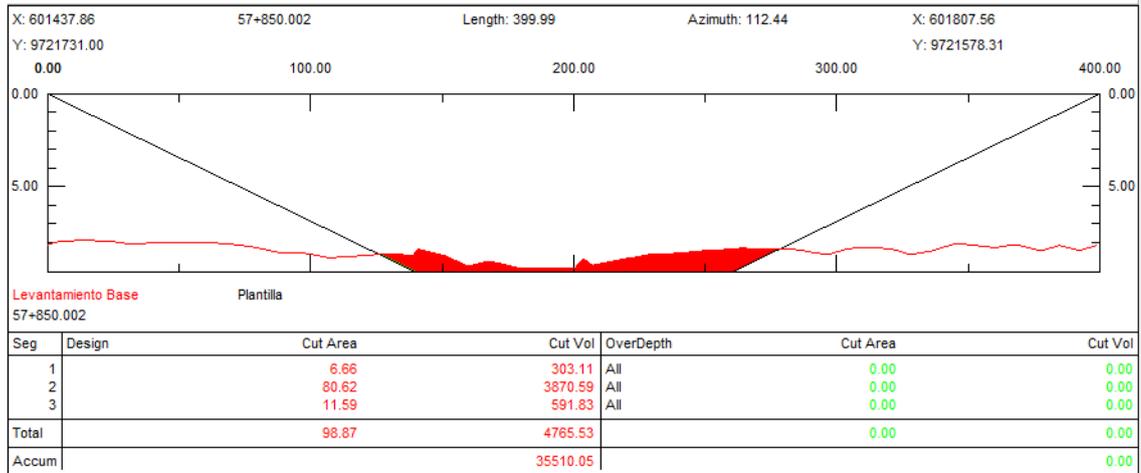


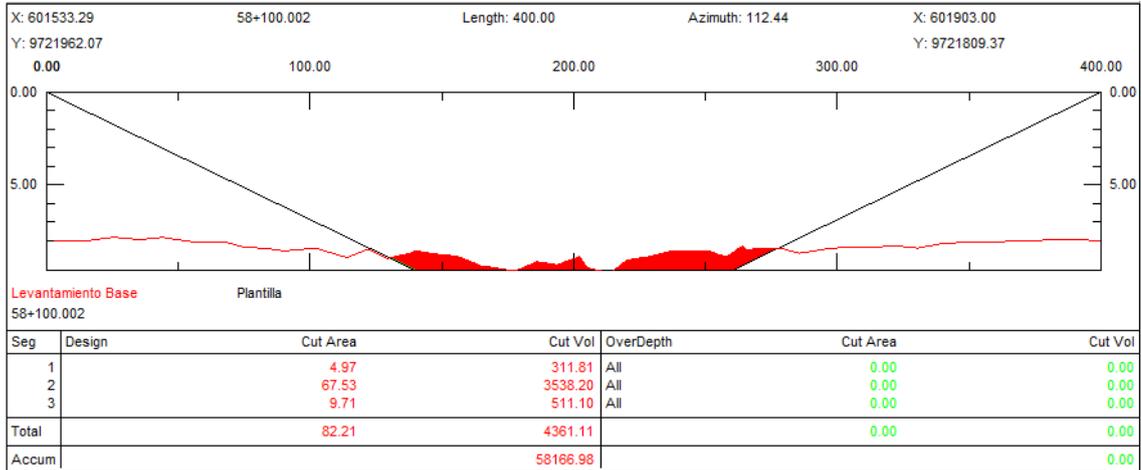
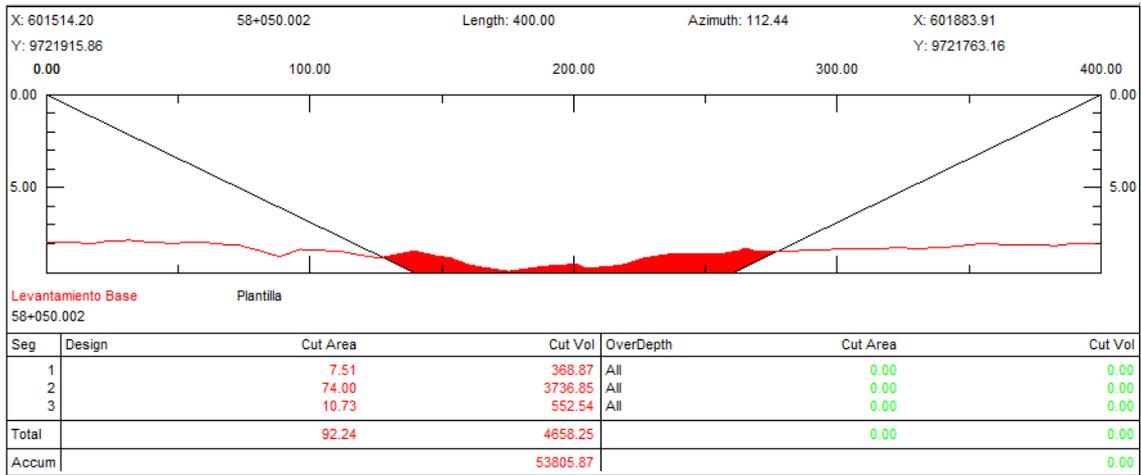
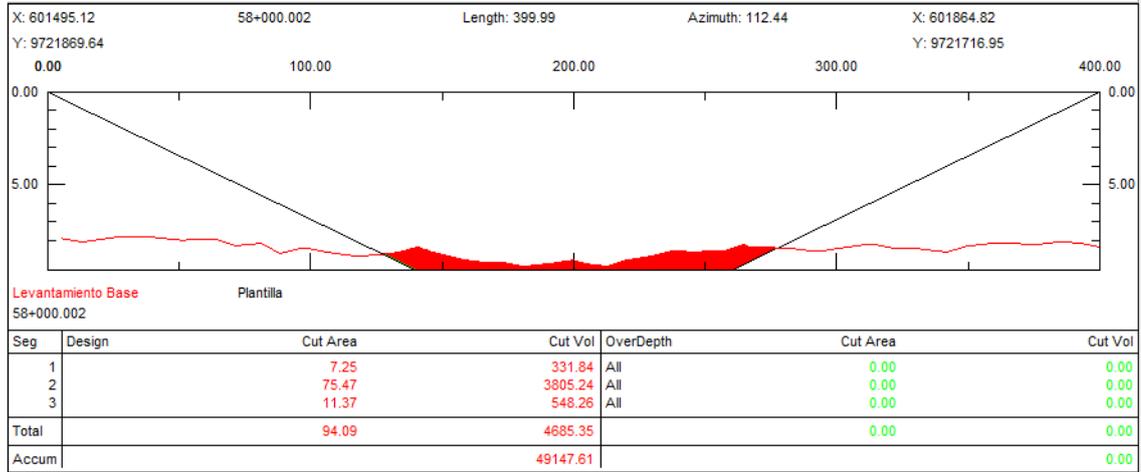


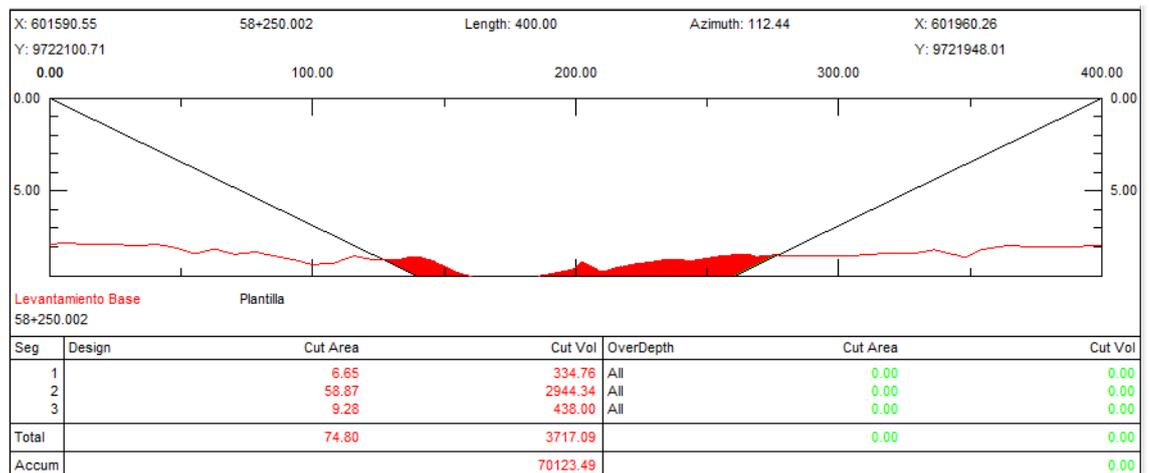
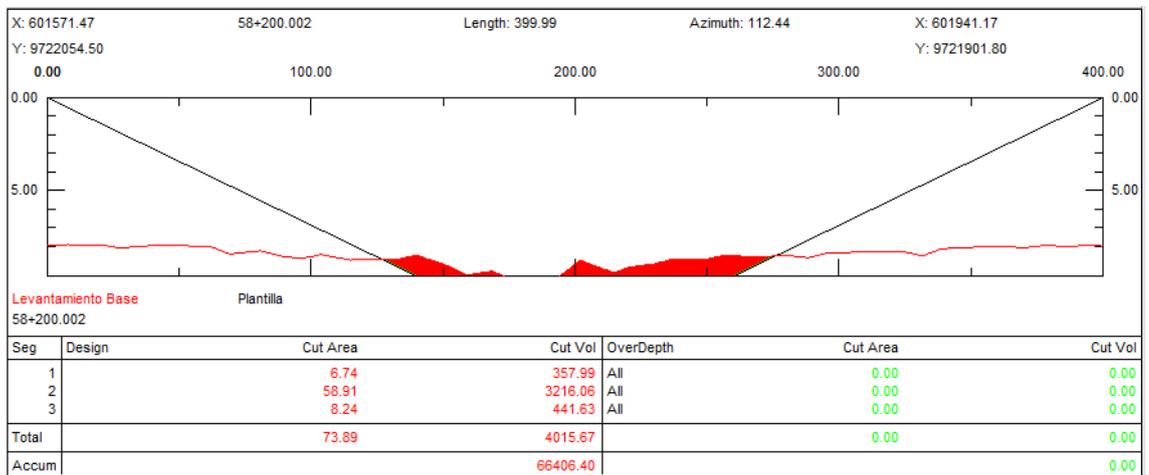
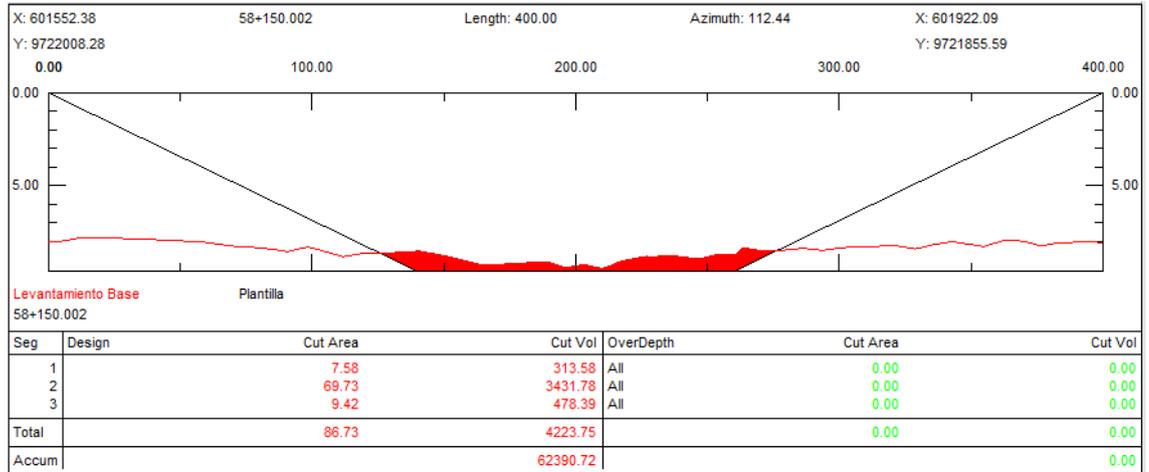
BATIMETRIA FEBRERO/2018

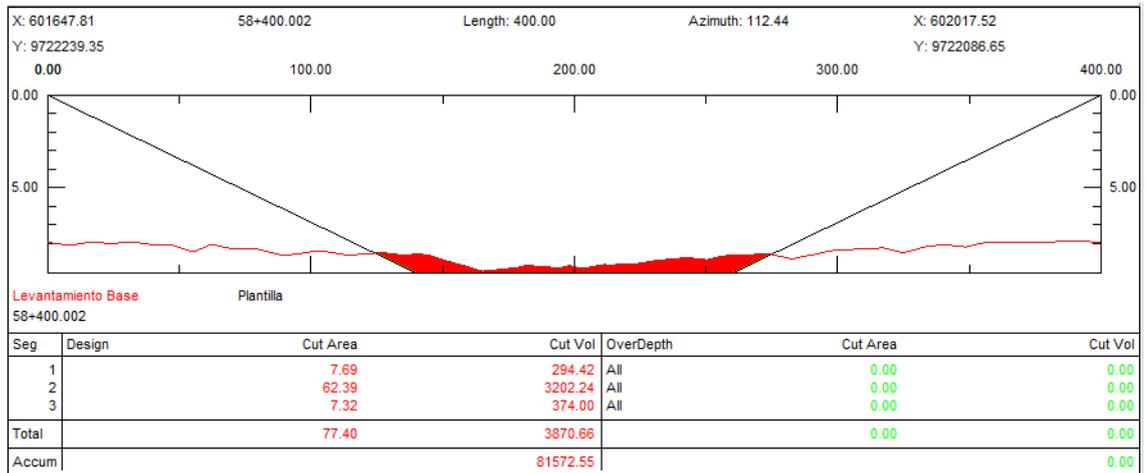
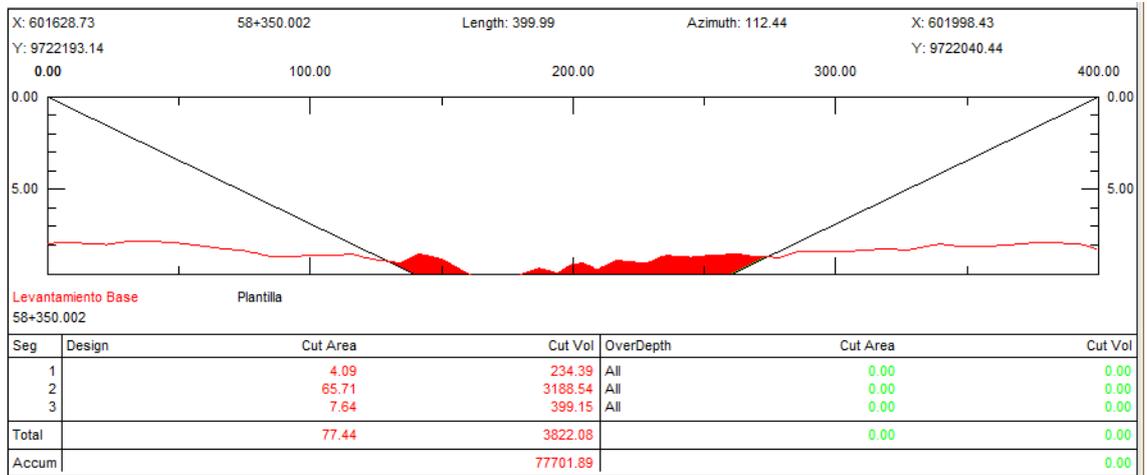
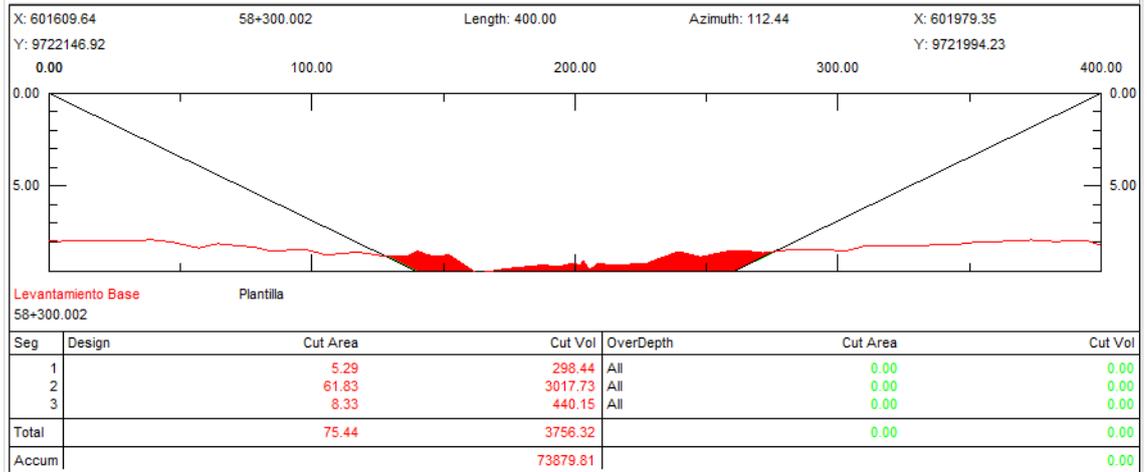


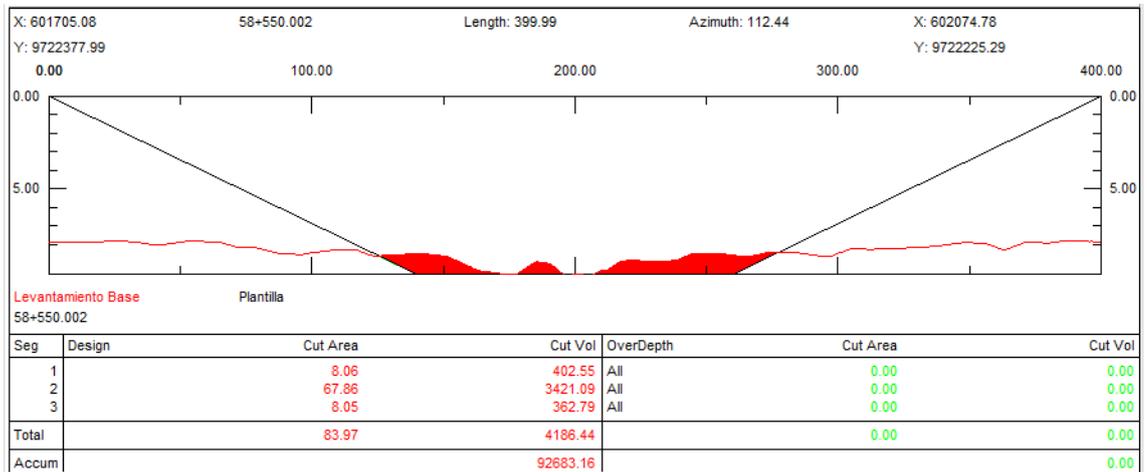
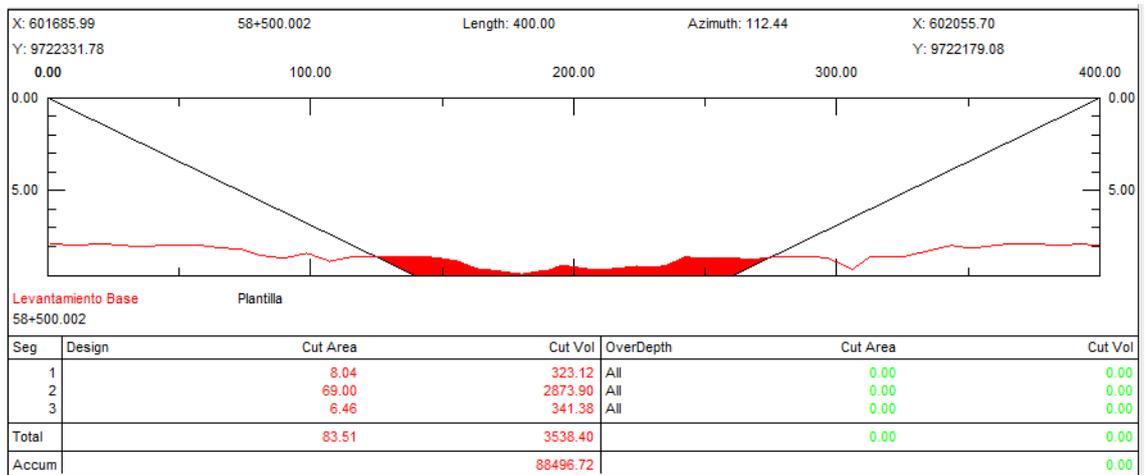
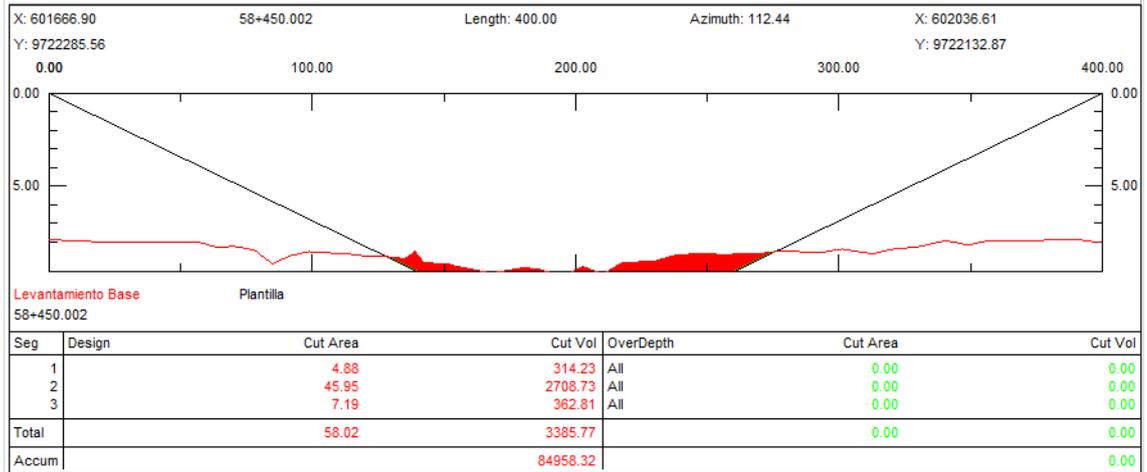


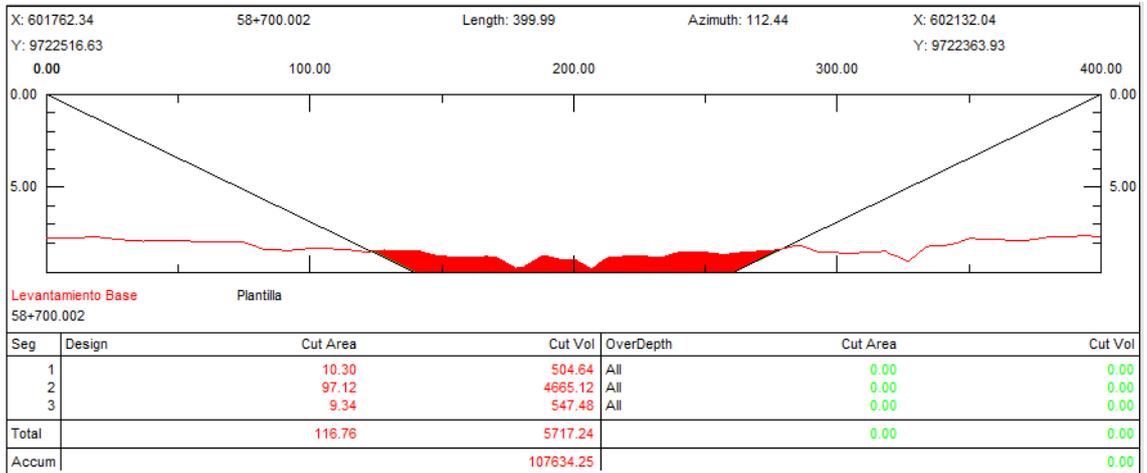
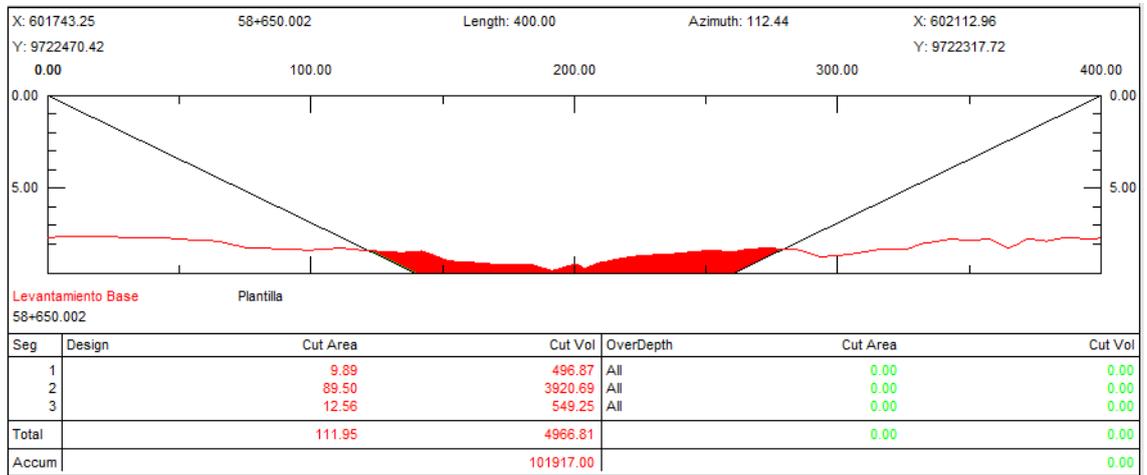
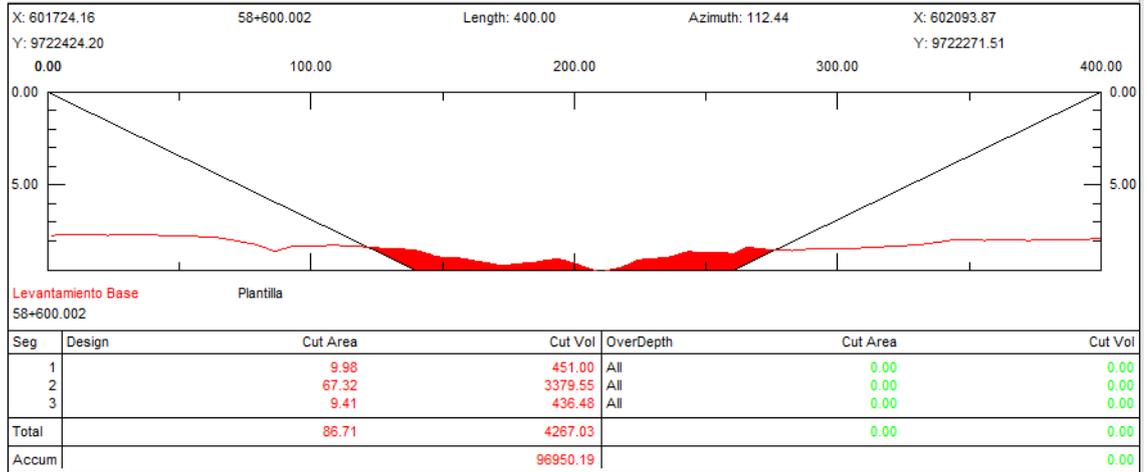


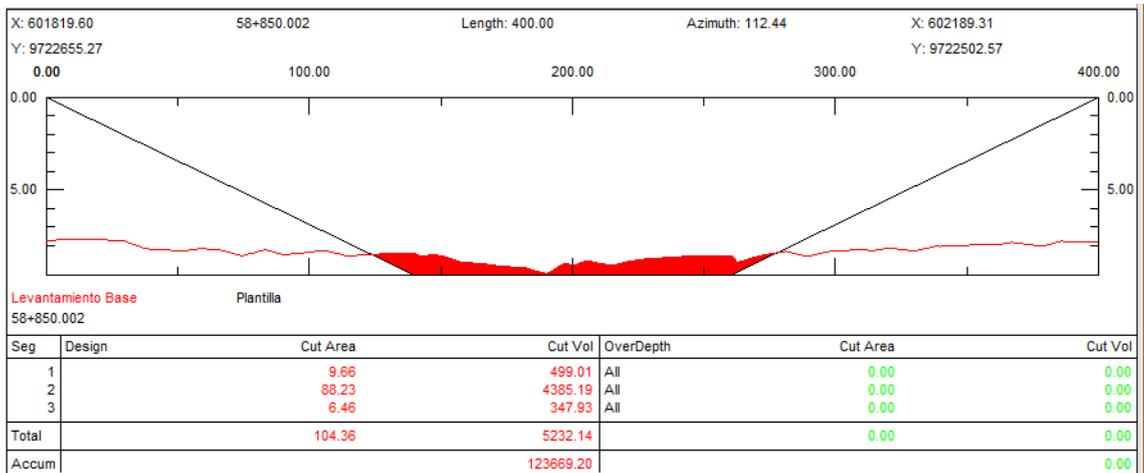
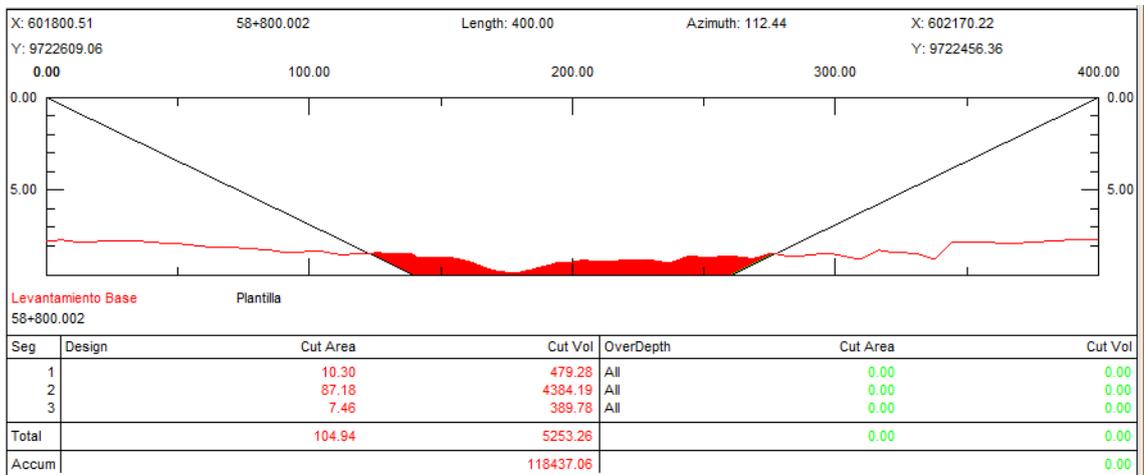
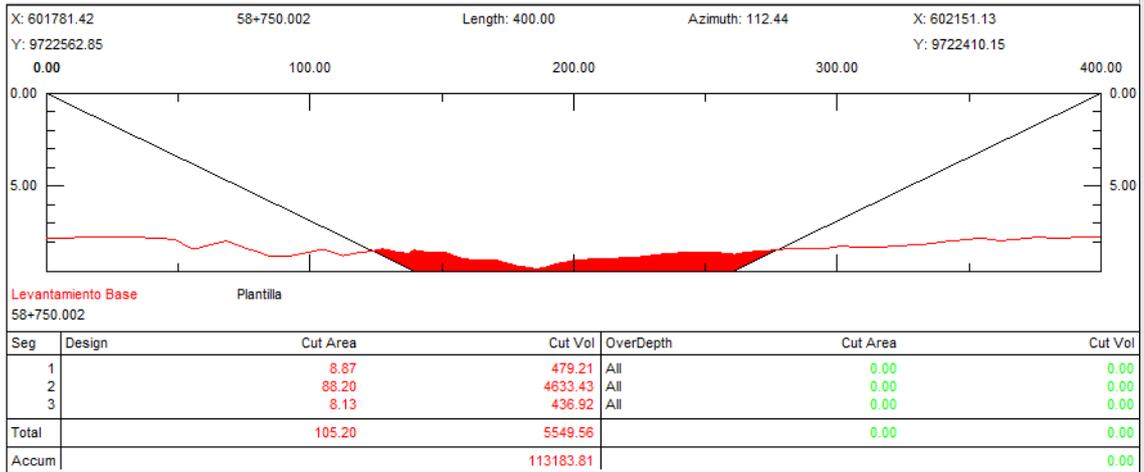


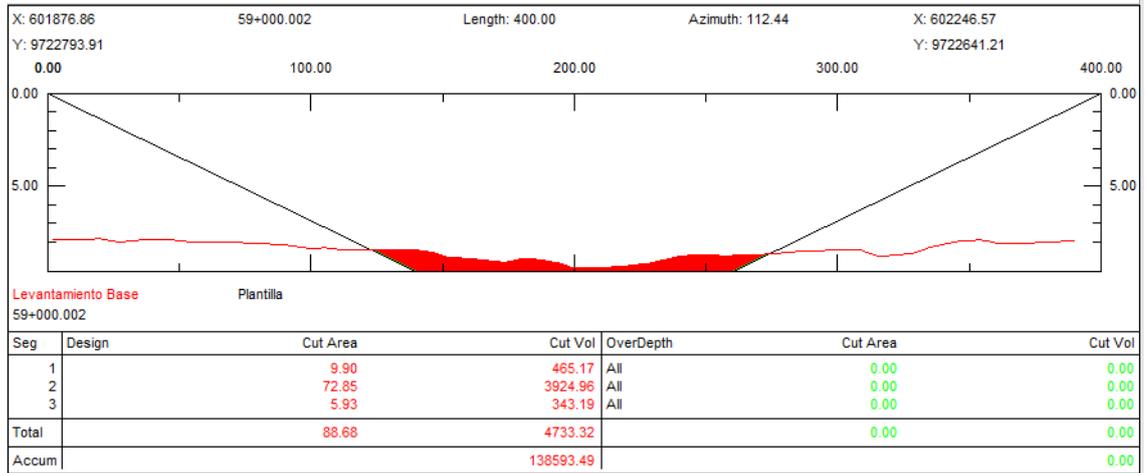
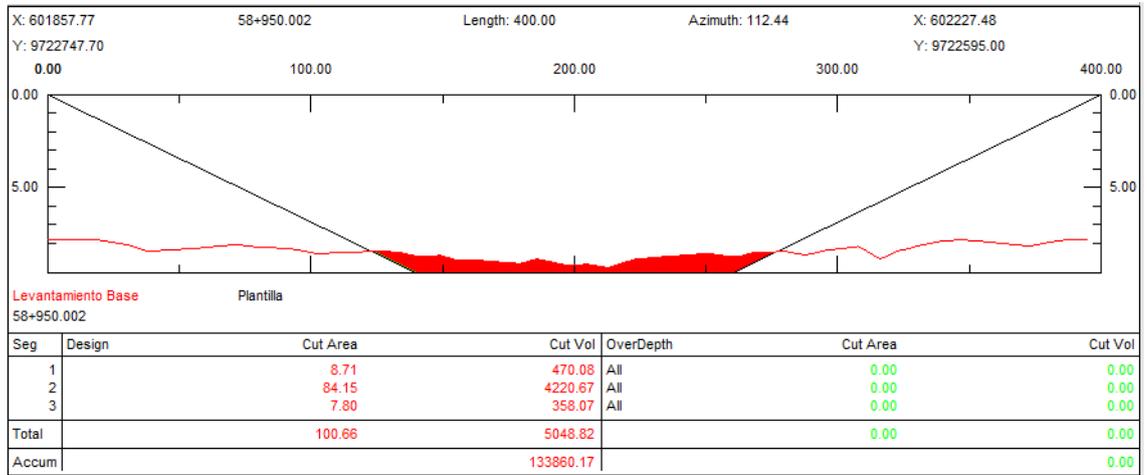
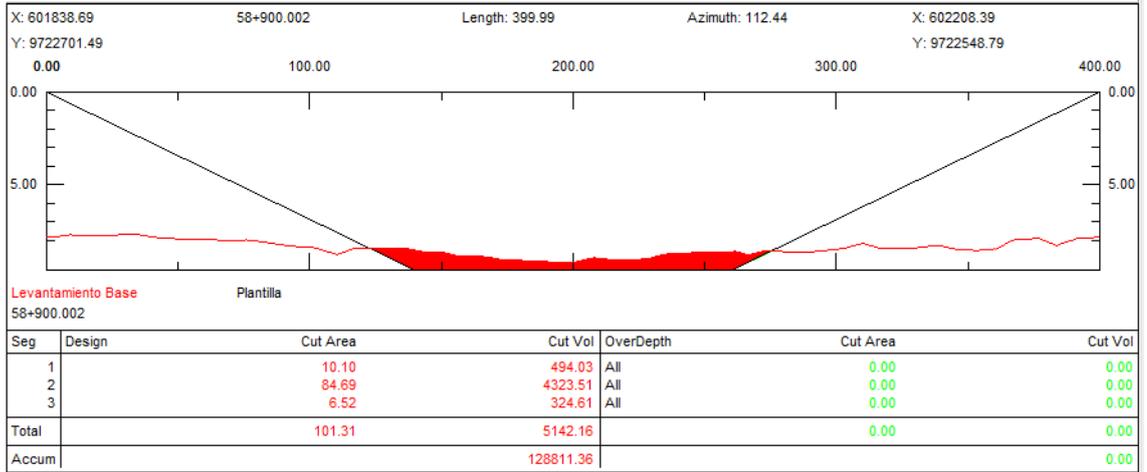




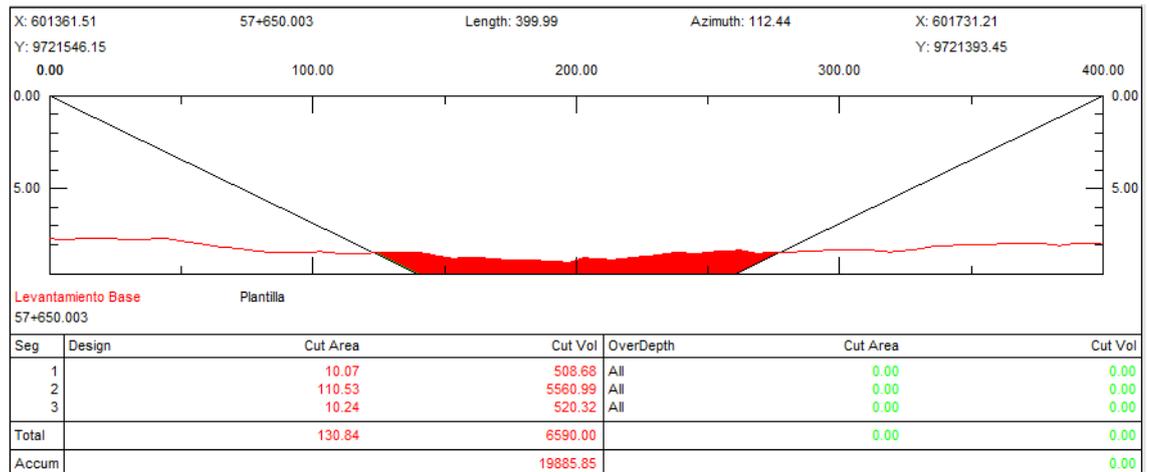
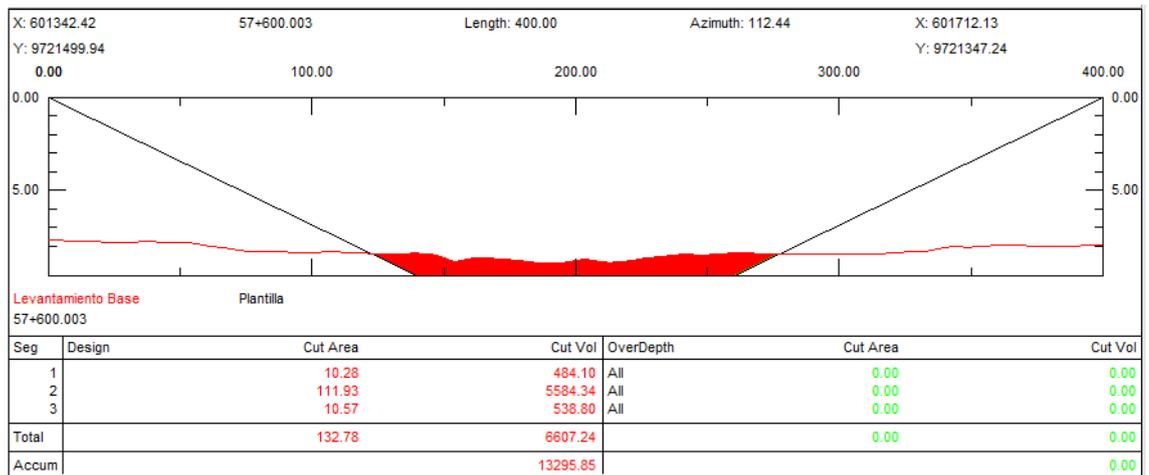
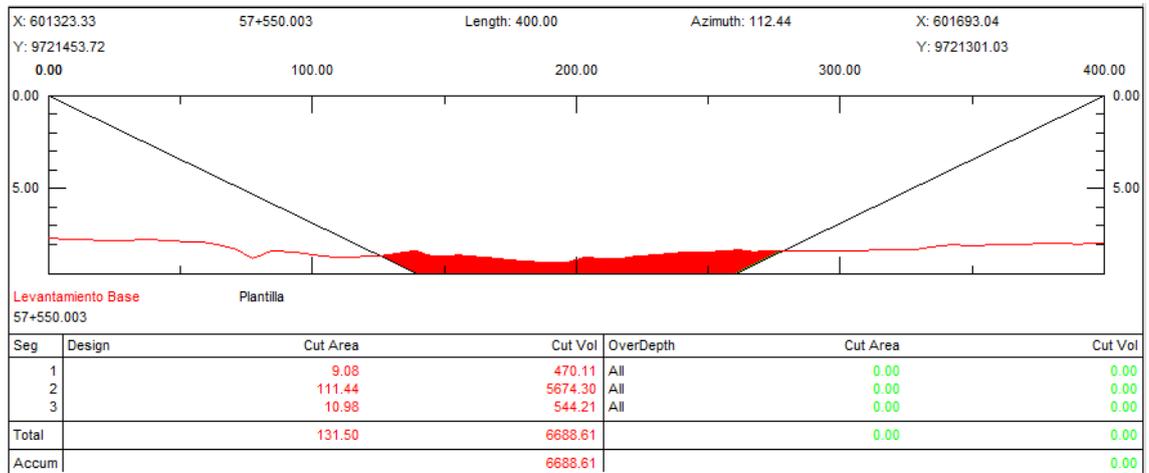


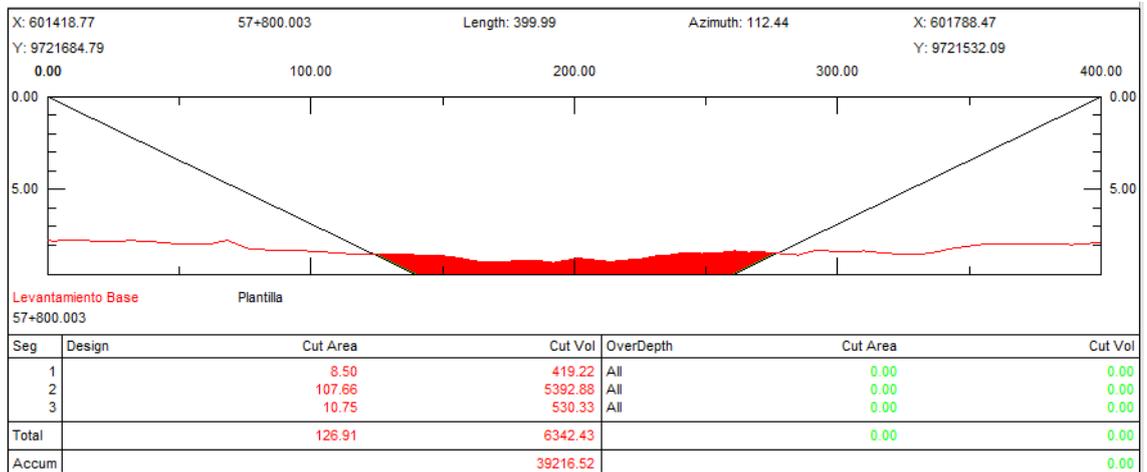
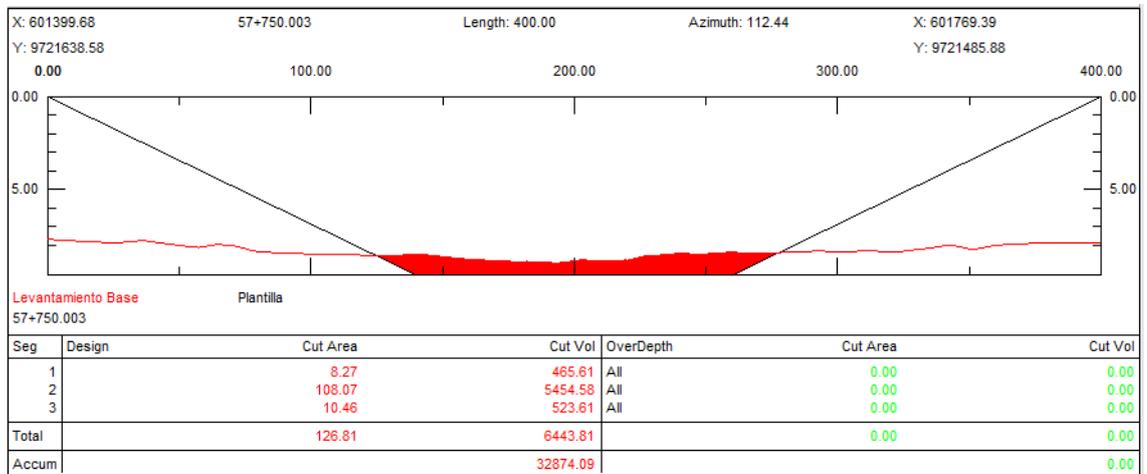
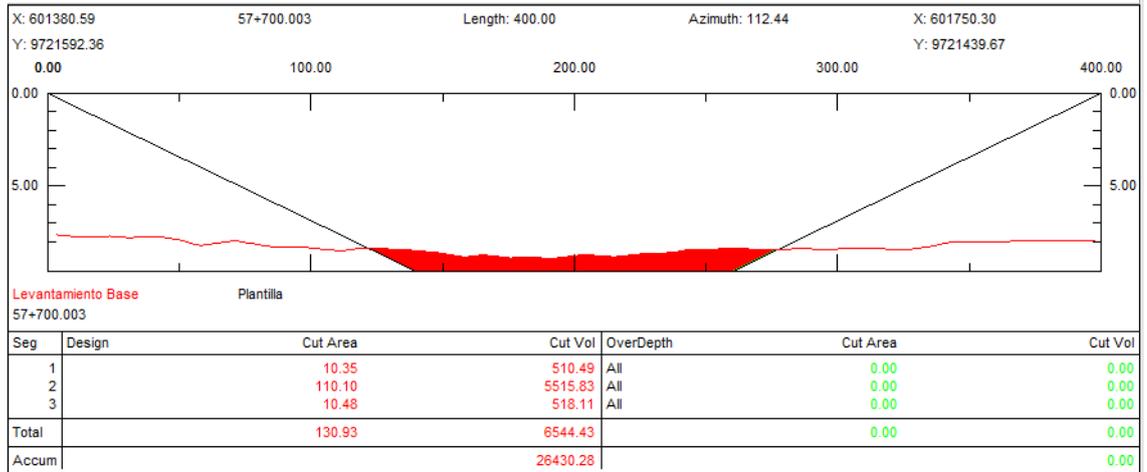


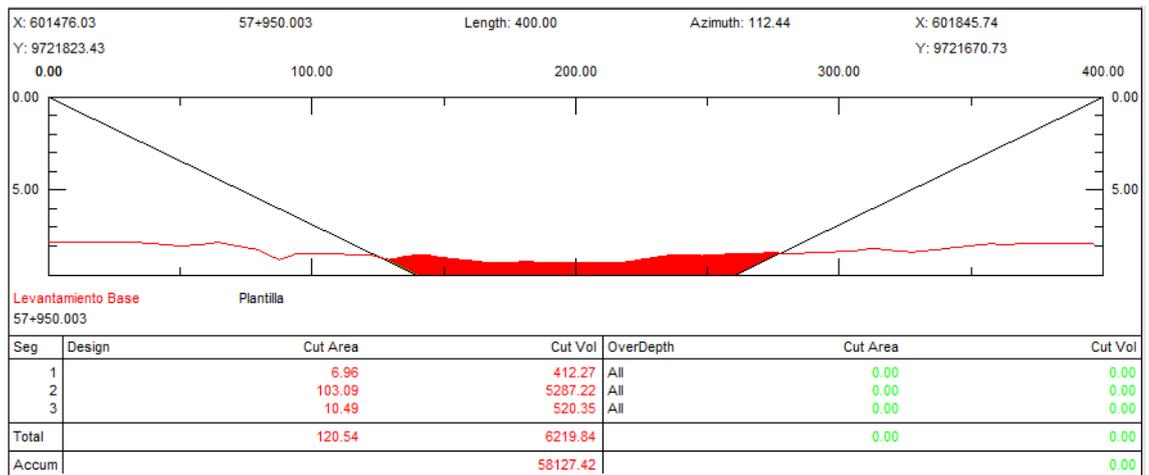
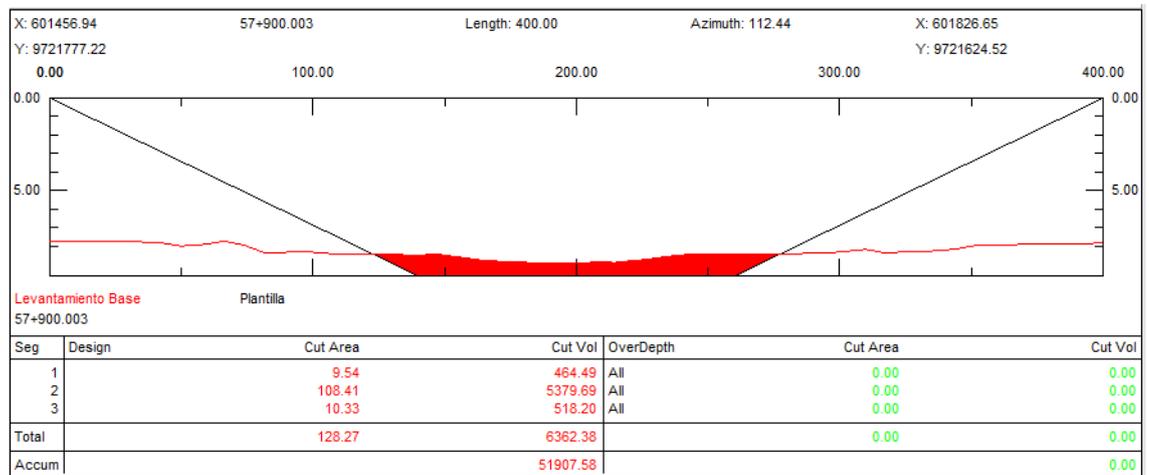
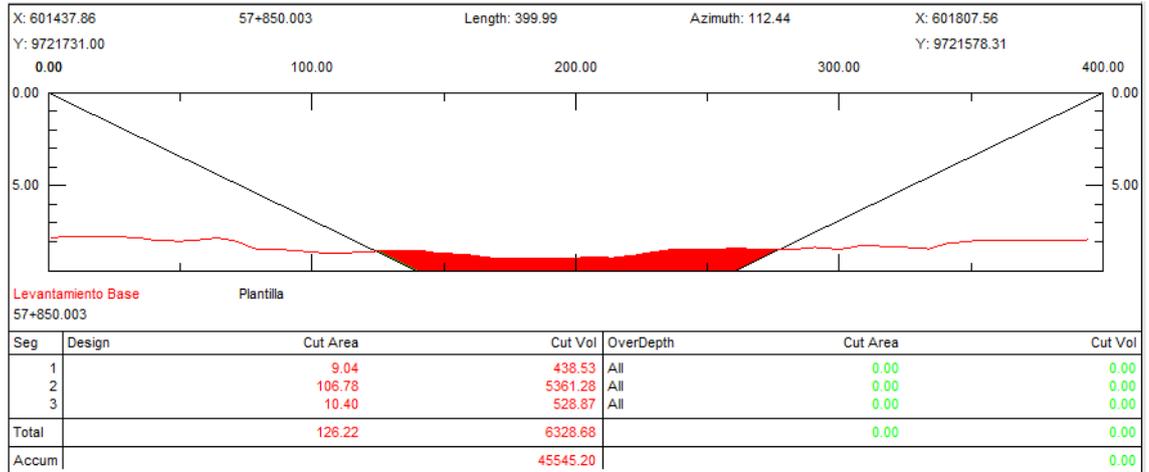


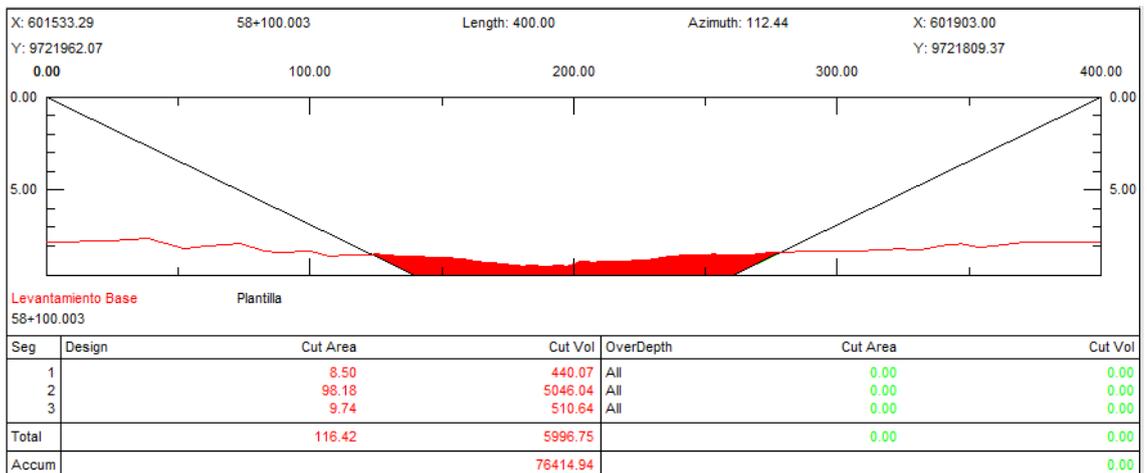
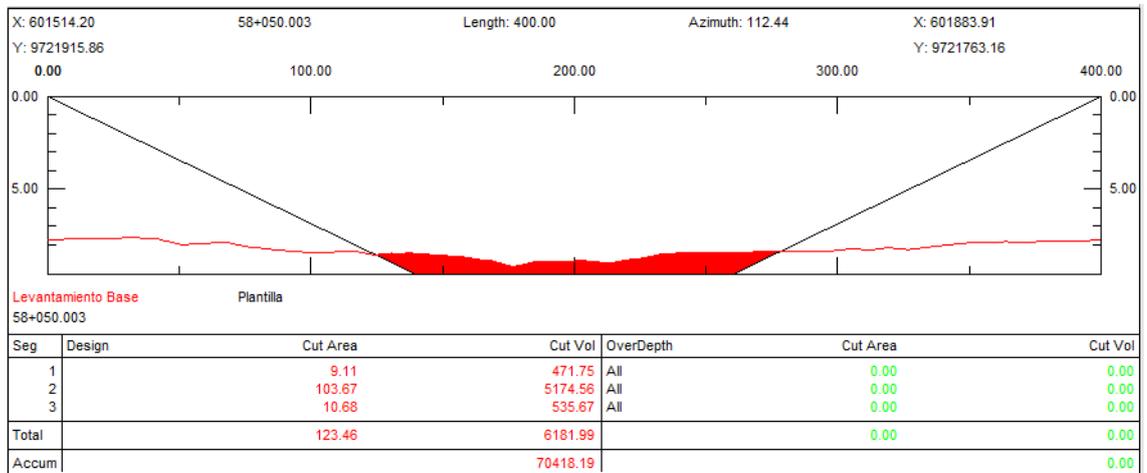
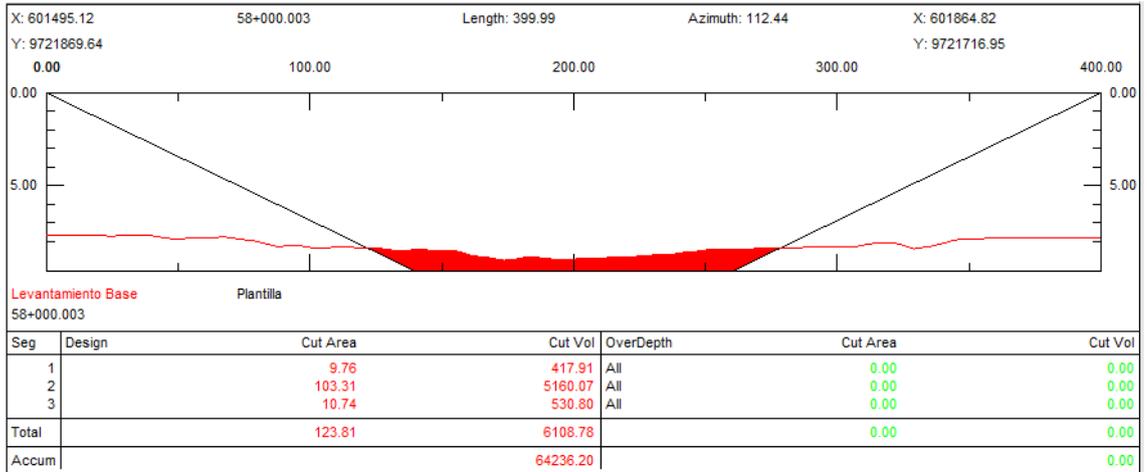


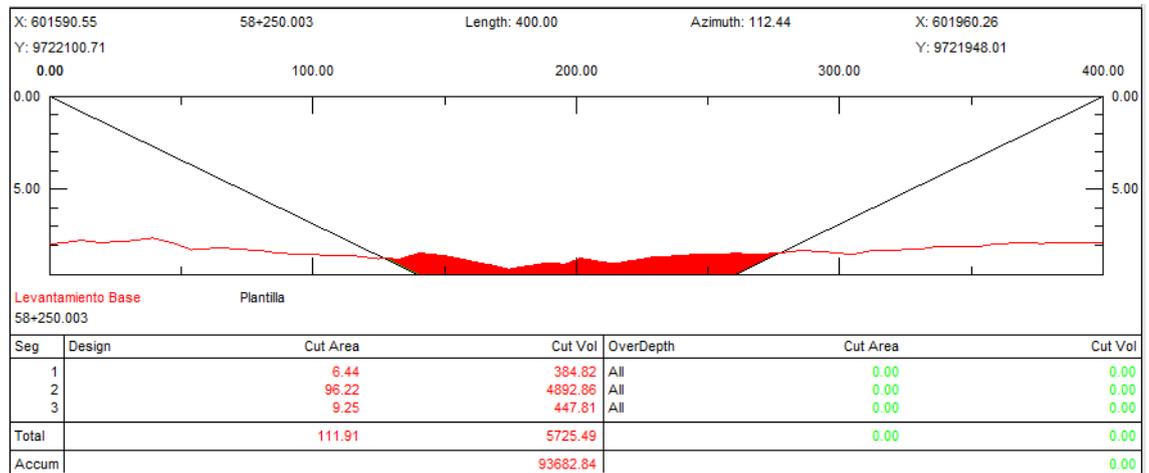
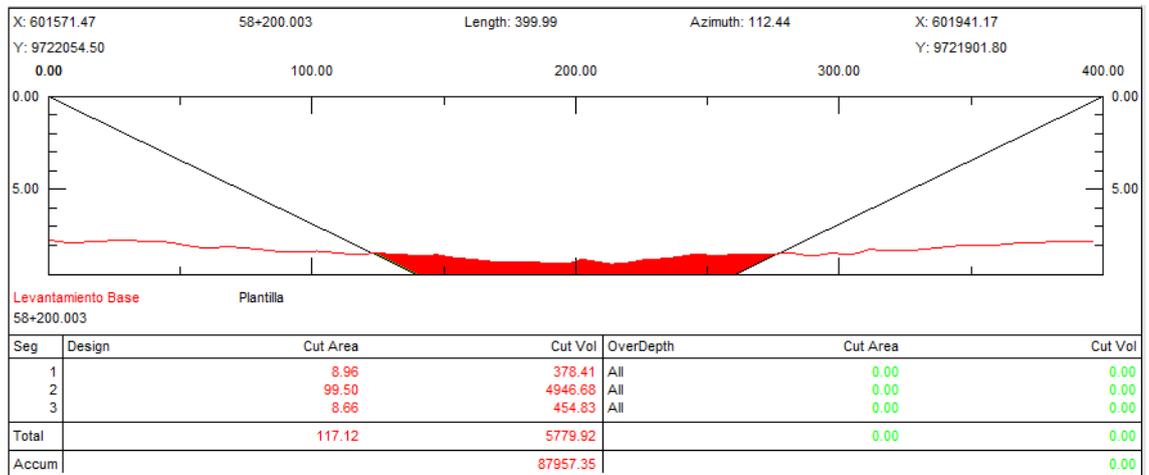
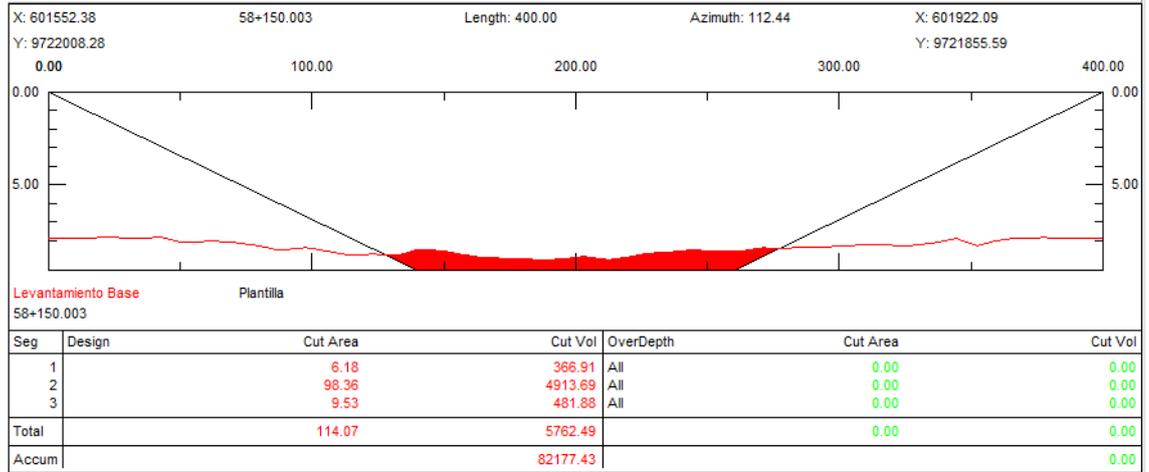
BATIMETRIA MARZO/2018

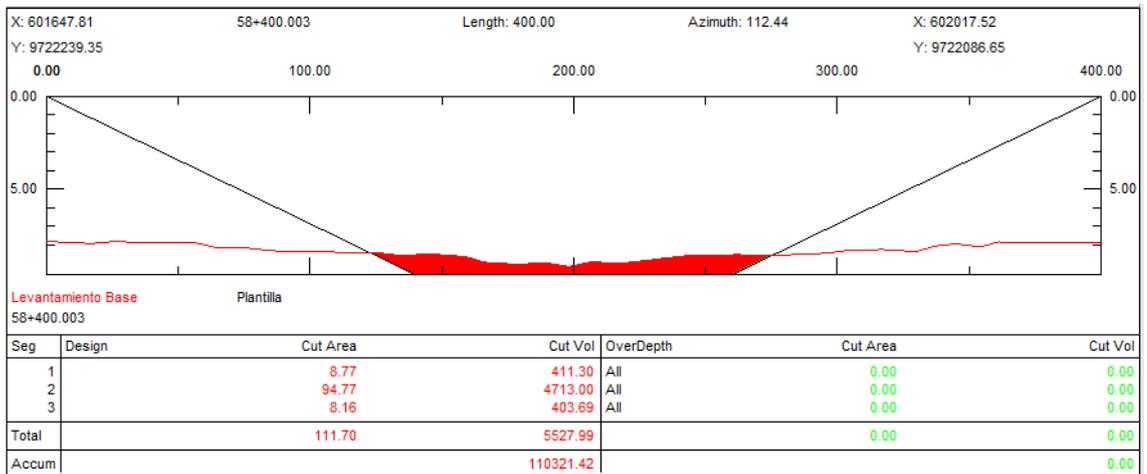
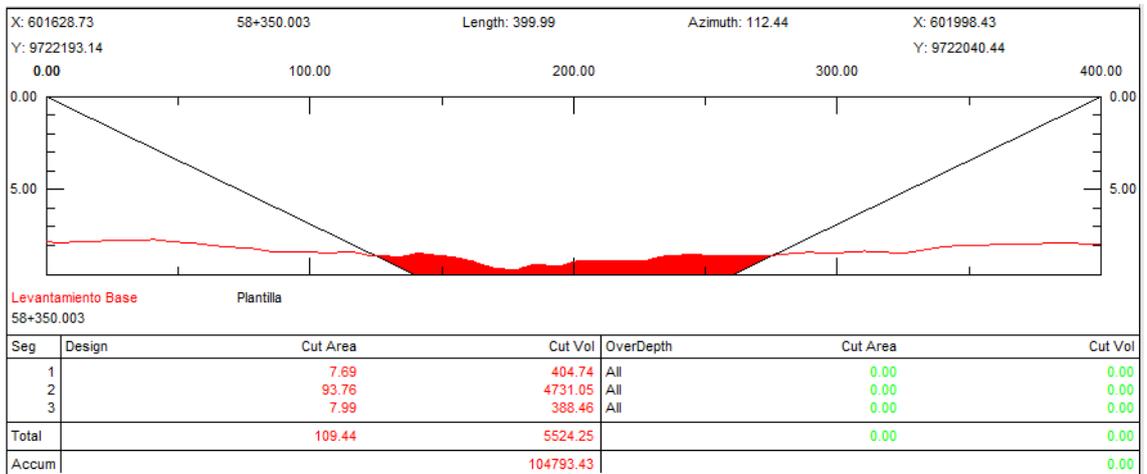
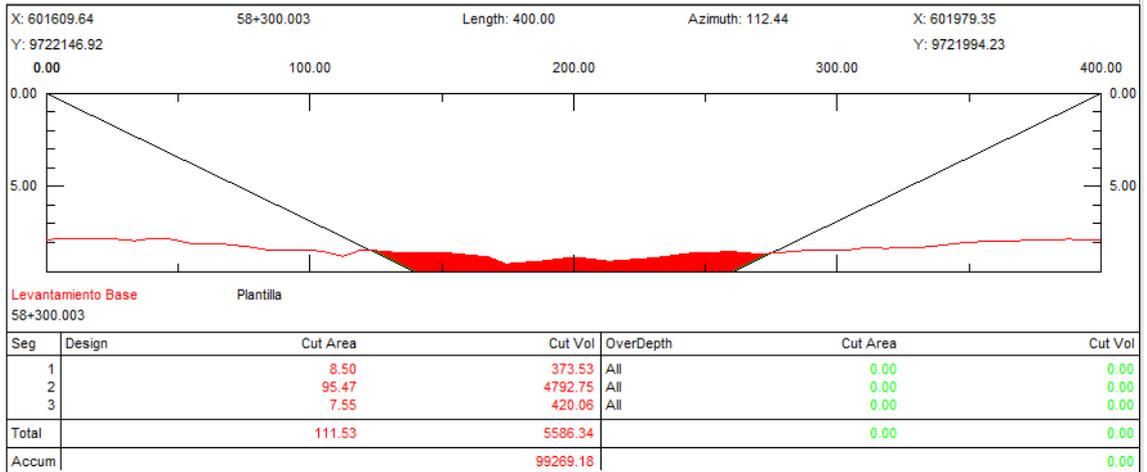


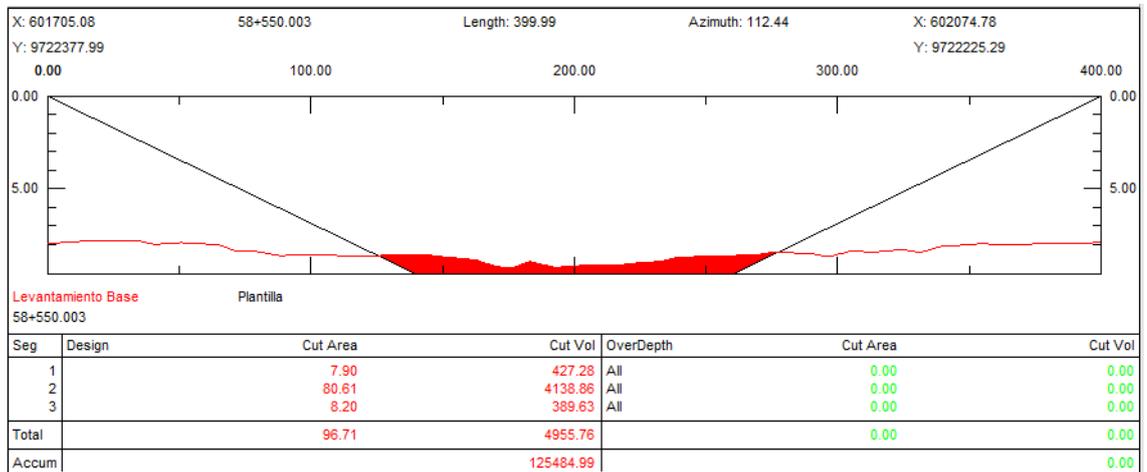
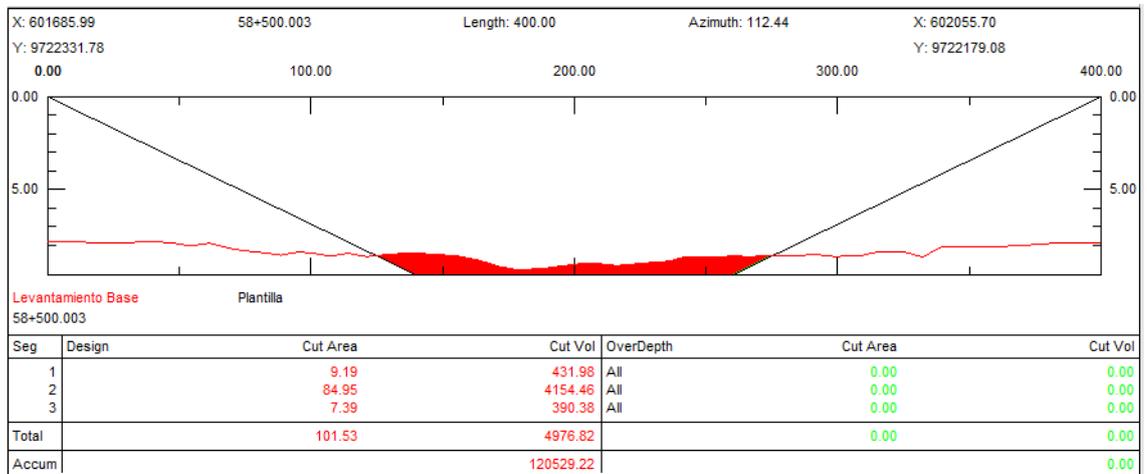
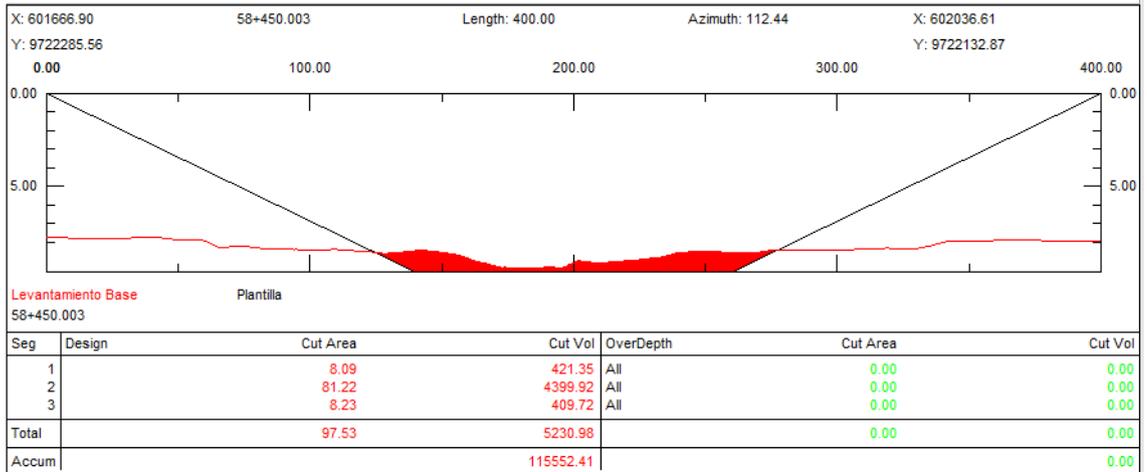


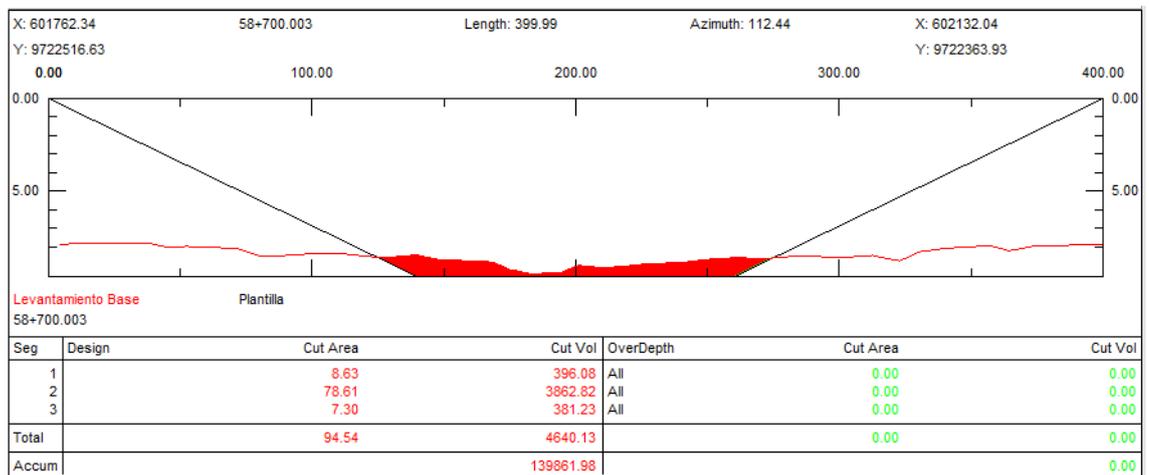
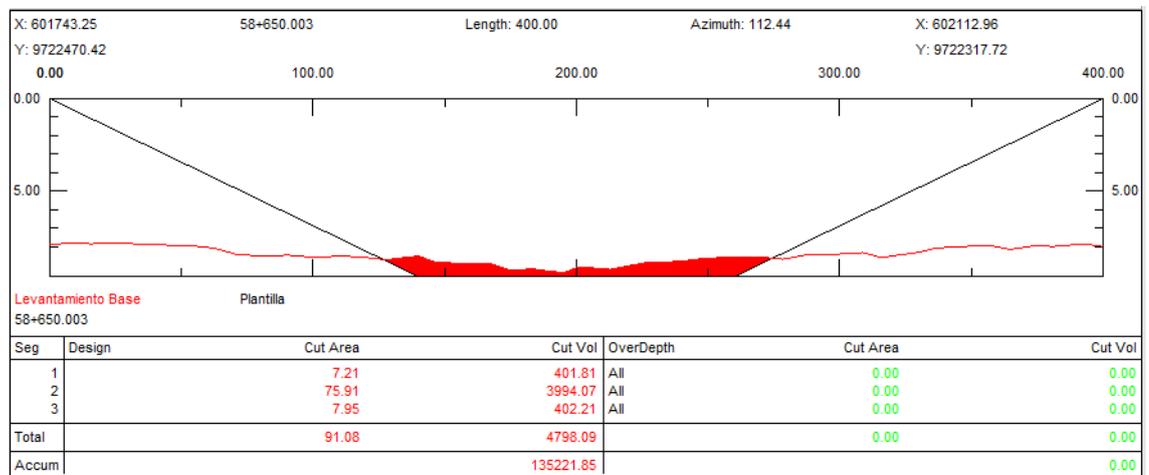
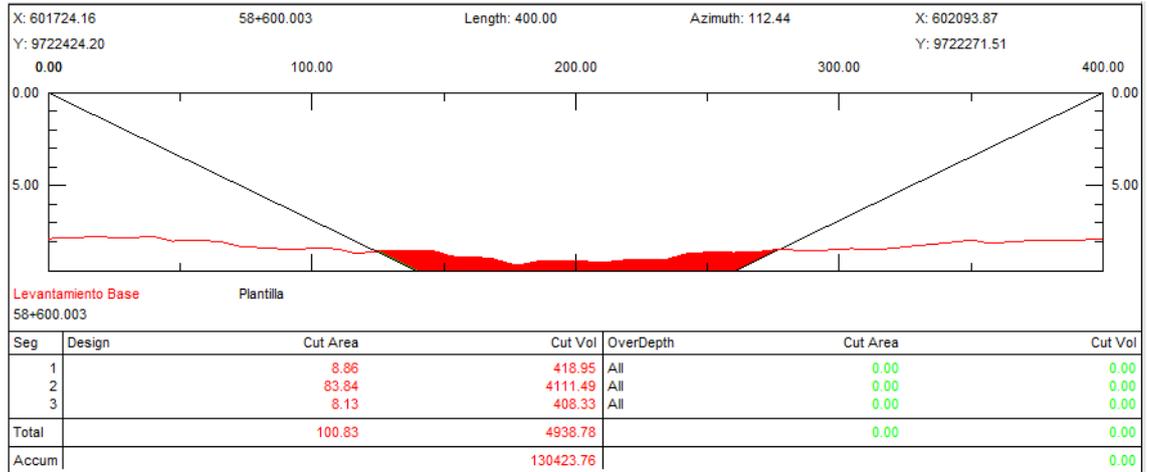


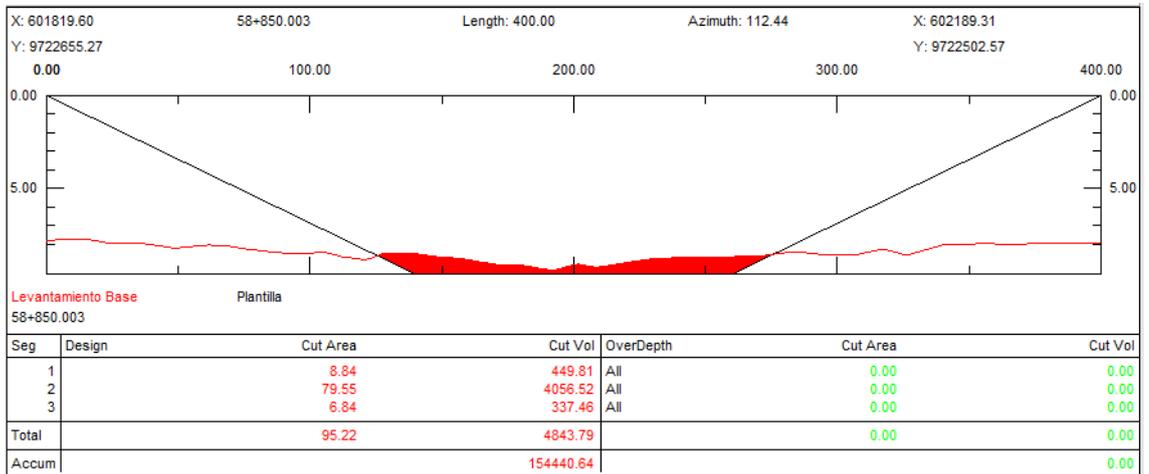
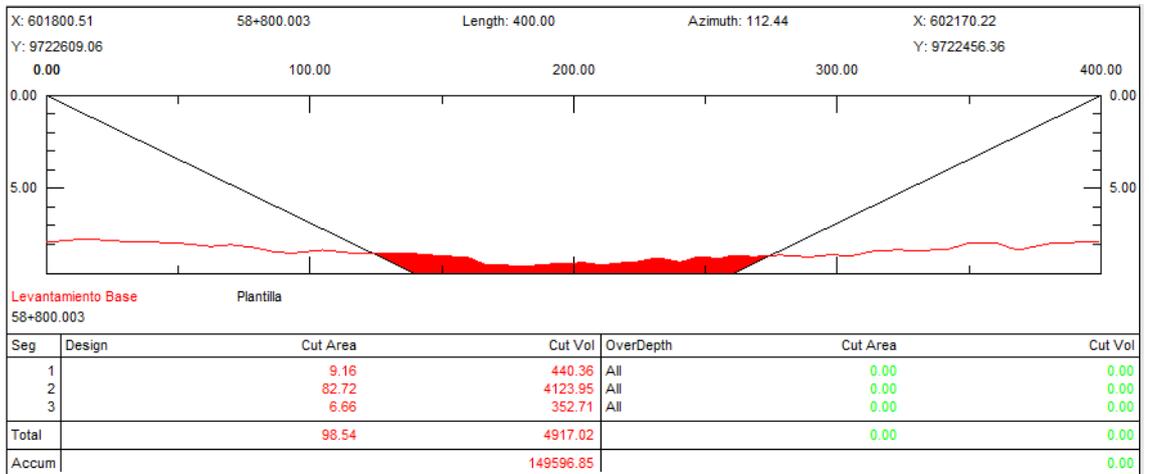
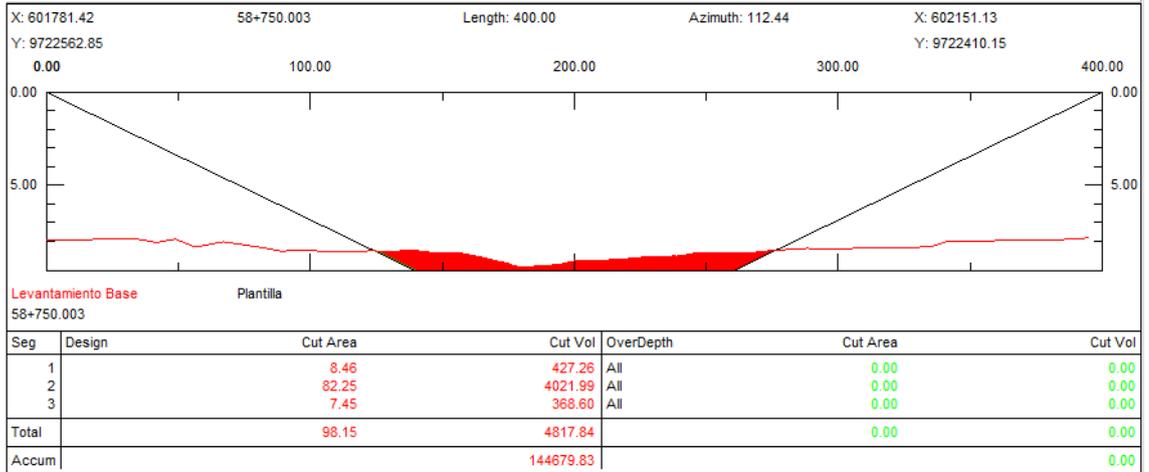


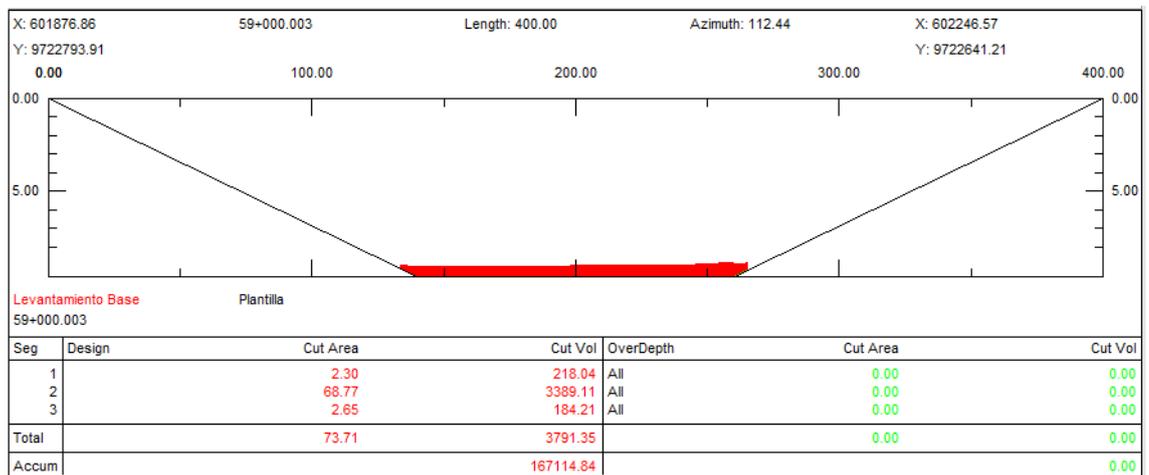
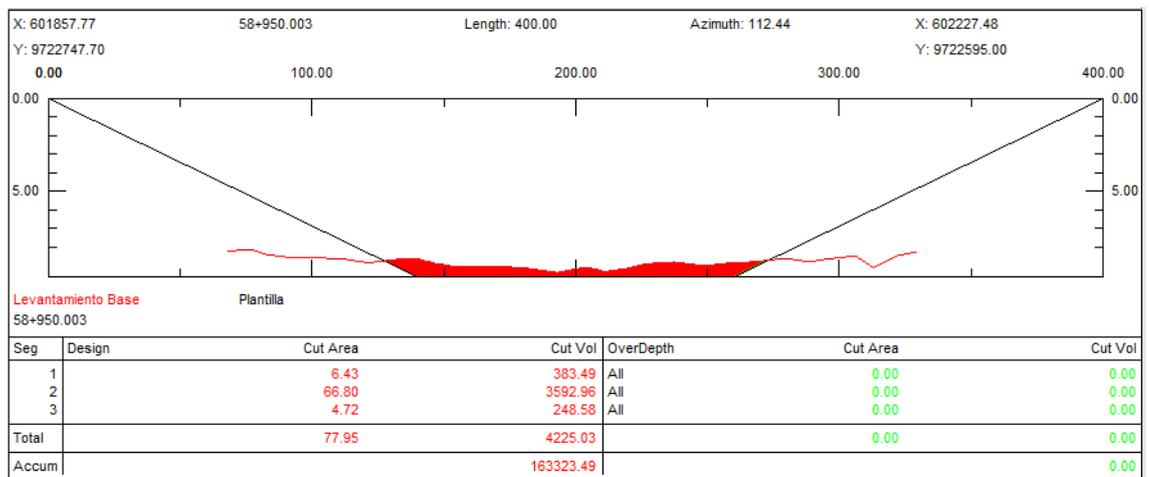
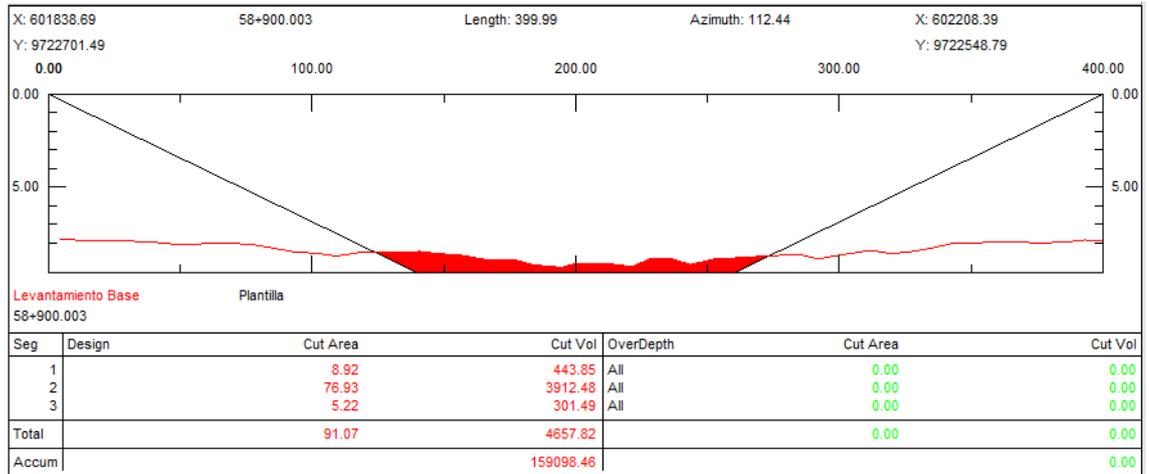




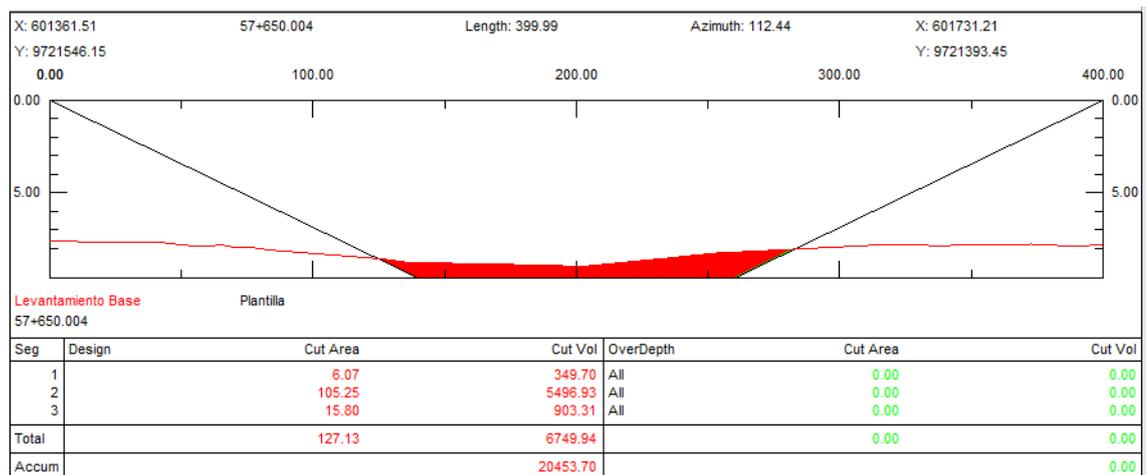
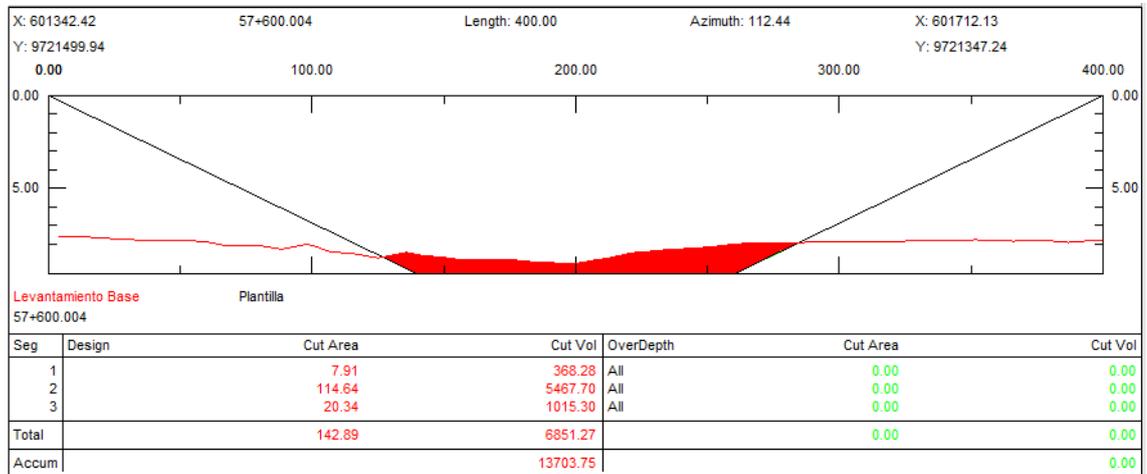
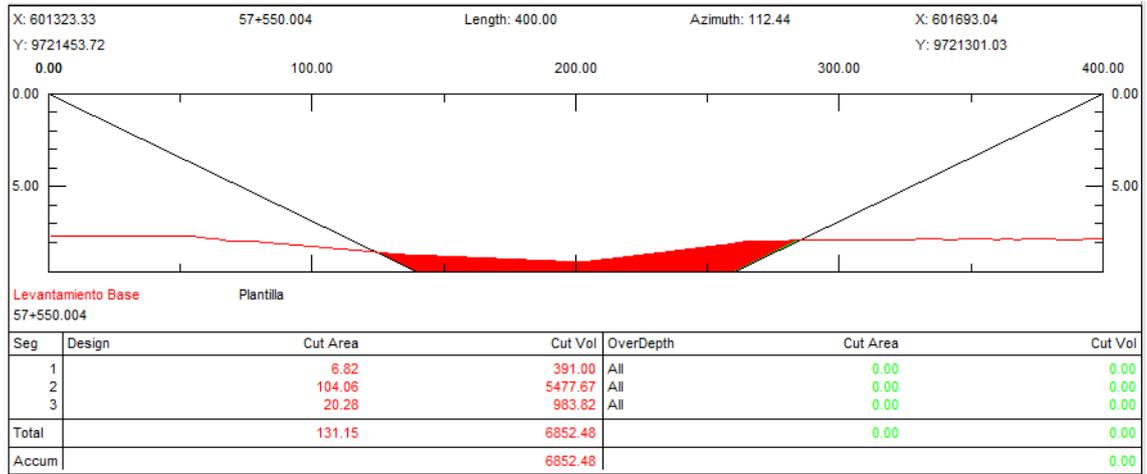


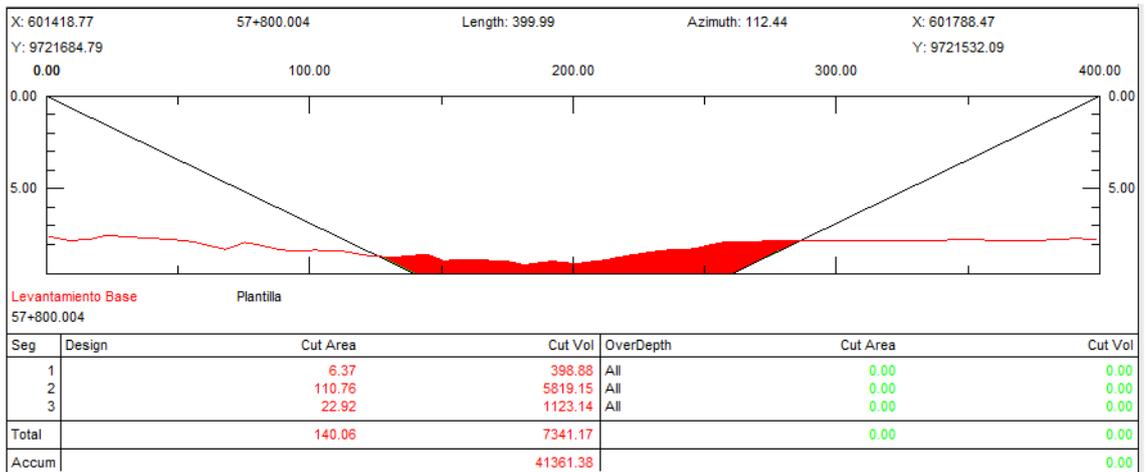
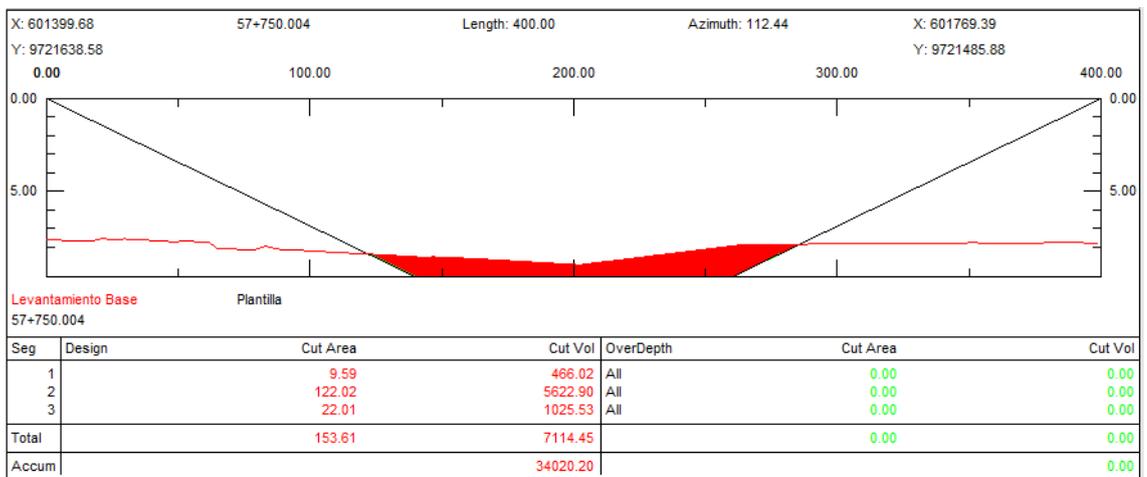
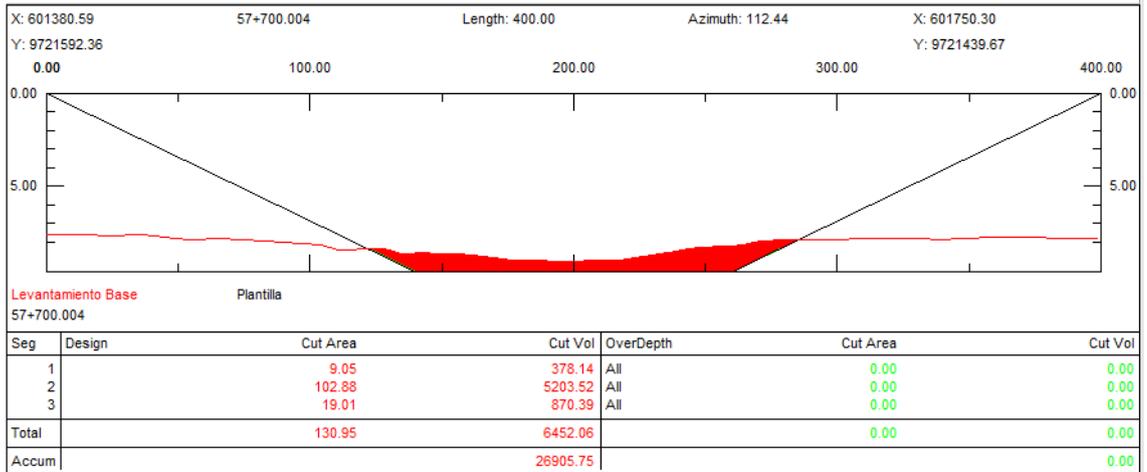


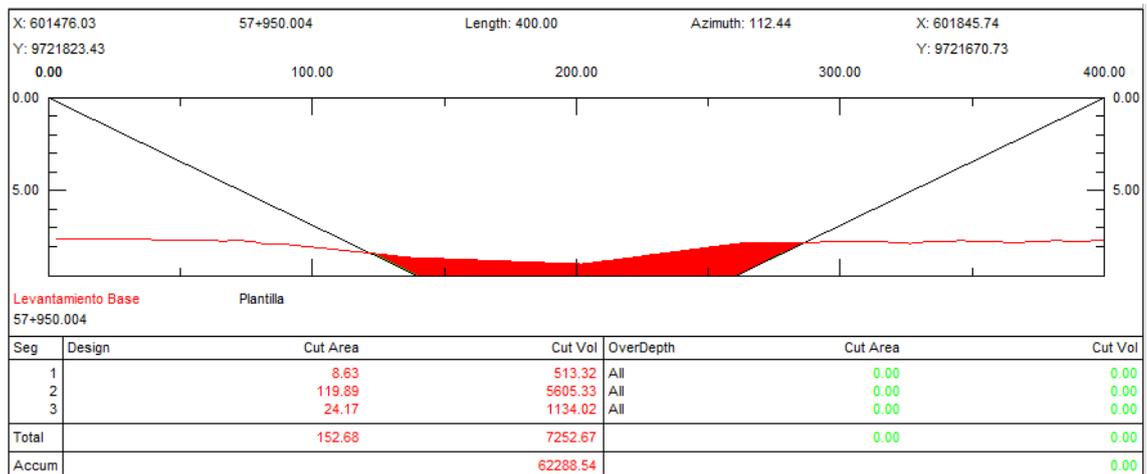
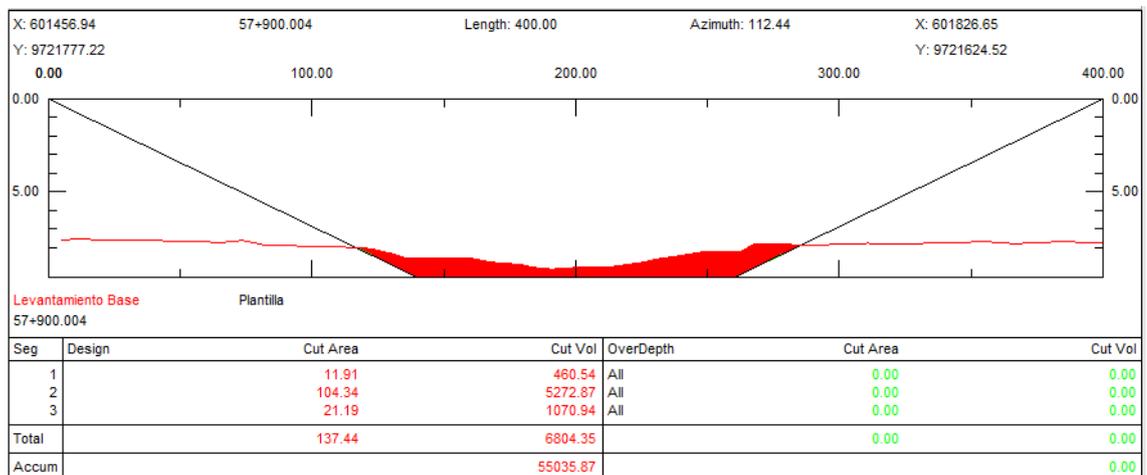
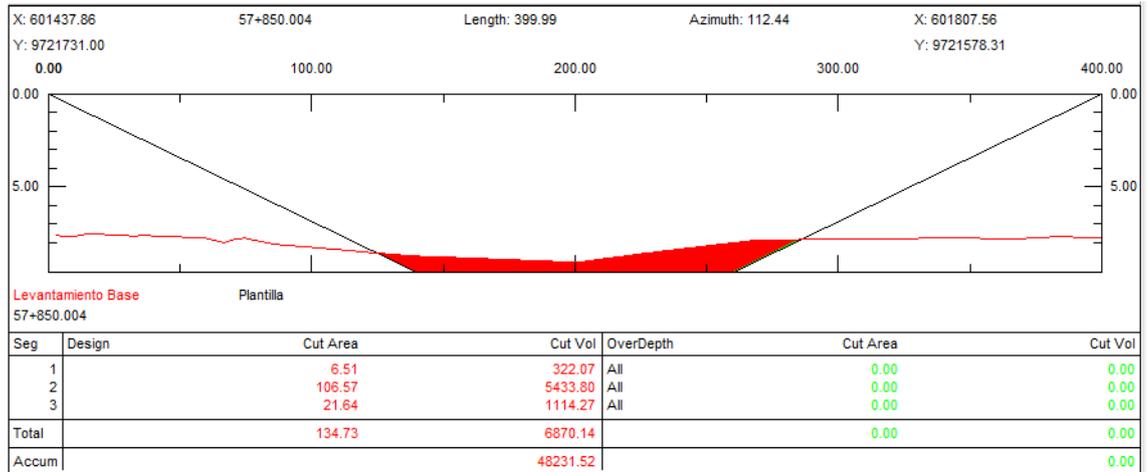


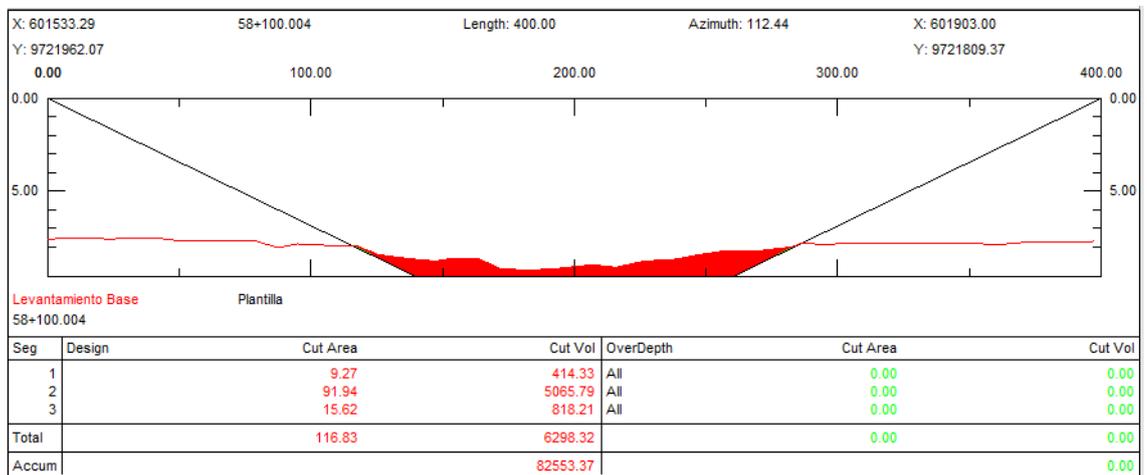
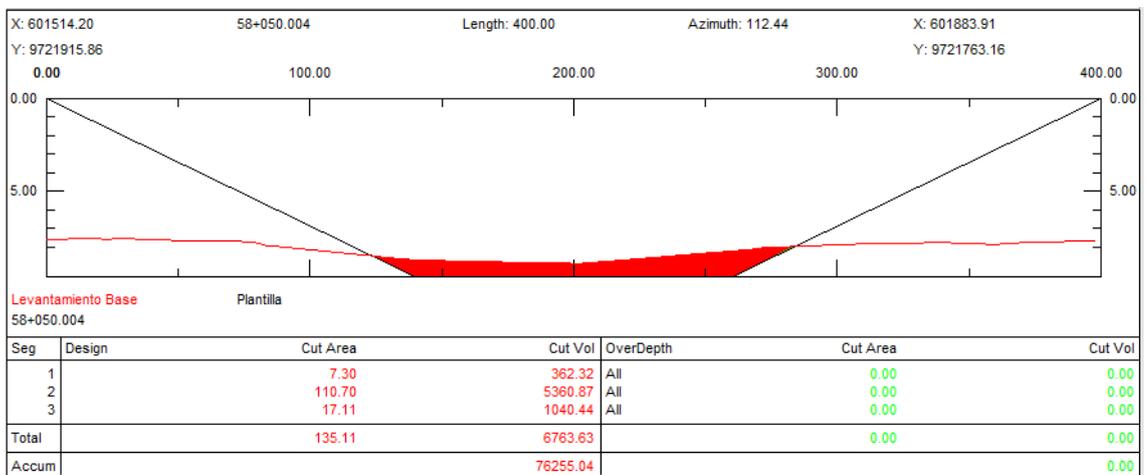
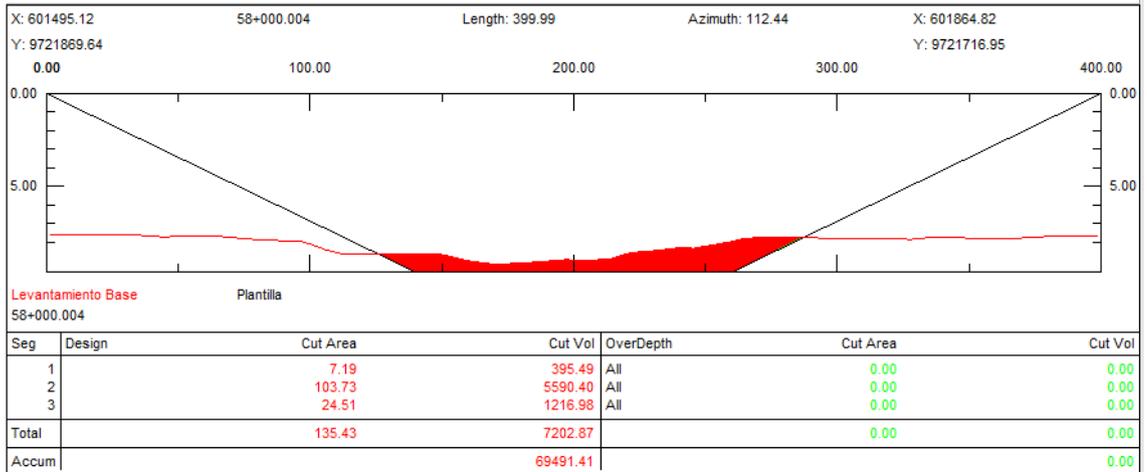


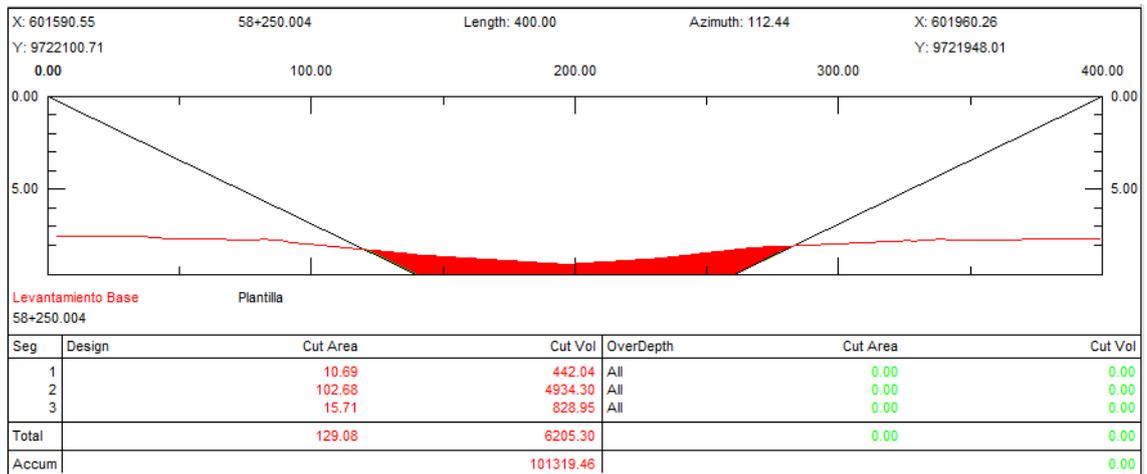
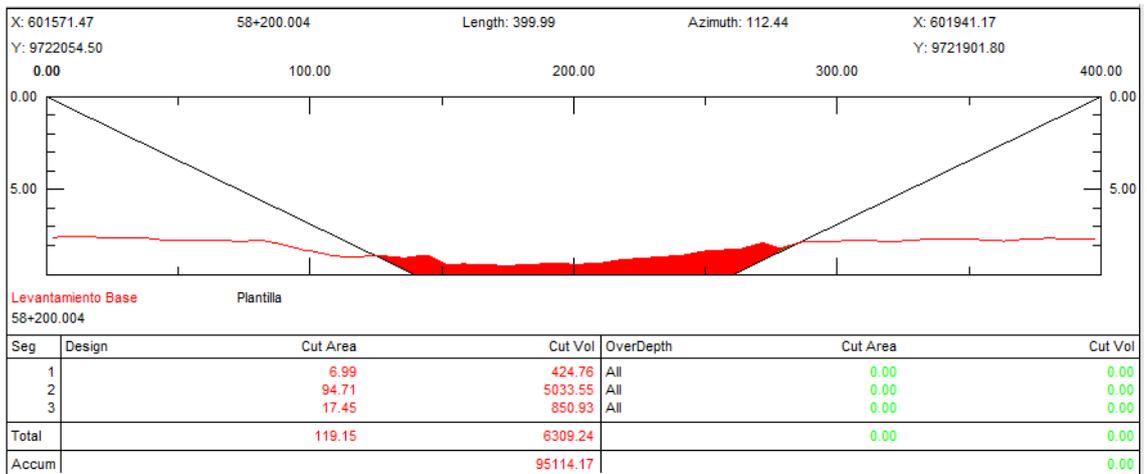
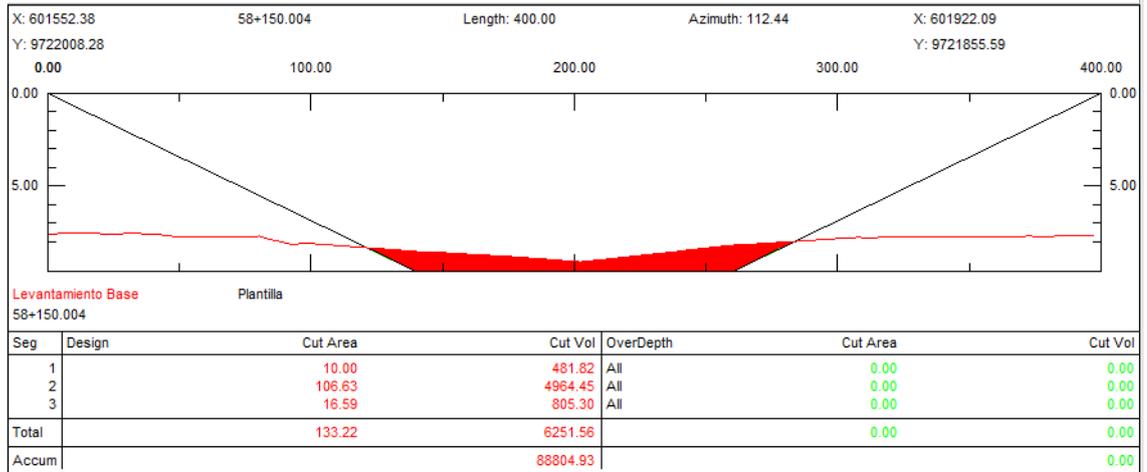
BATIMETRIA ABRIL/2018

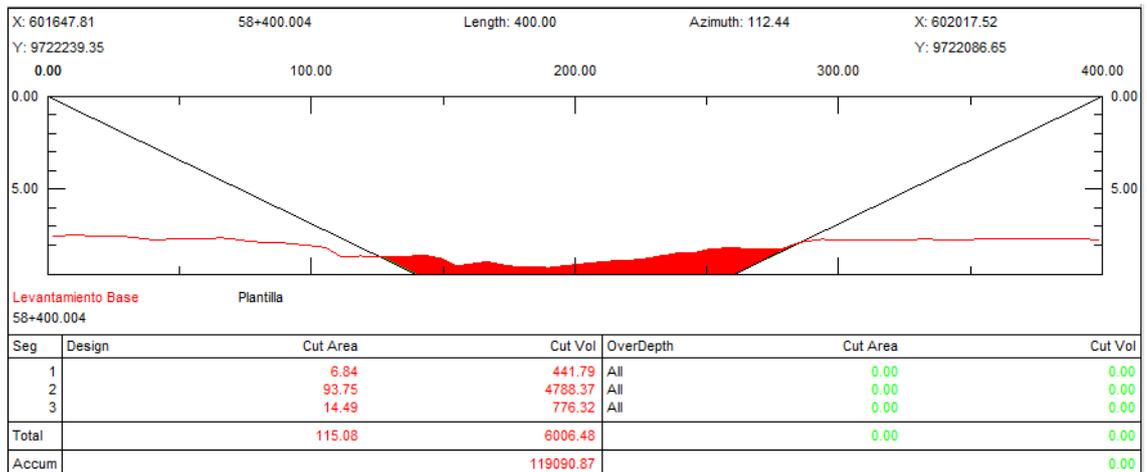
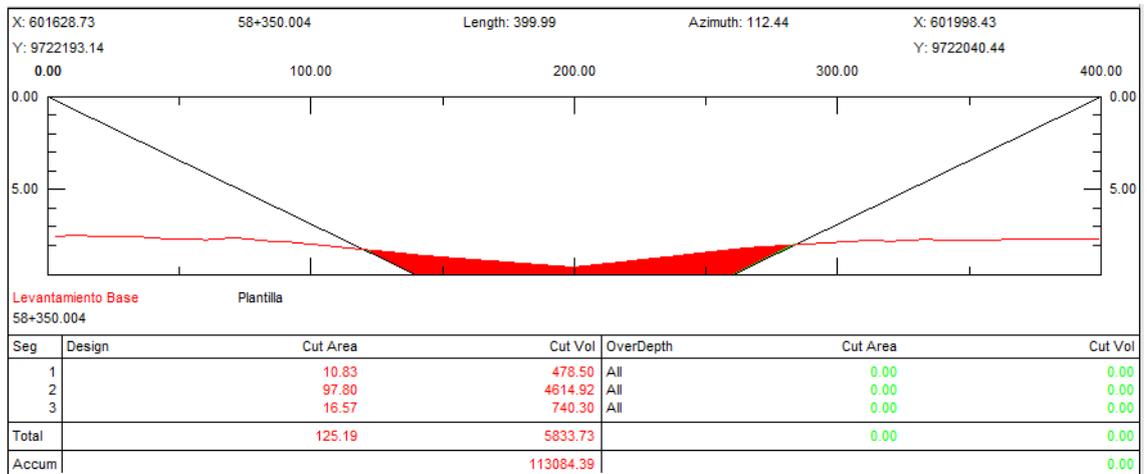
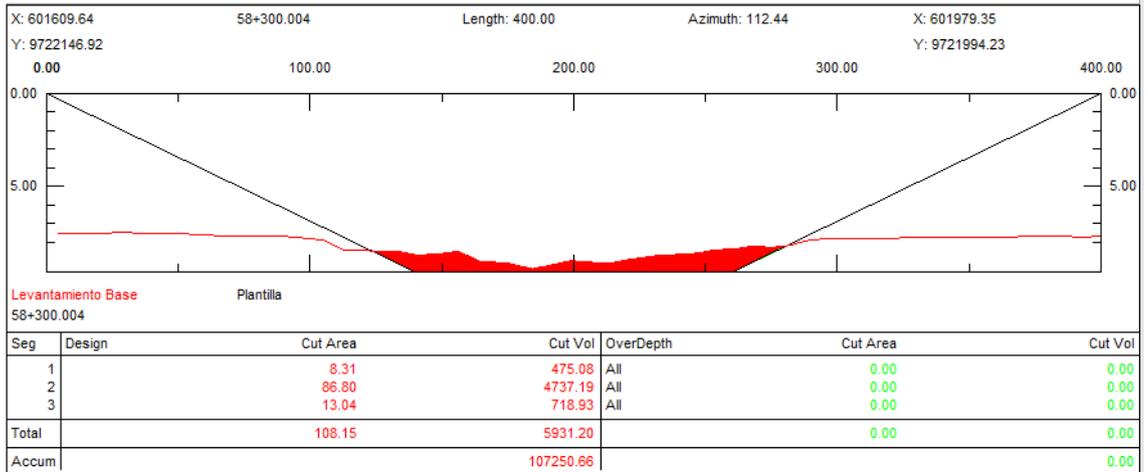


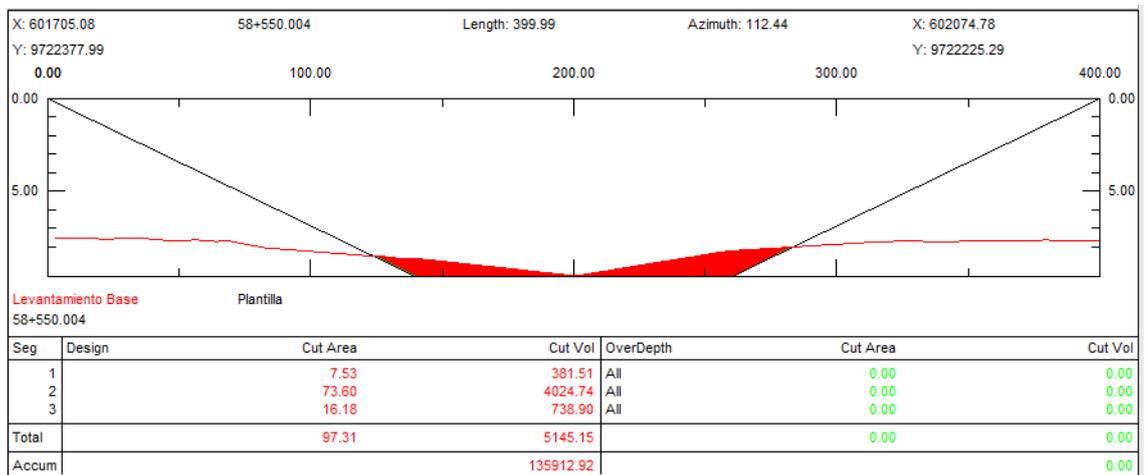
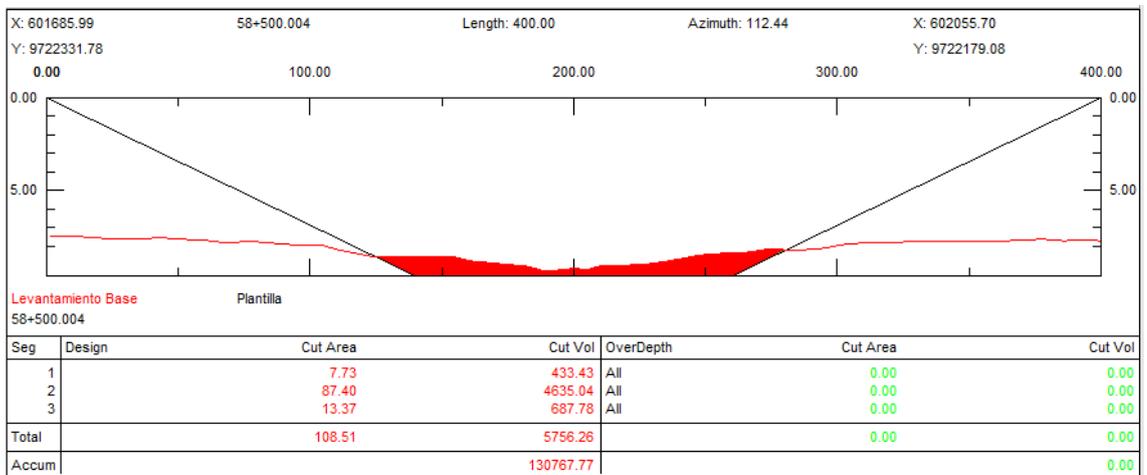
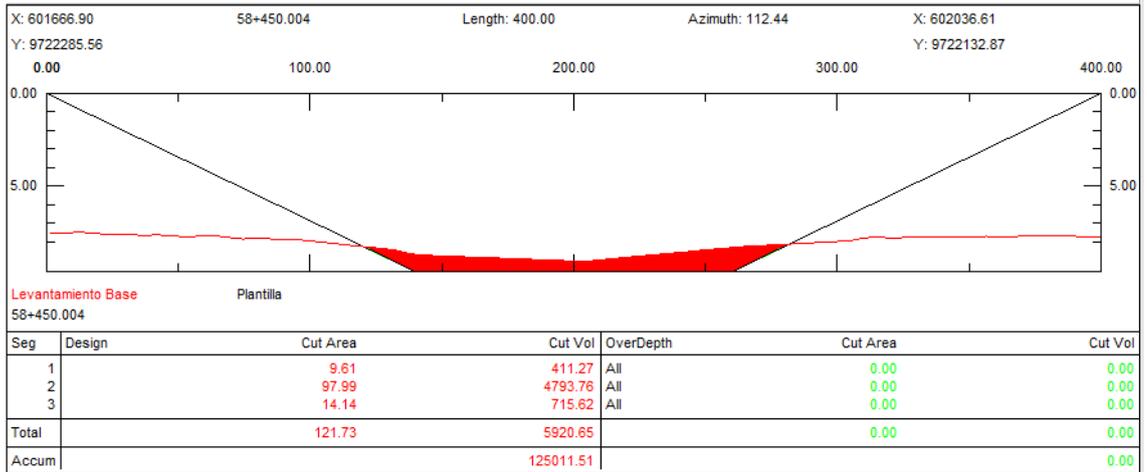


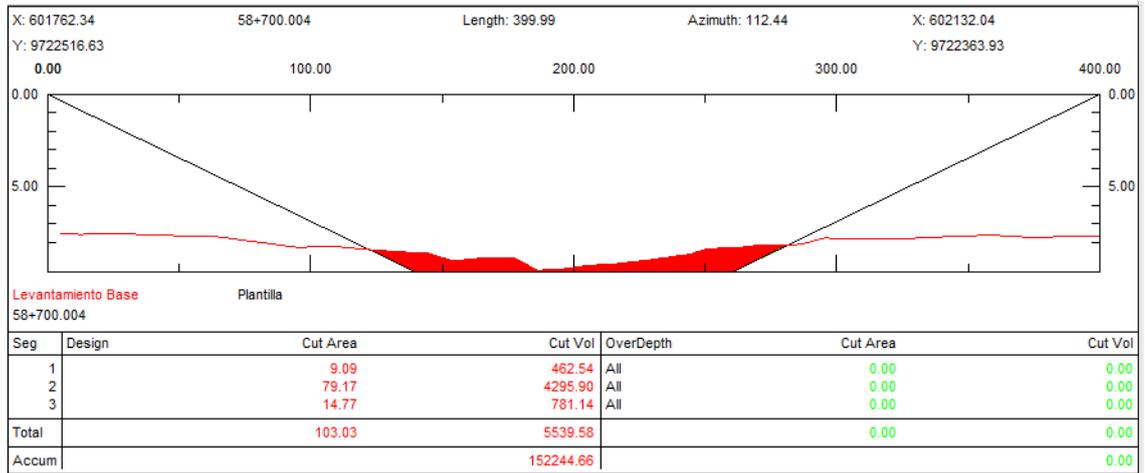
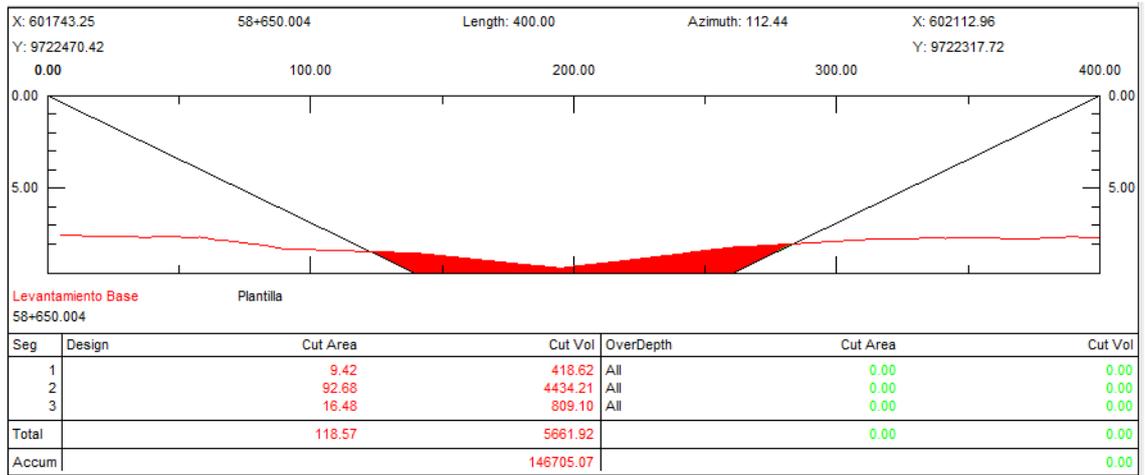
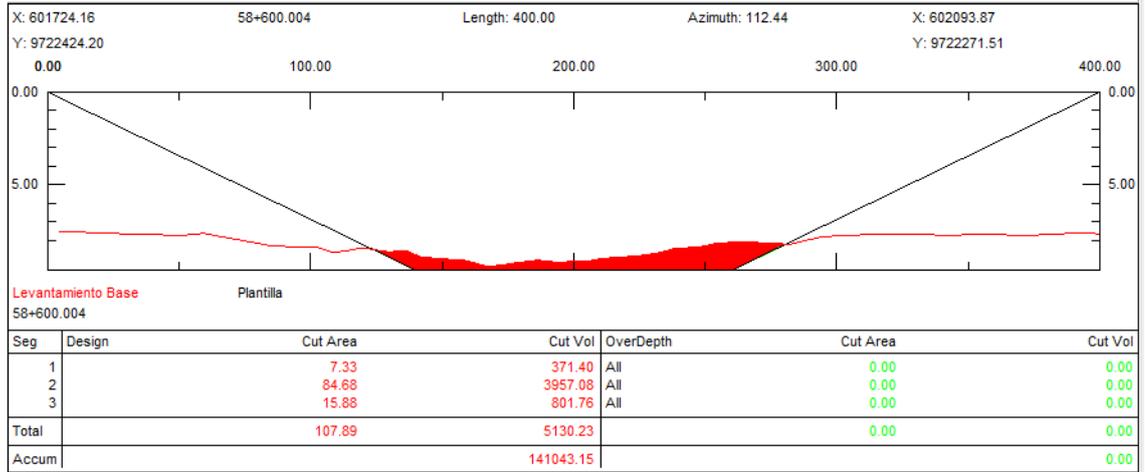


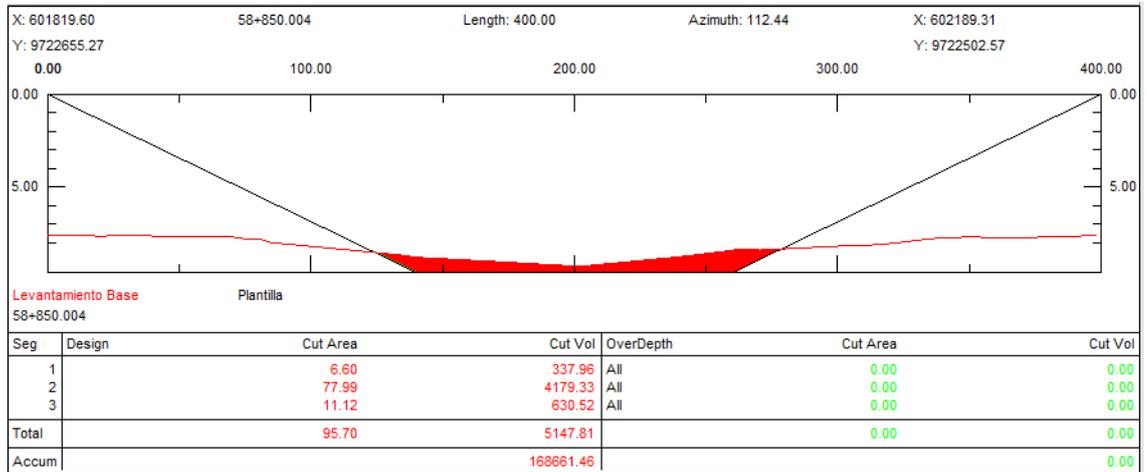
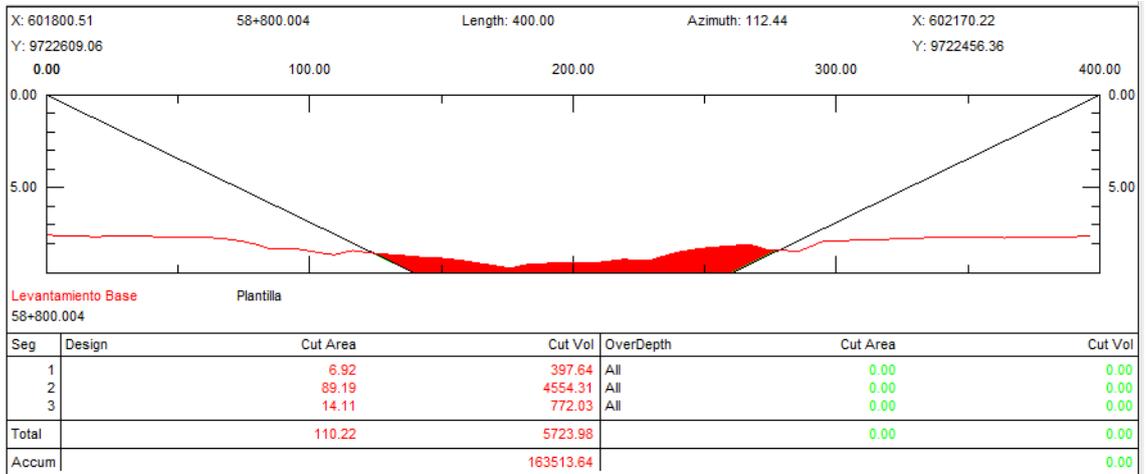
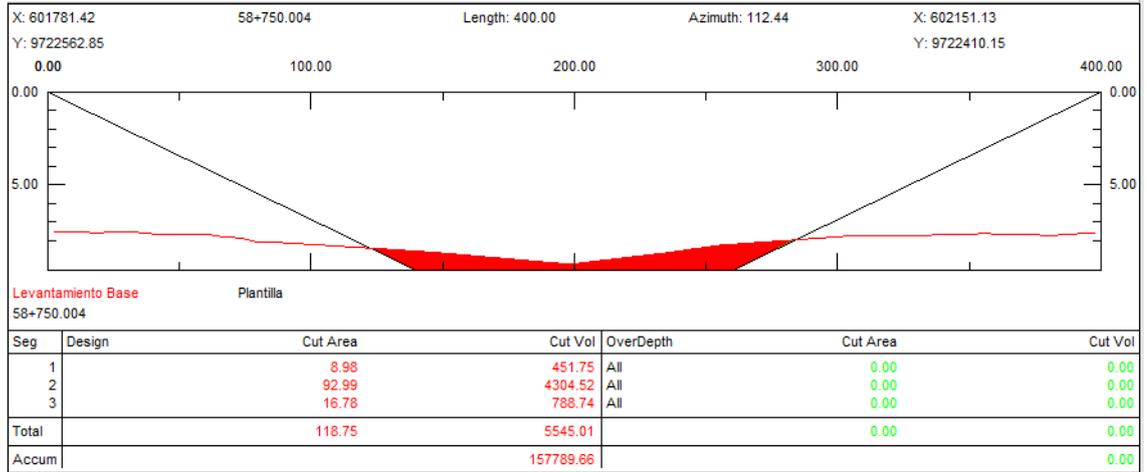


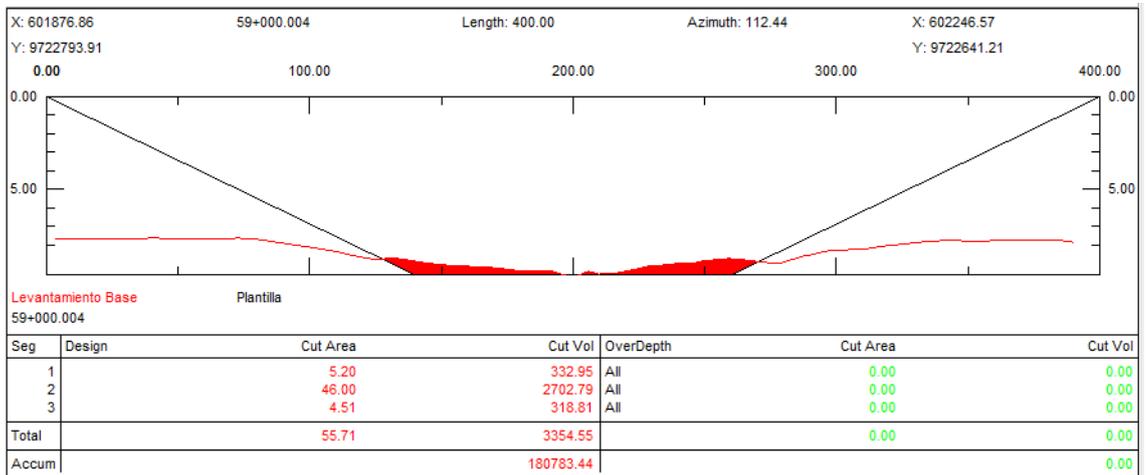
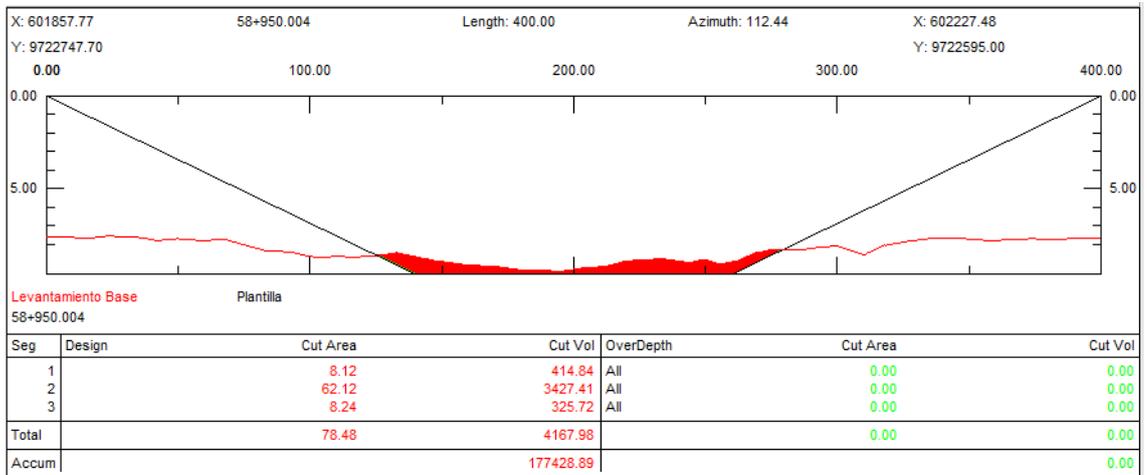
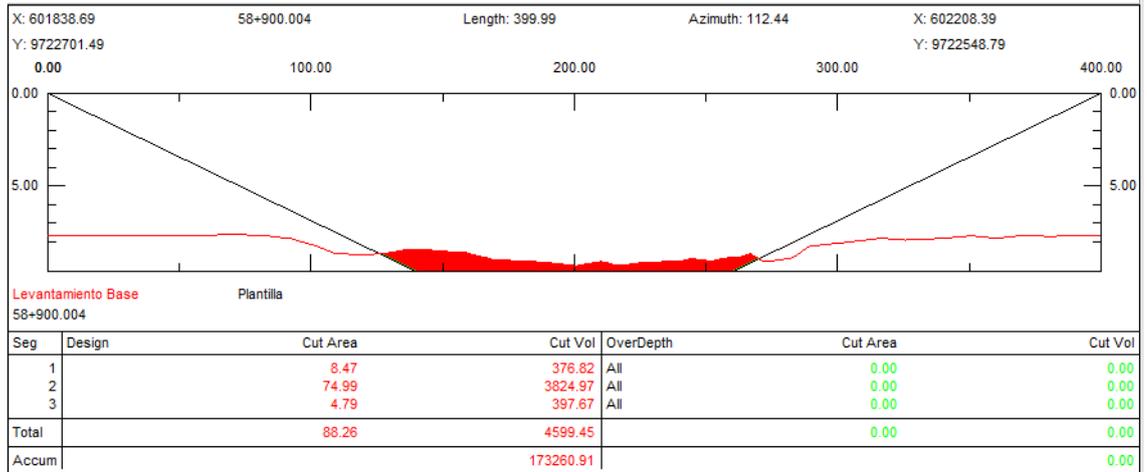




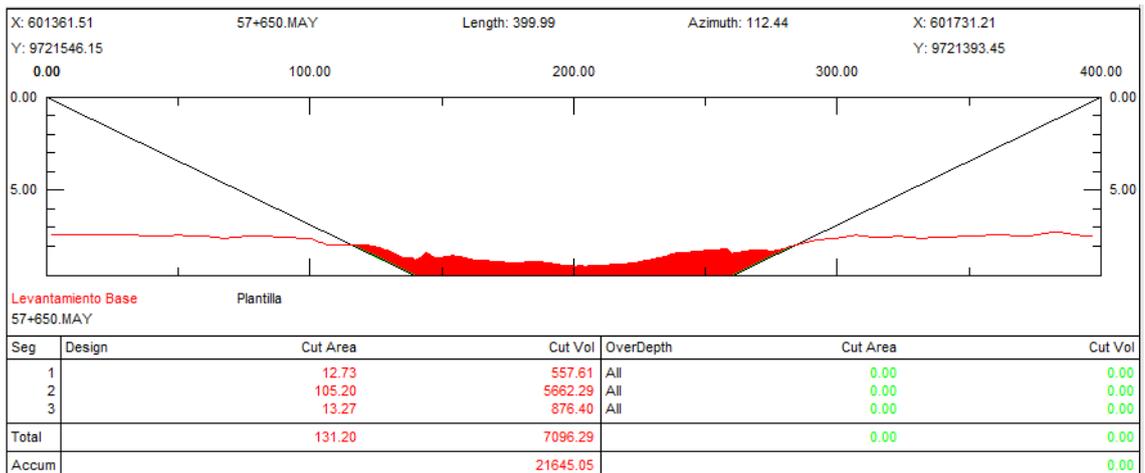
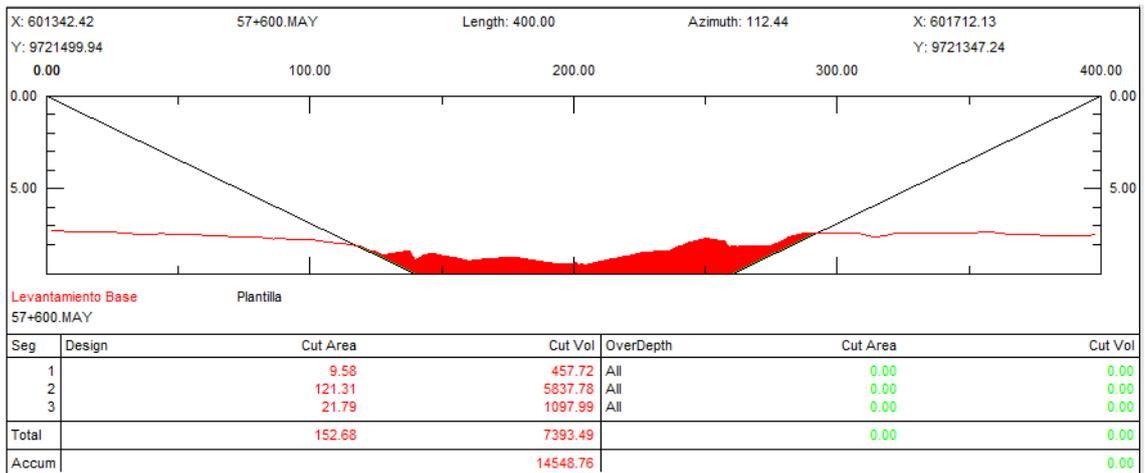
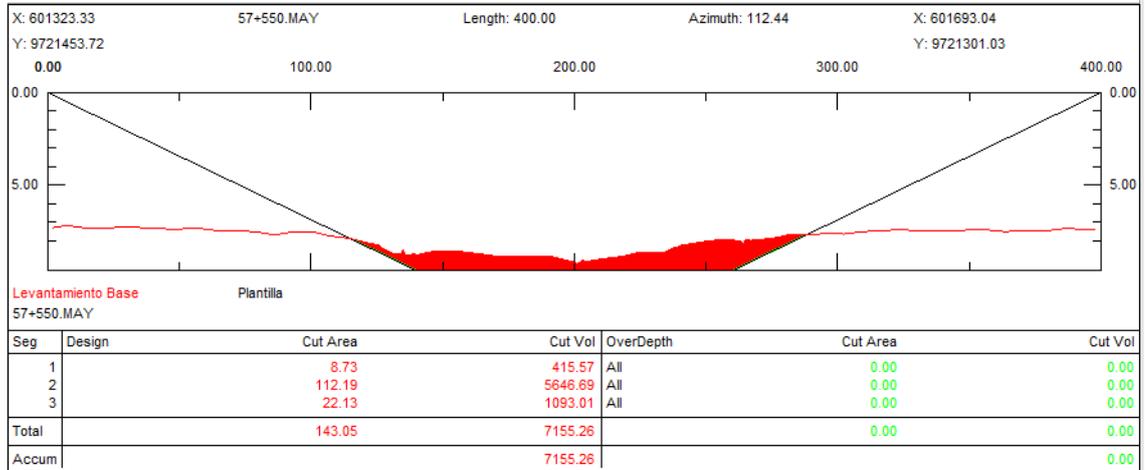


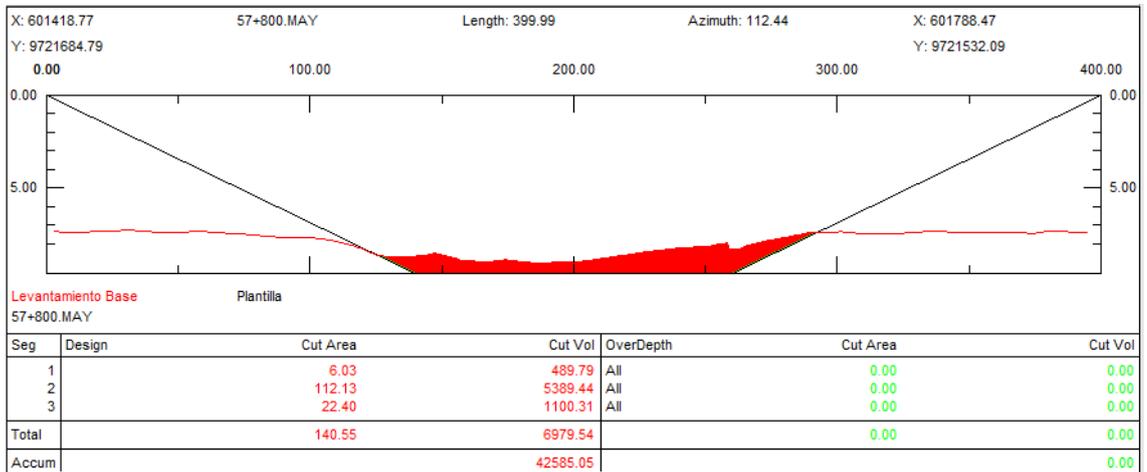
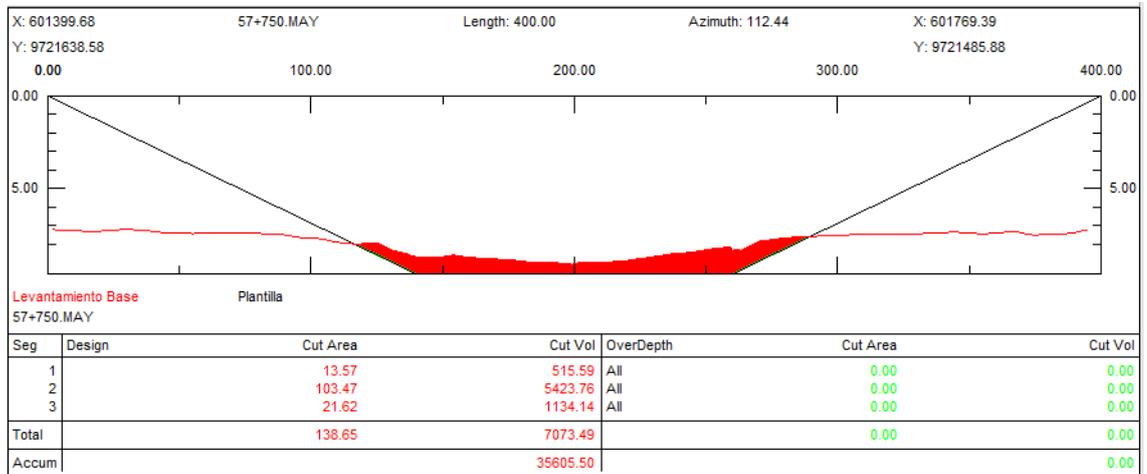
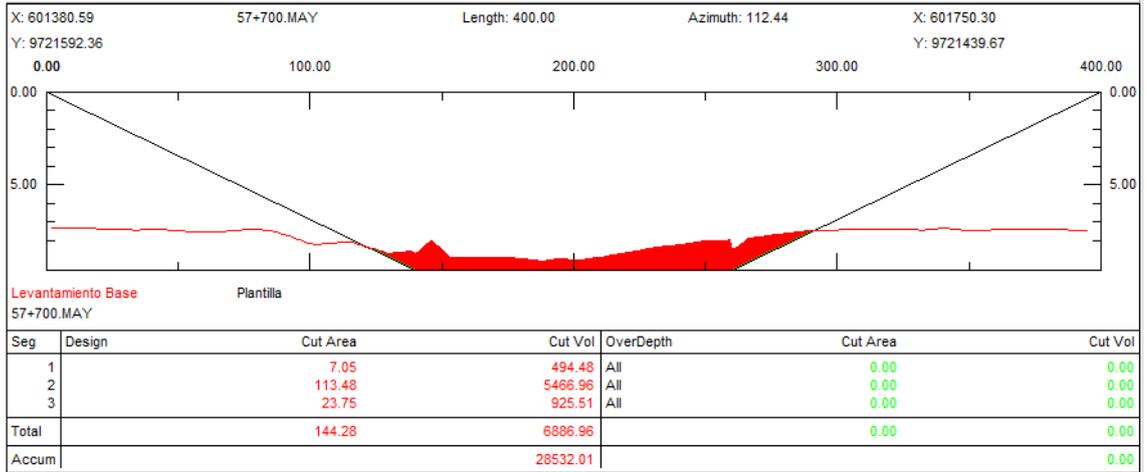


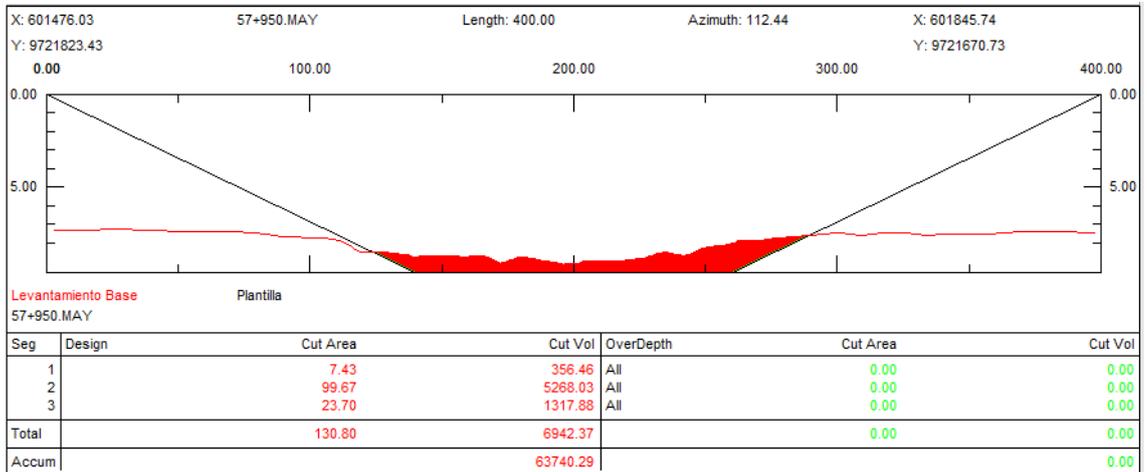
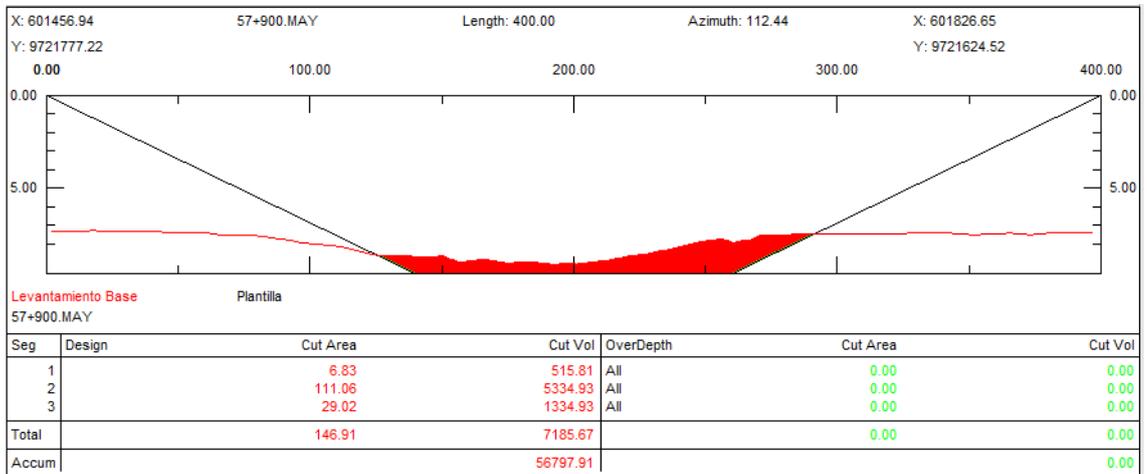
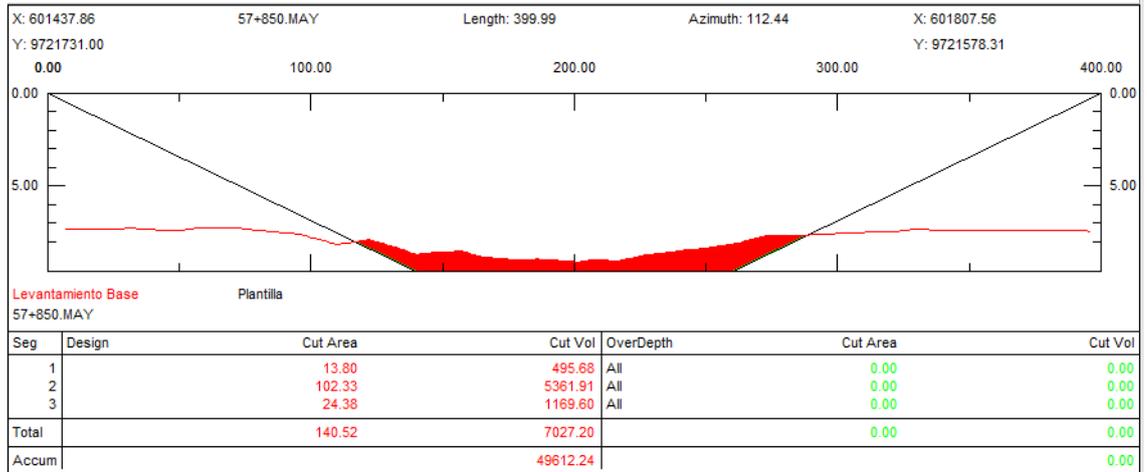


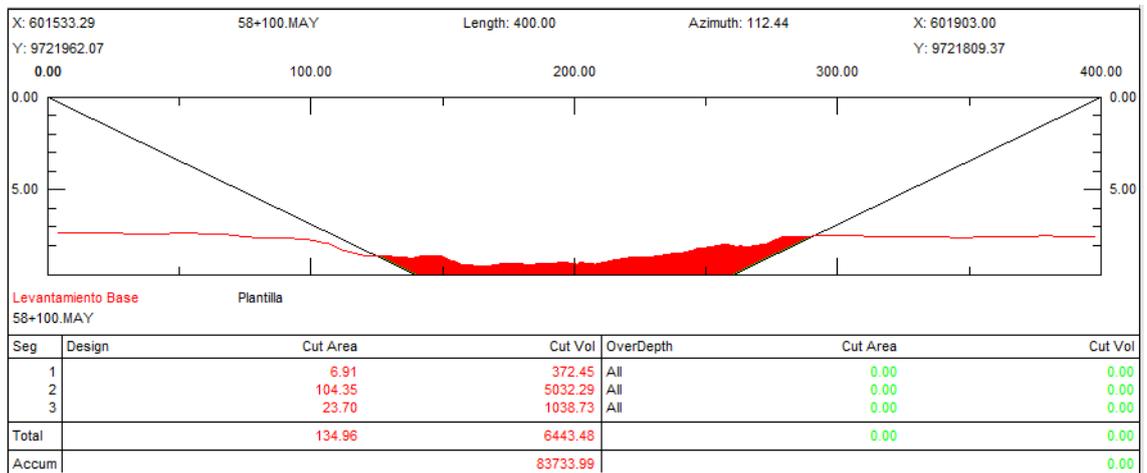
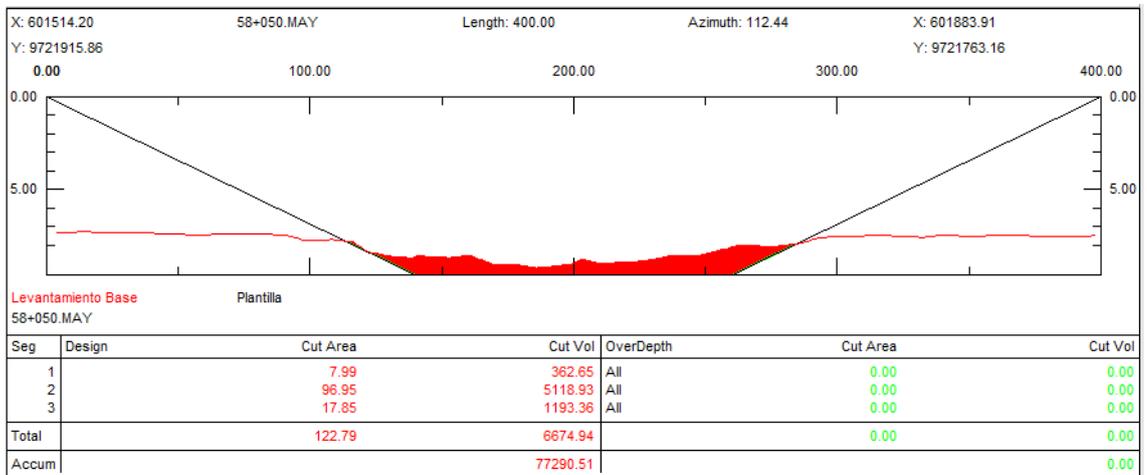
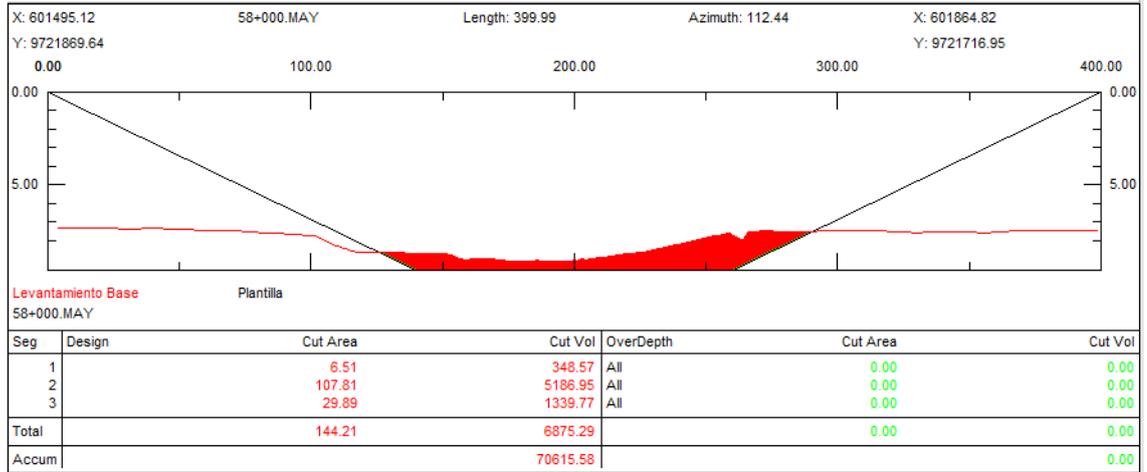


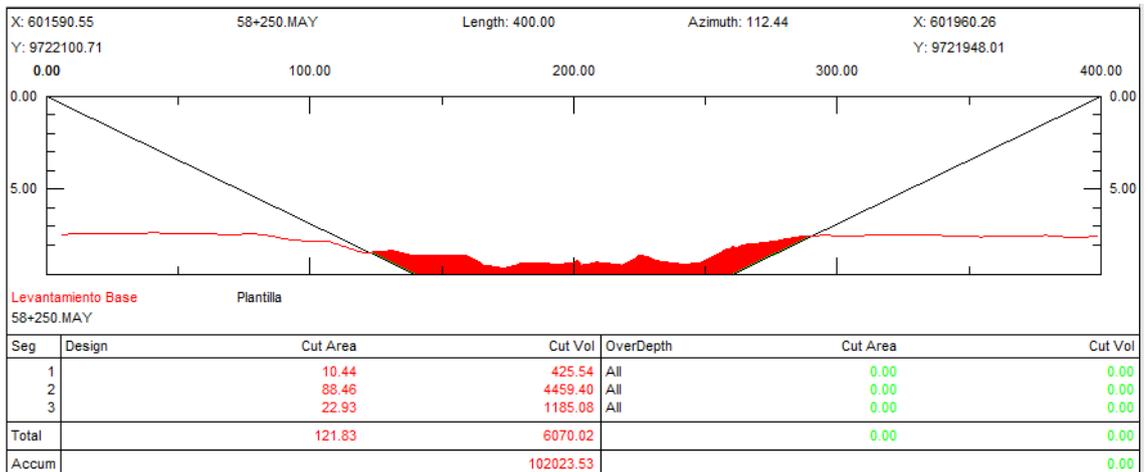
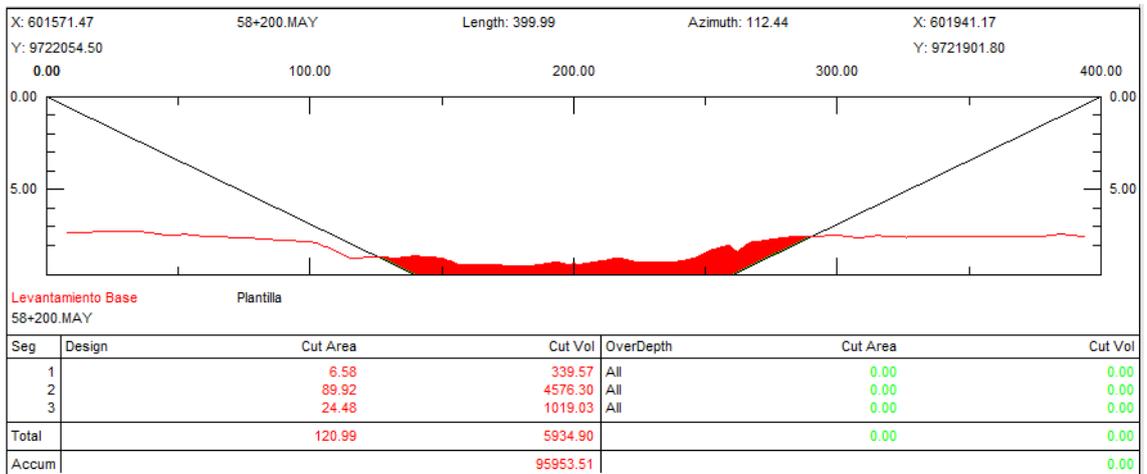
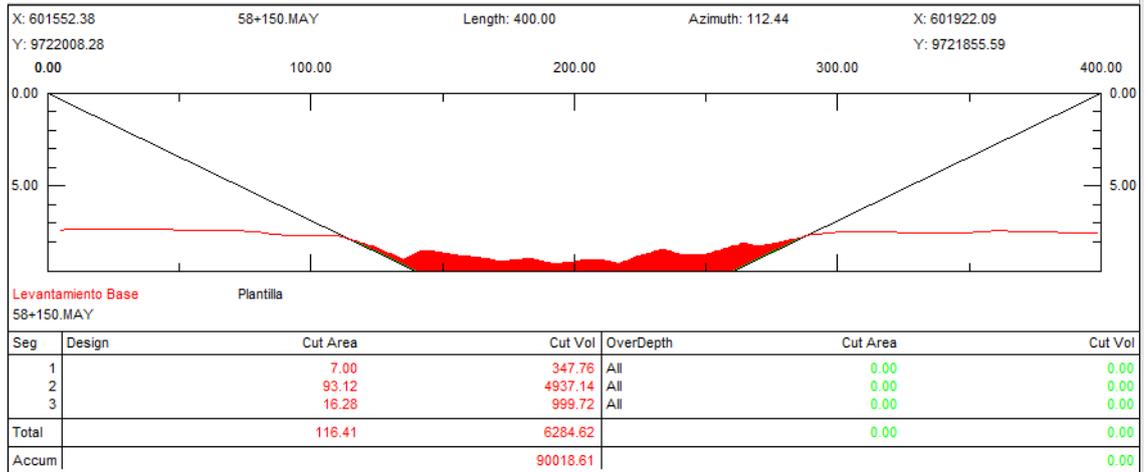
BATIMETRIA MAYO/2018

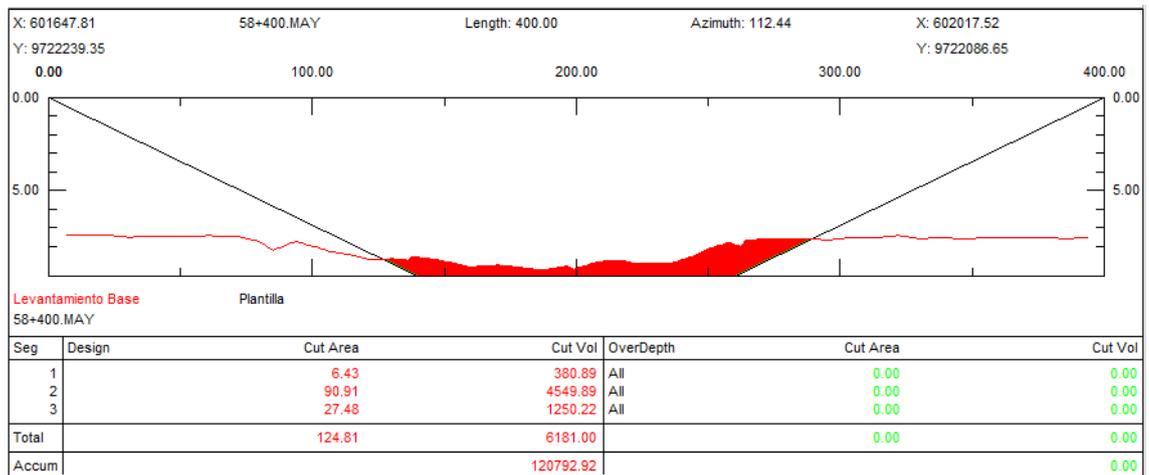
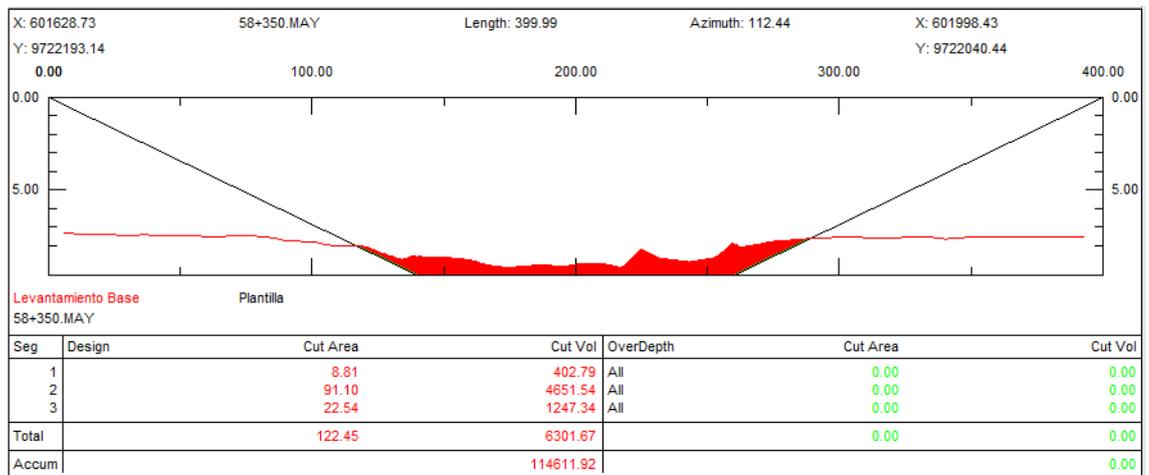
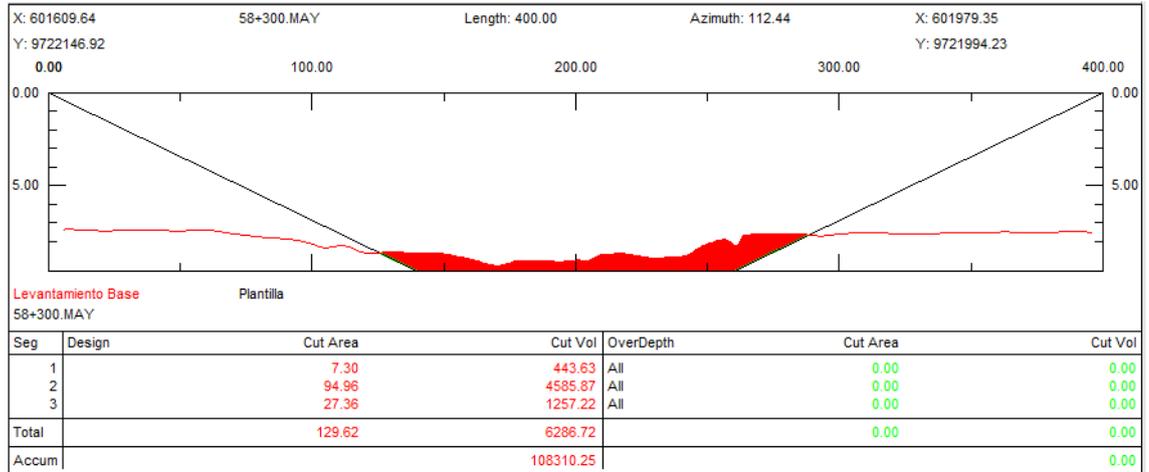


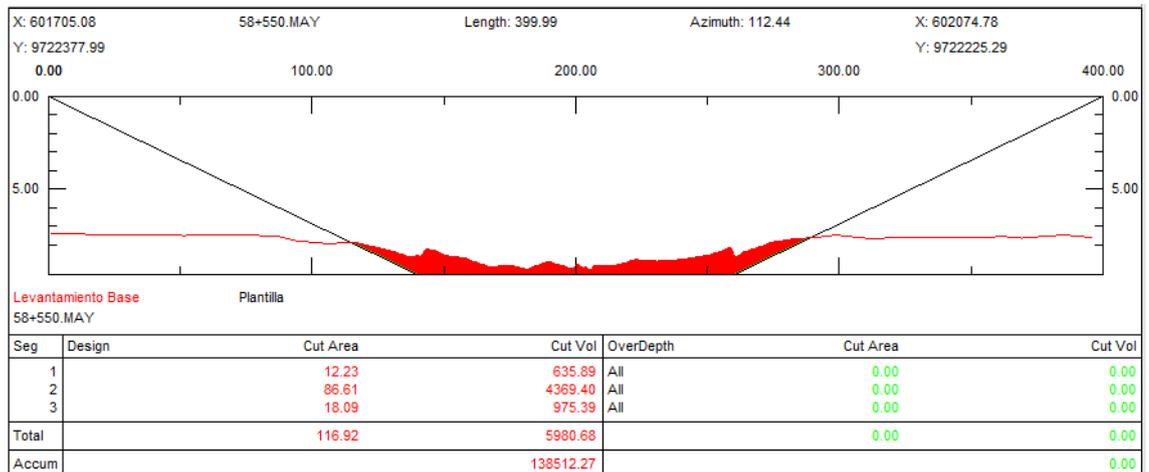
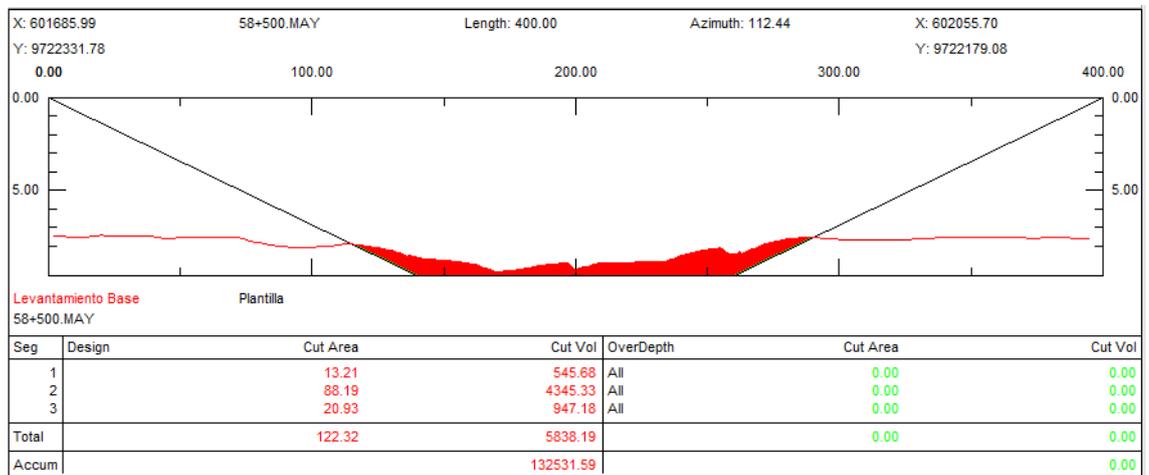
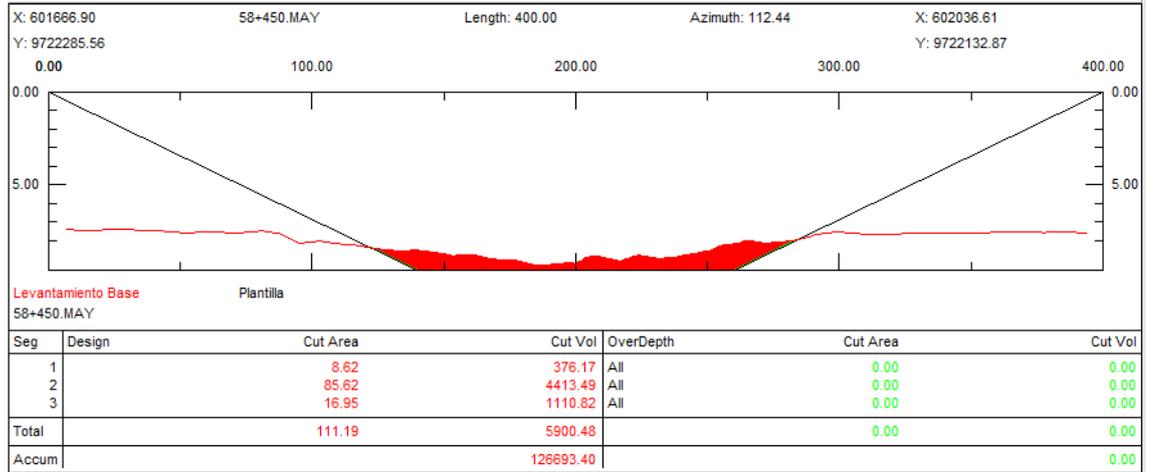


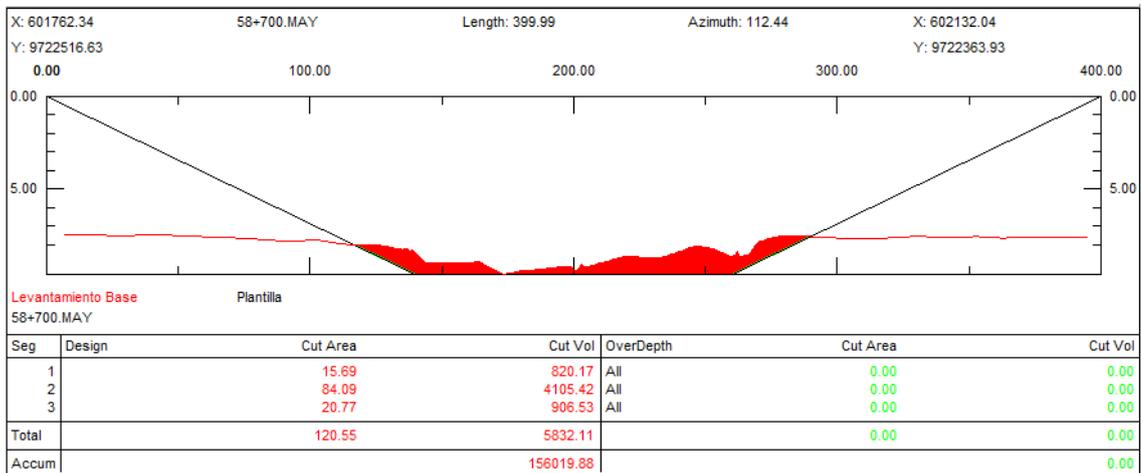
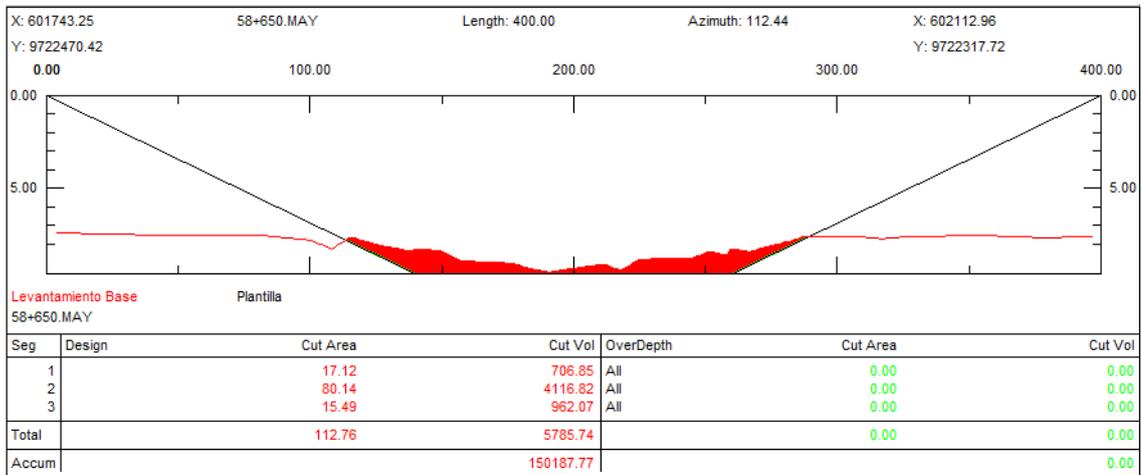
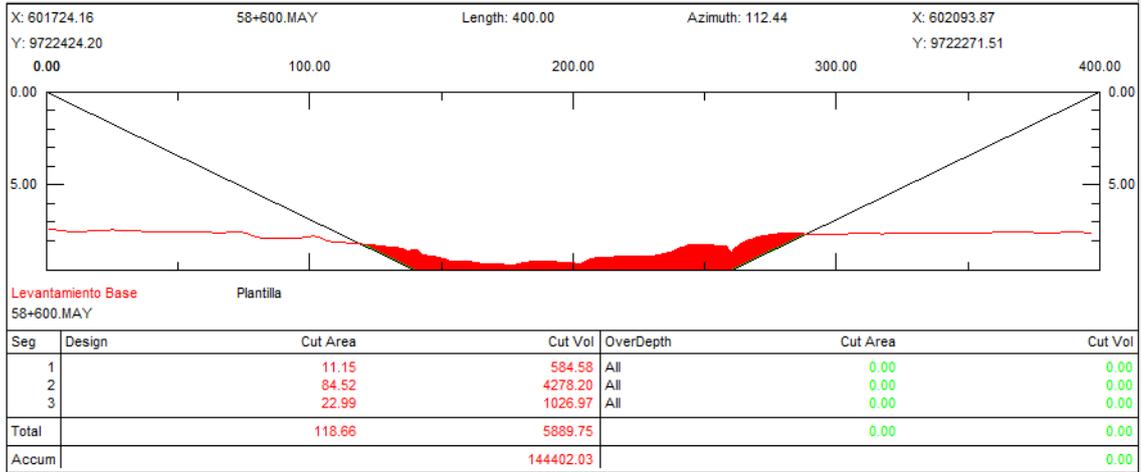


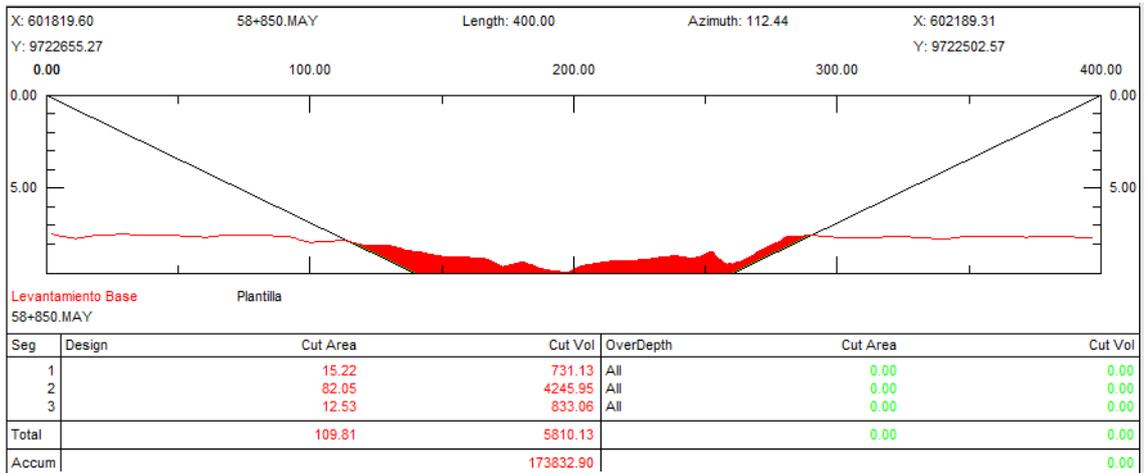
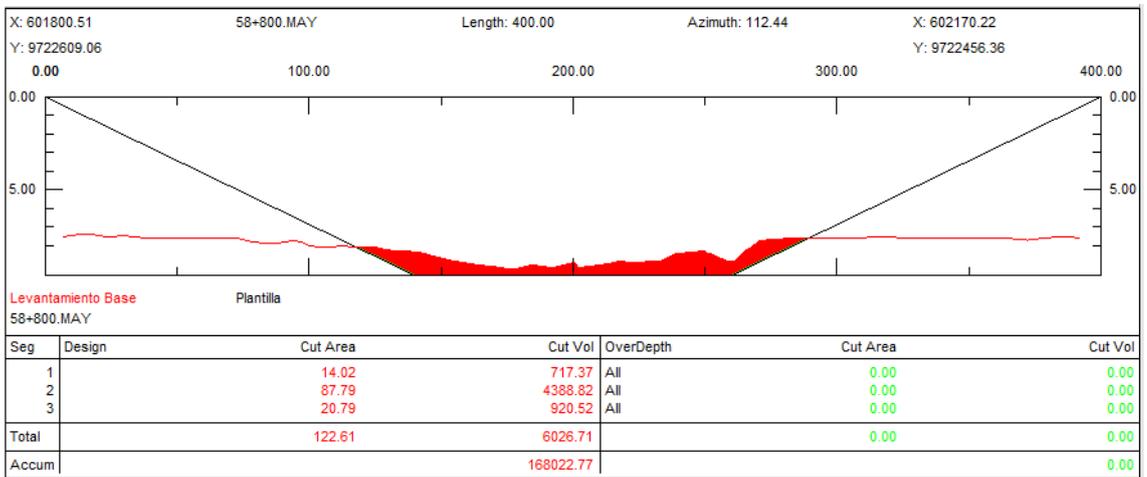
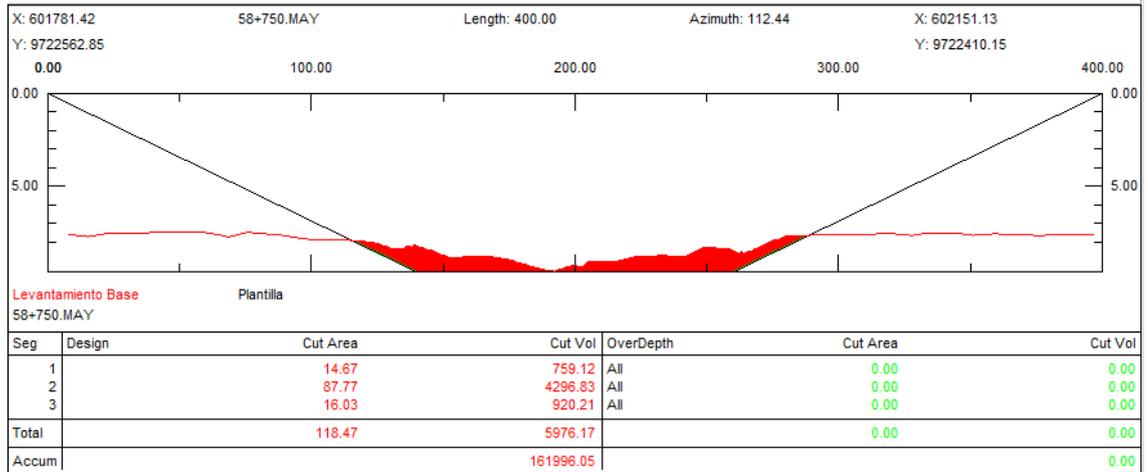


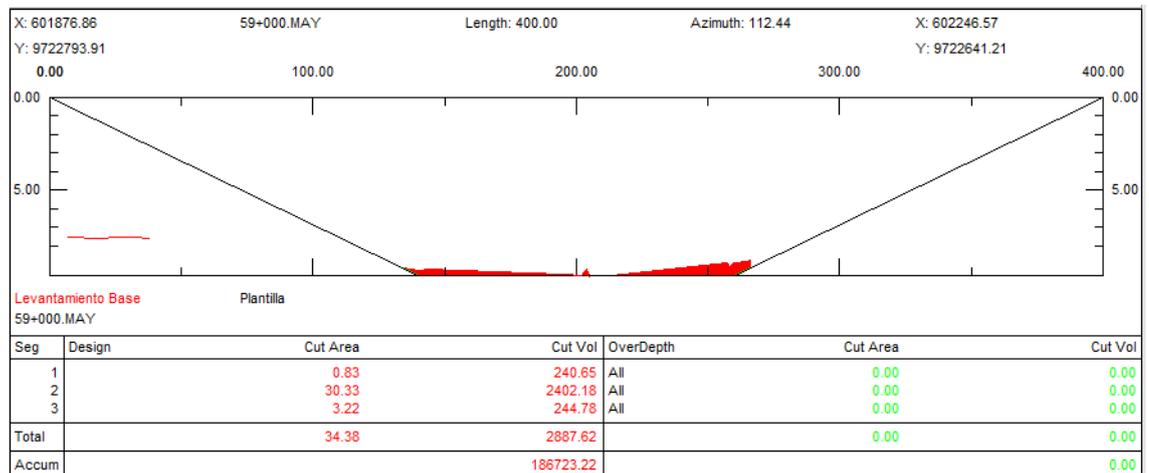
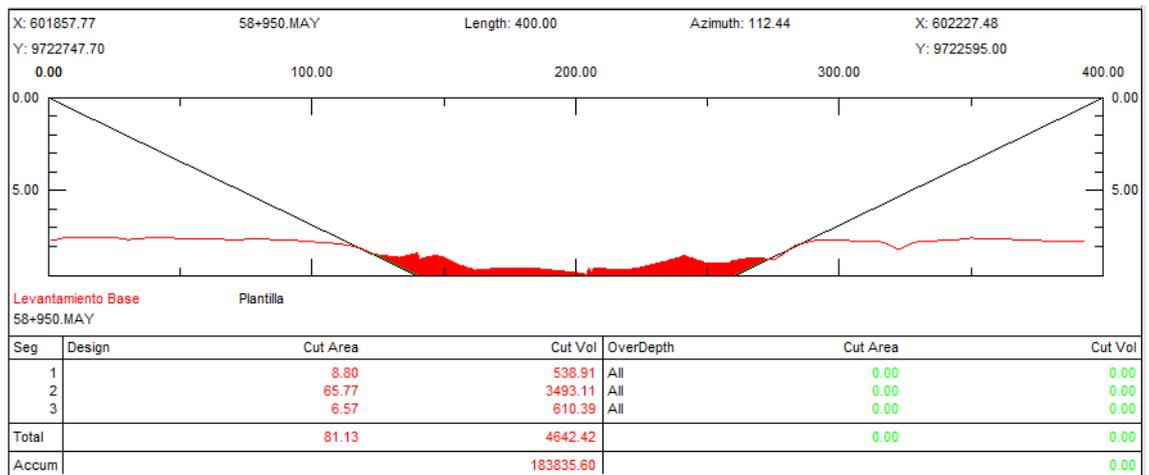
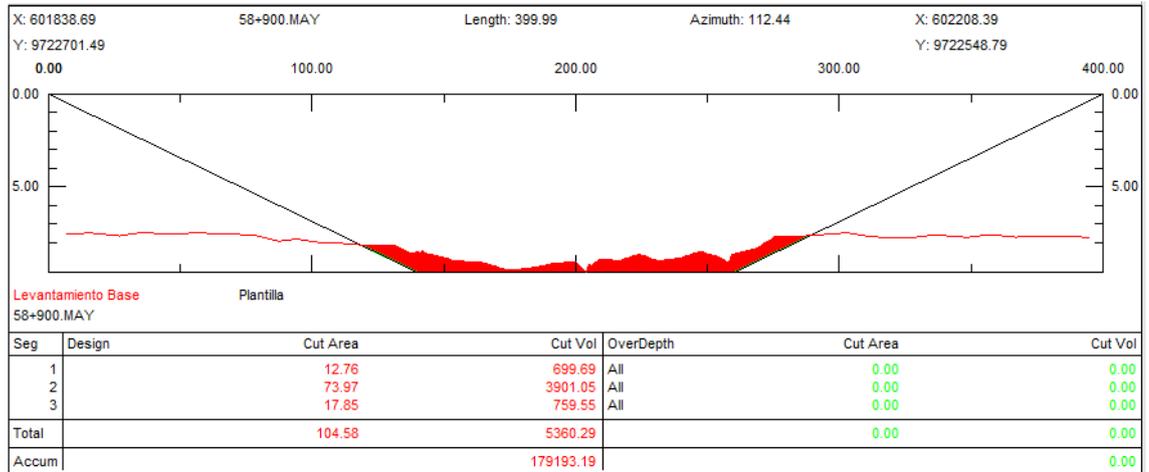




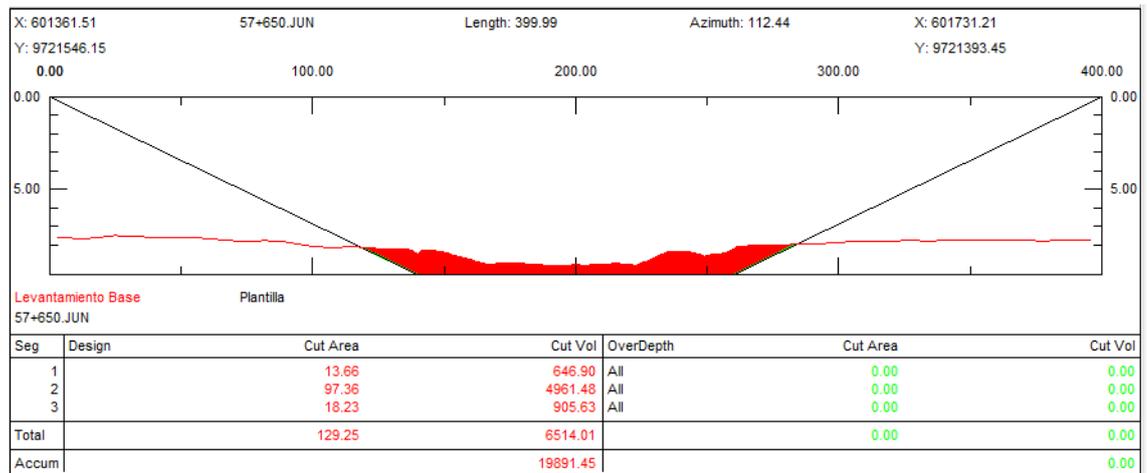
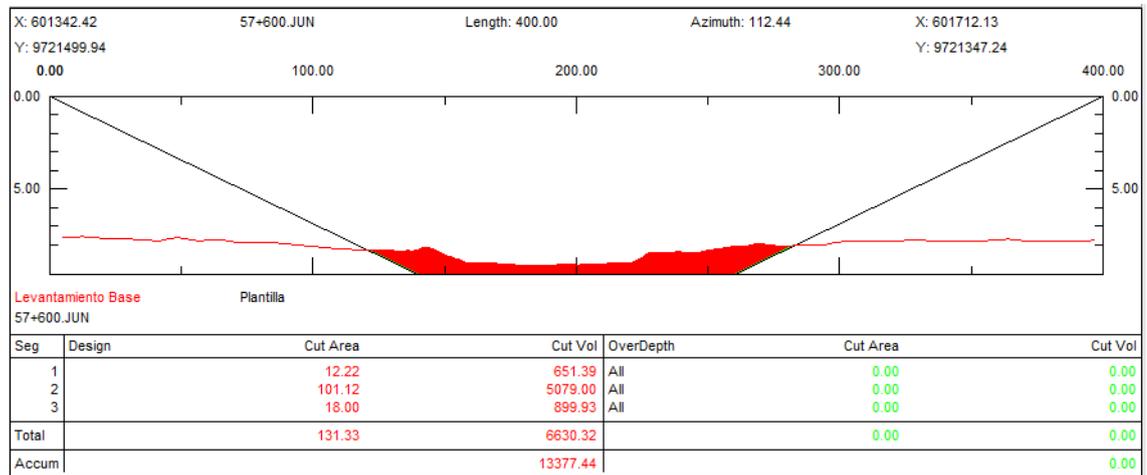
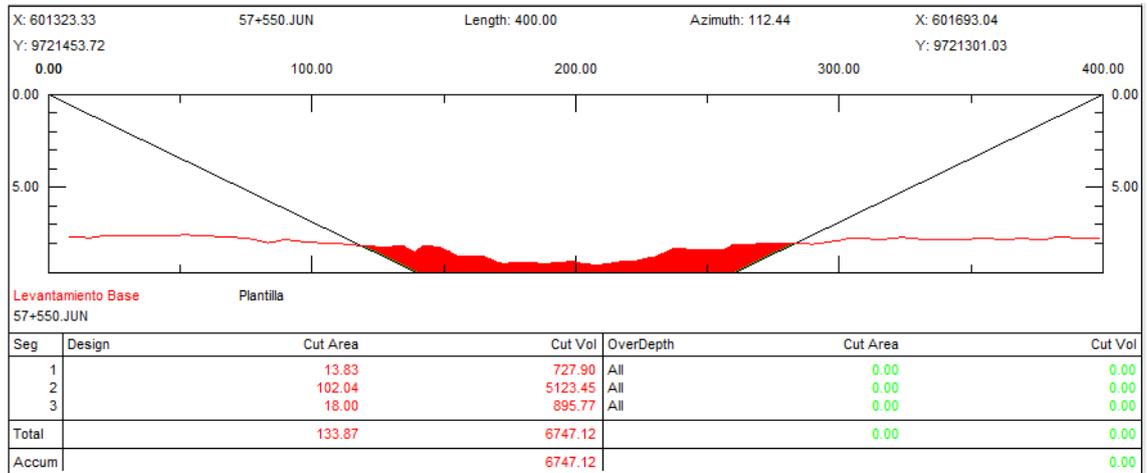


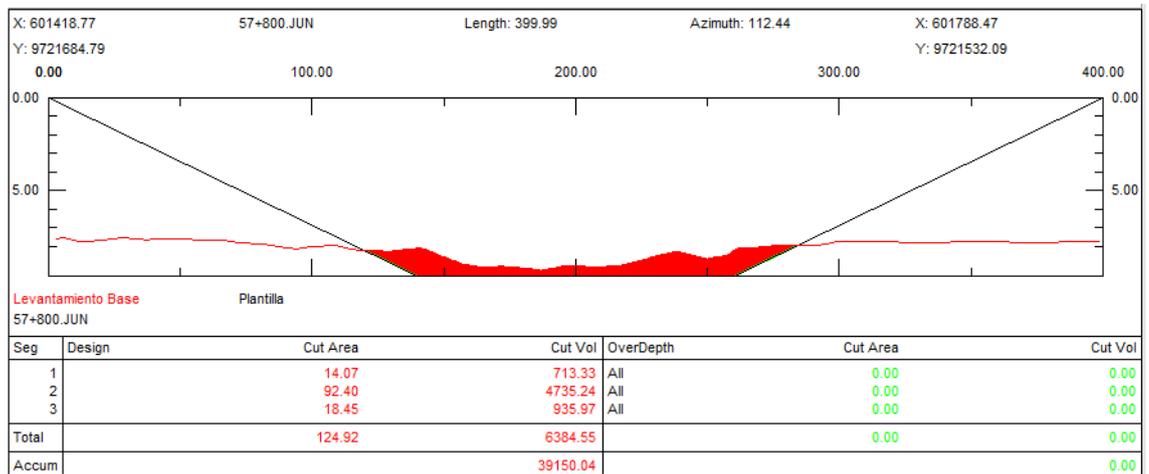
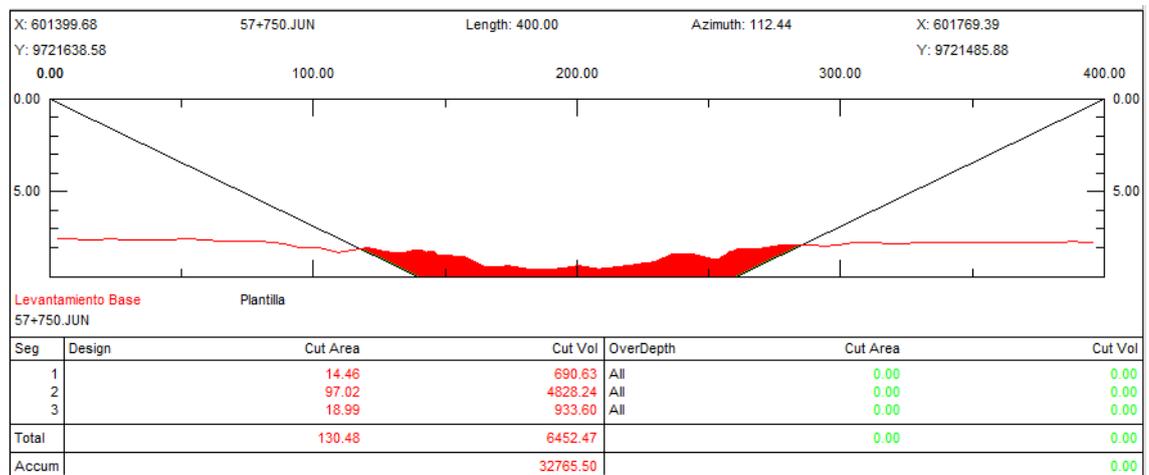
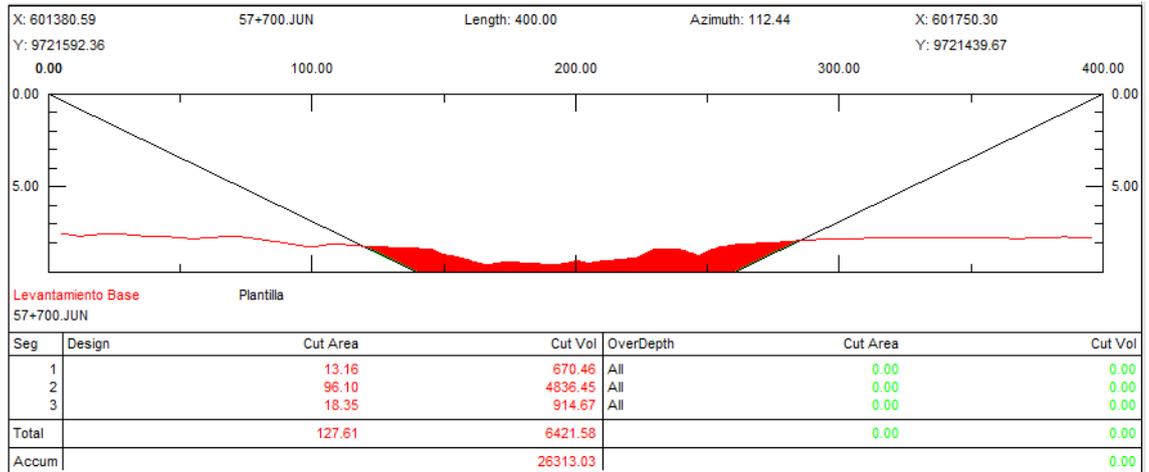


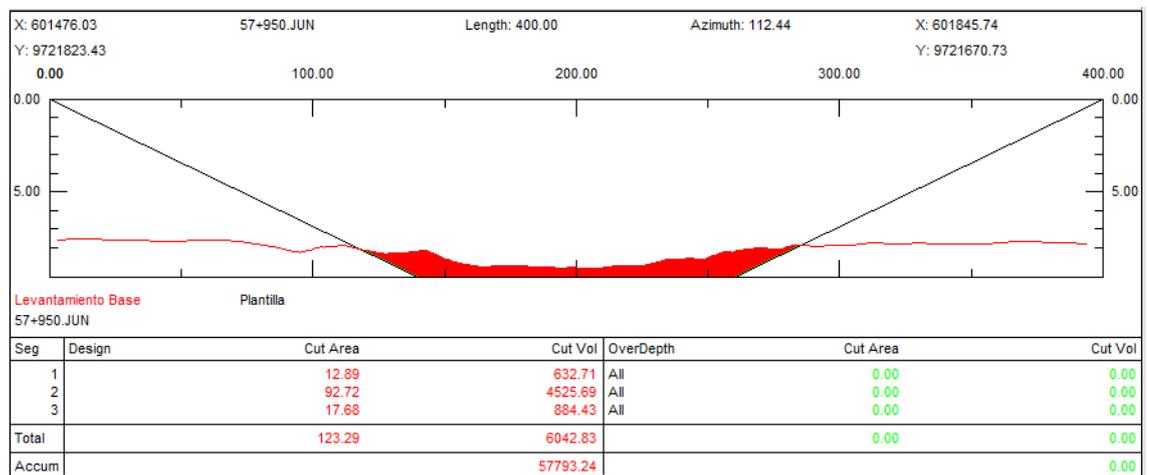
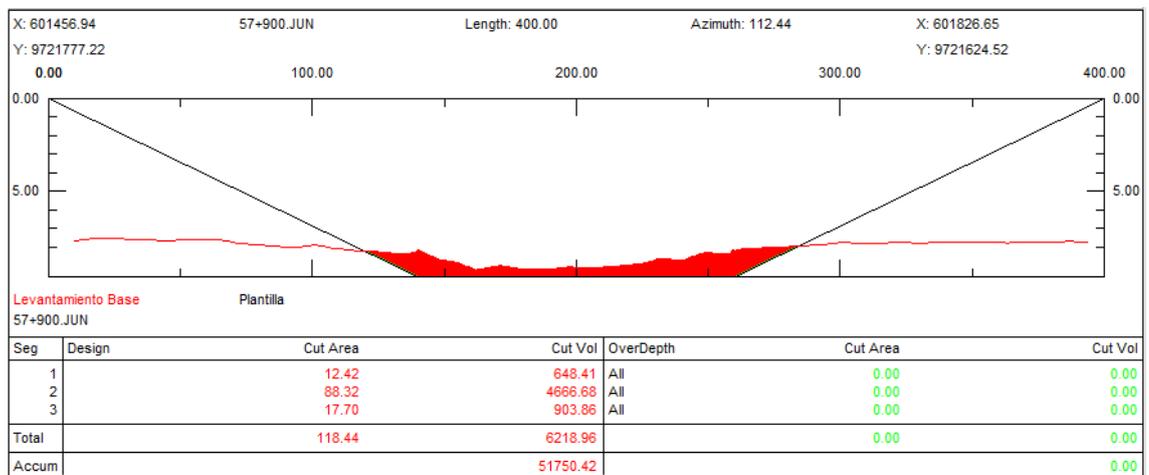
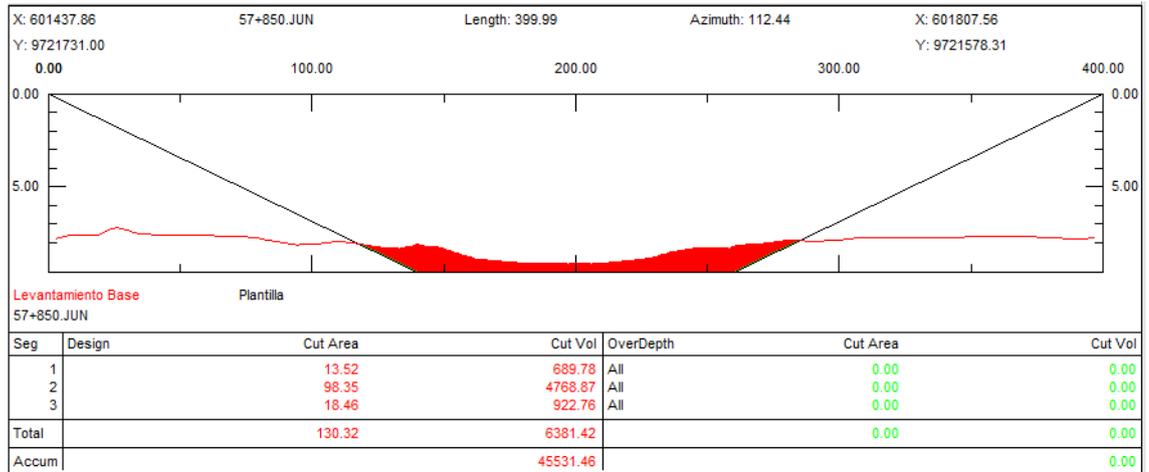


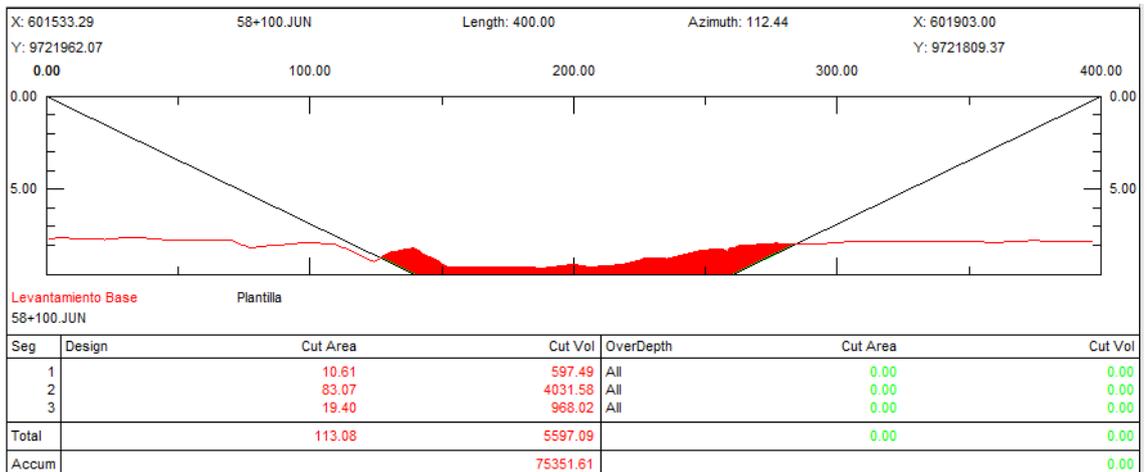
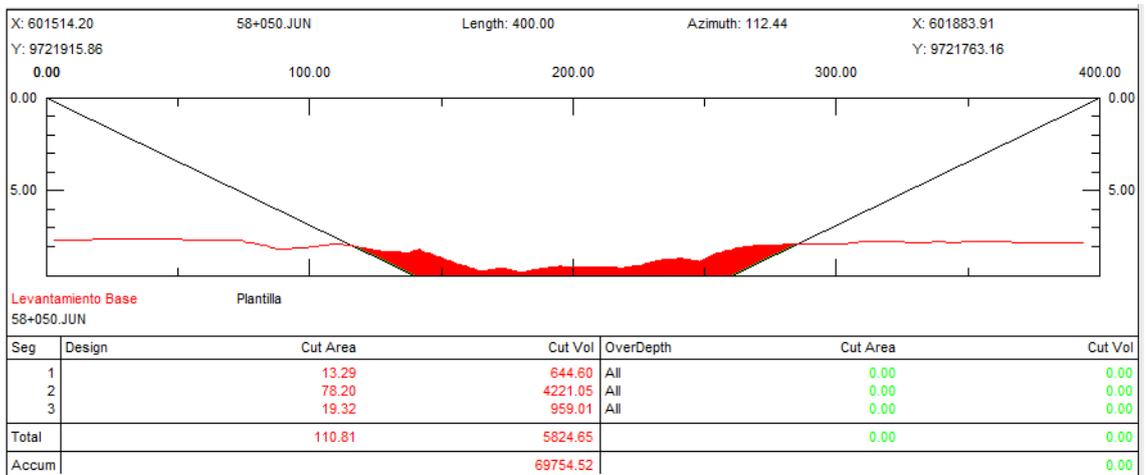
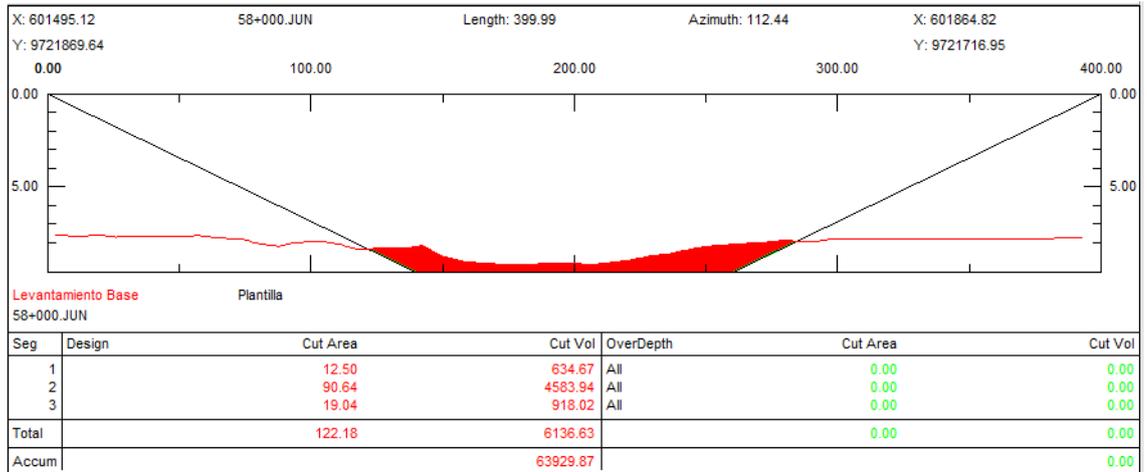


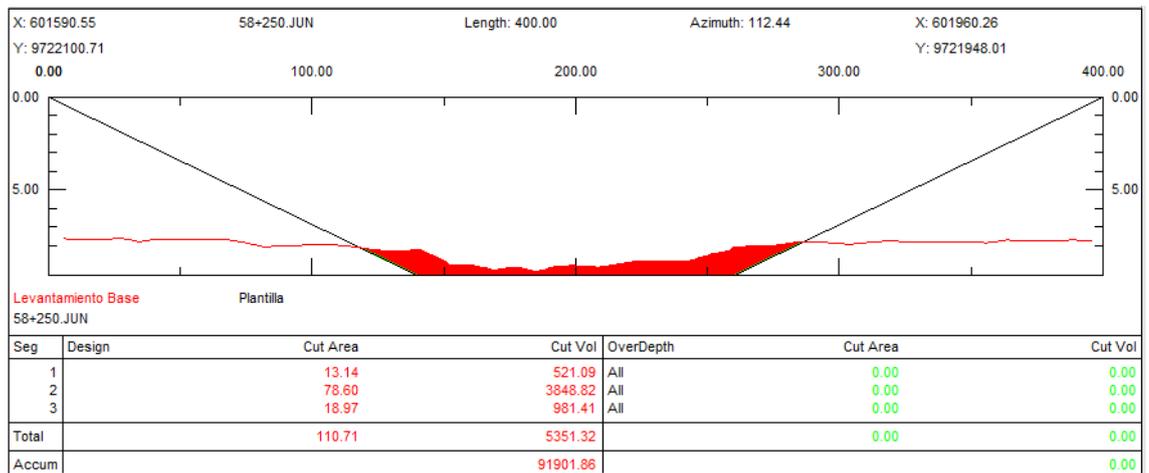
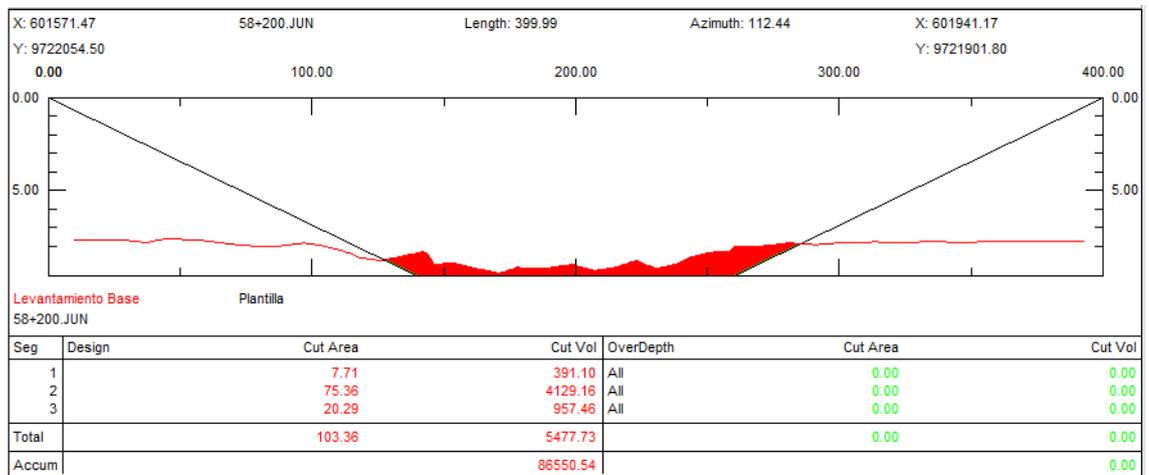
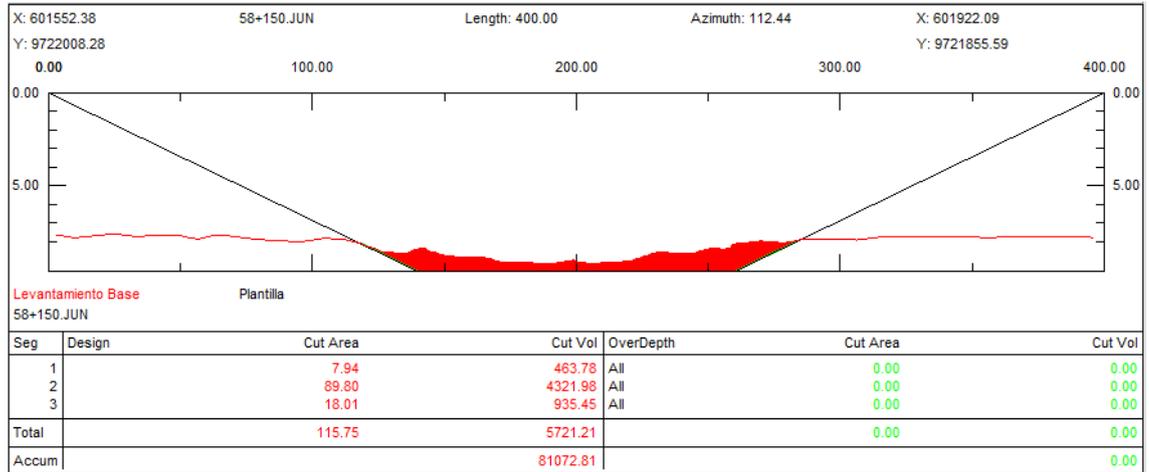
BATIMETRIA JUNIO/2018

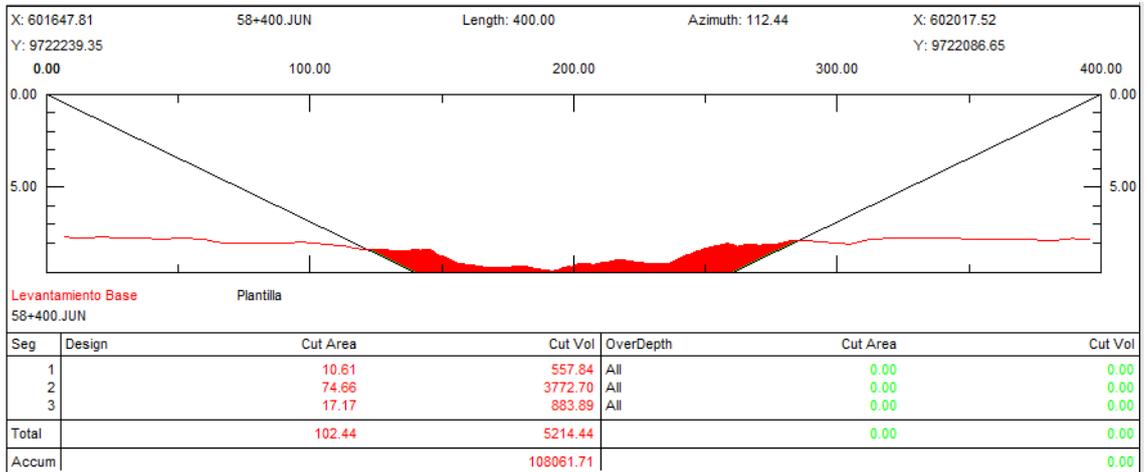
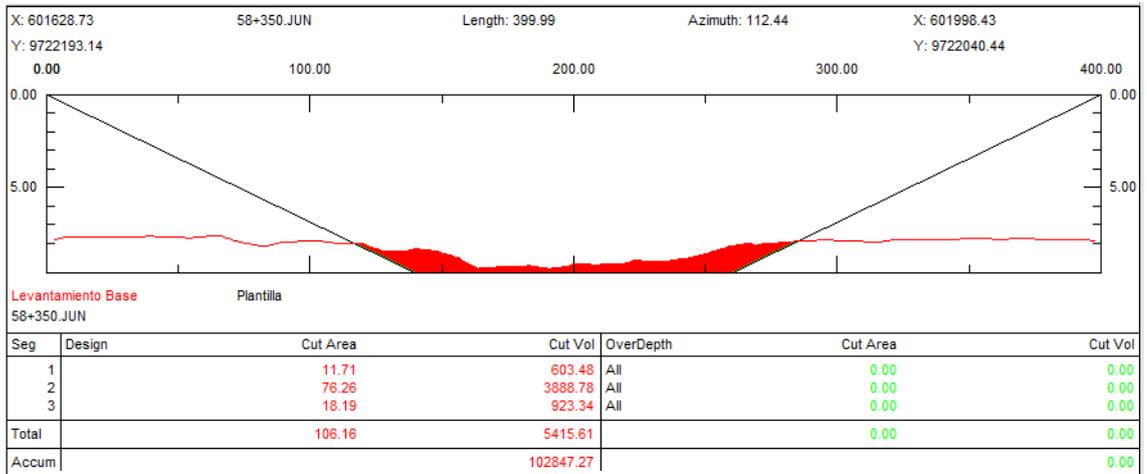
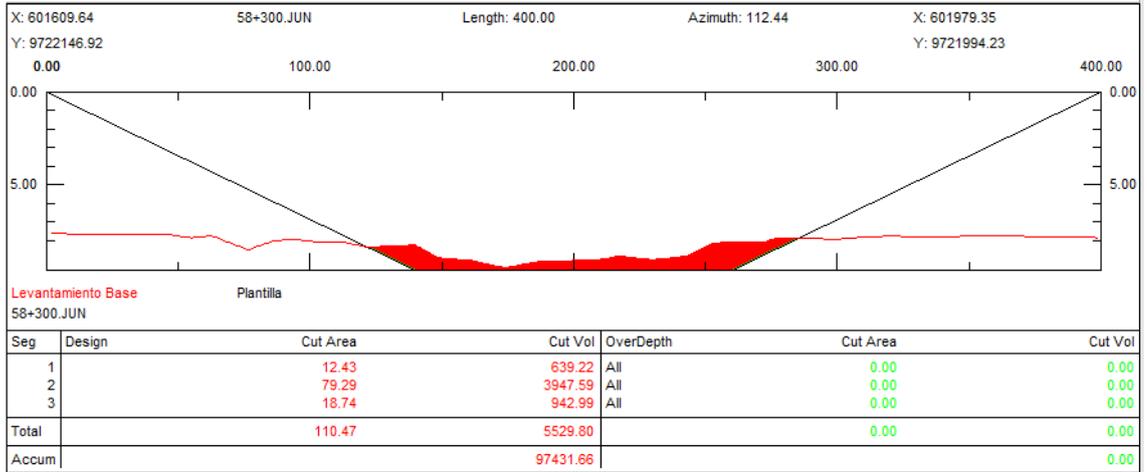


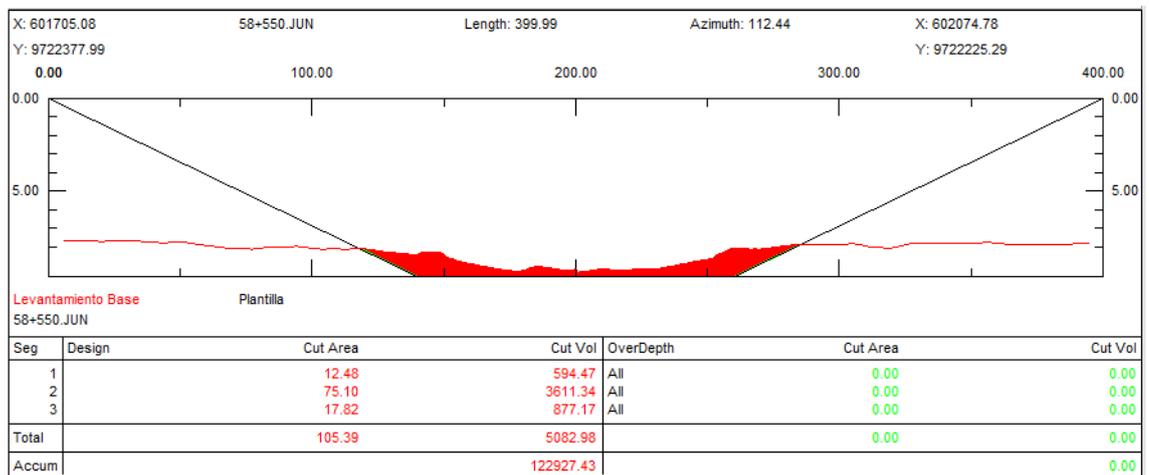
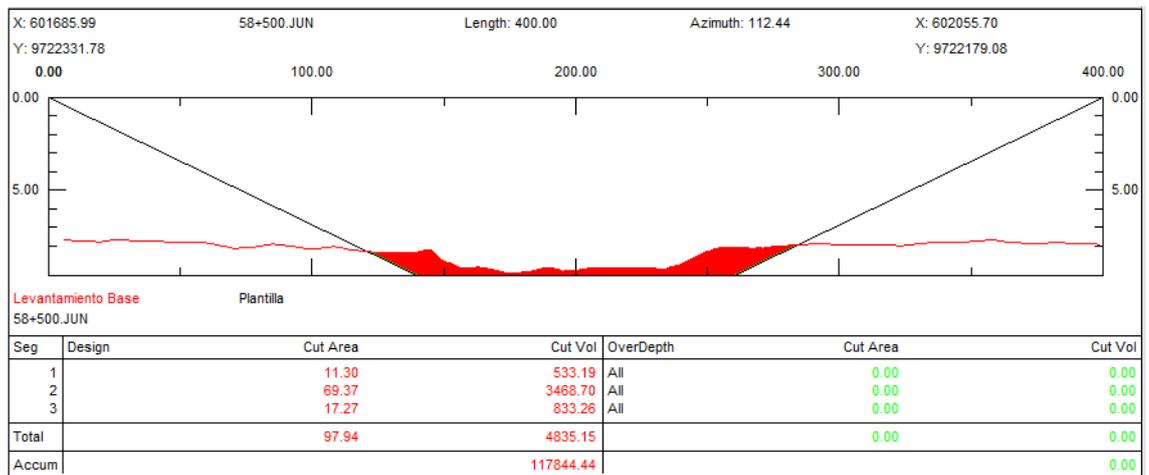
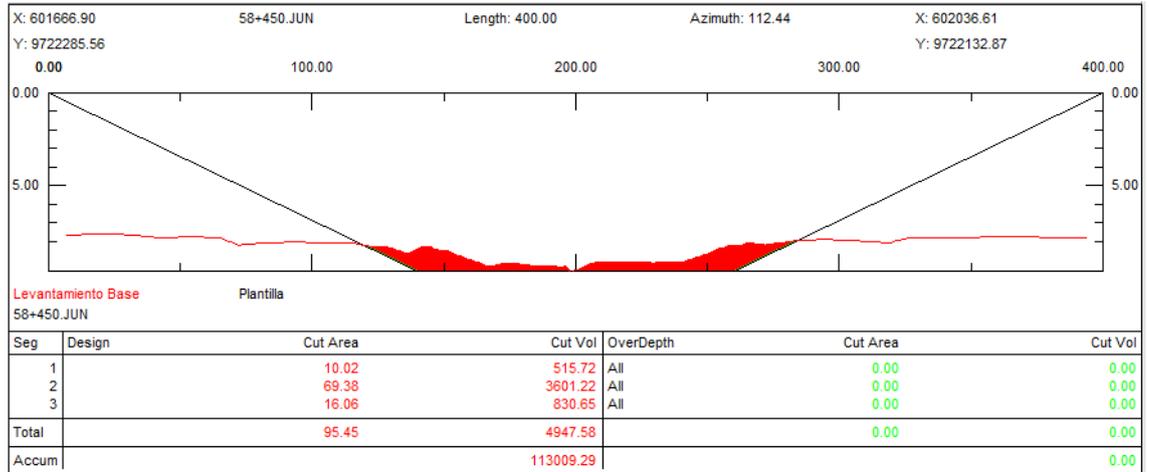


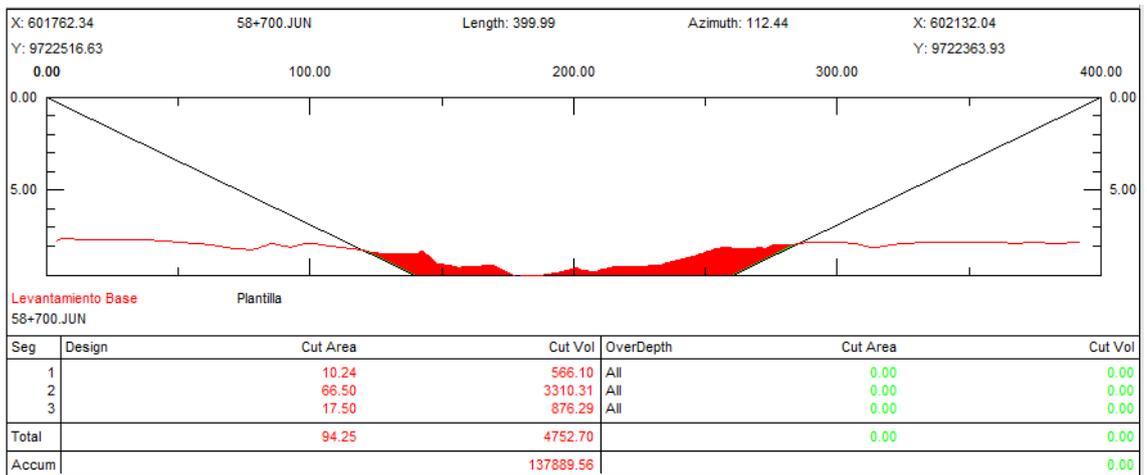
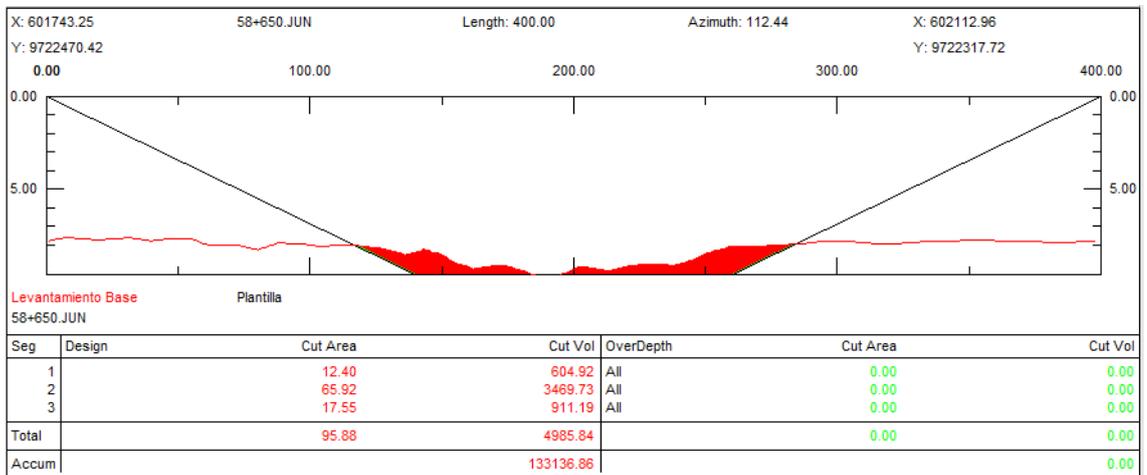
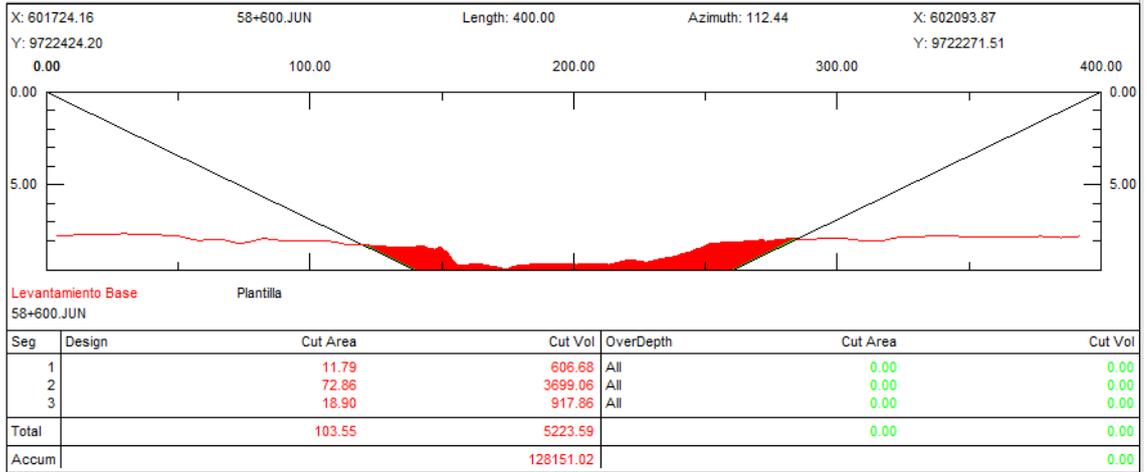


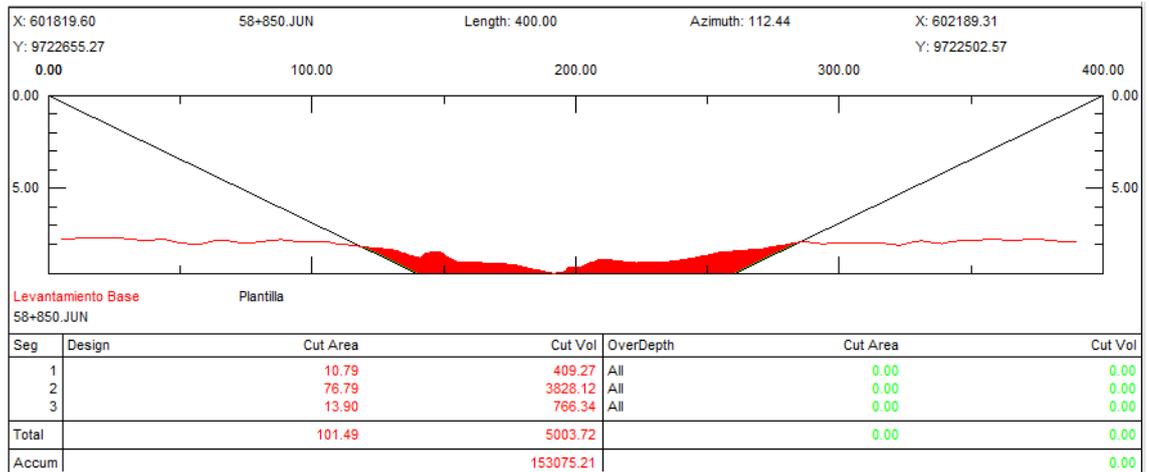
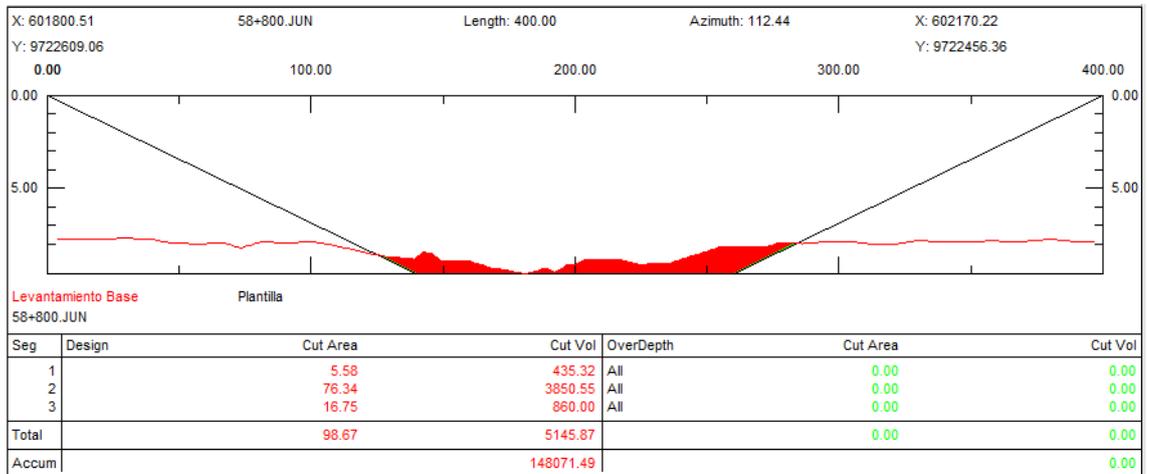
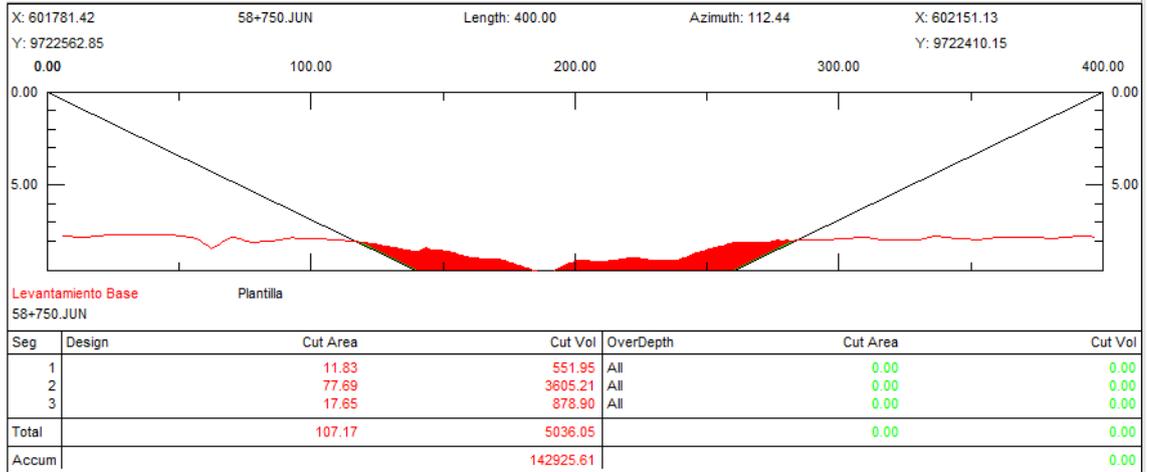


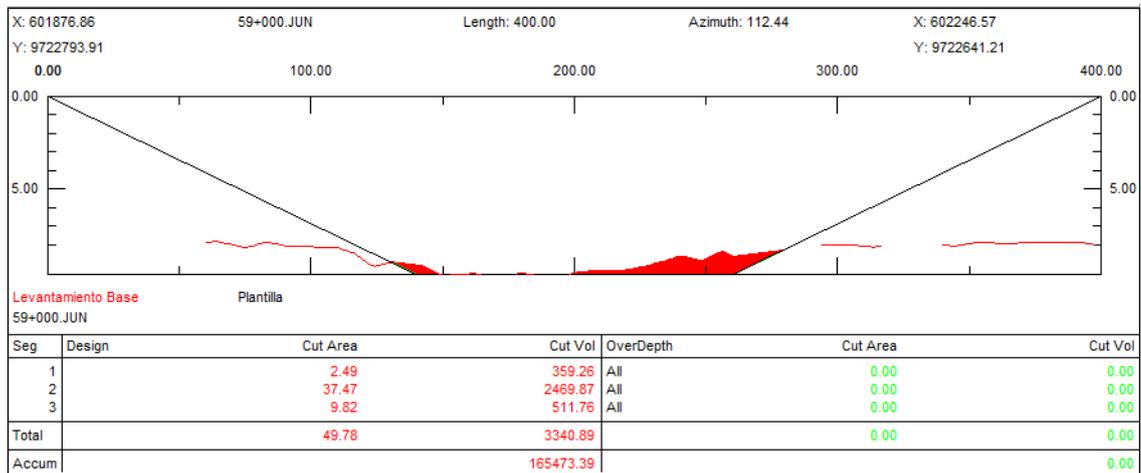
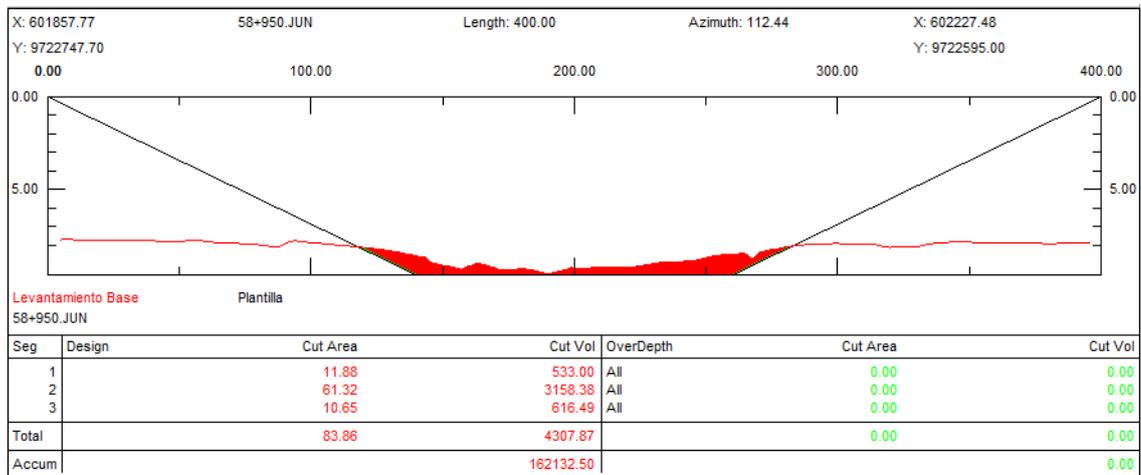
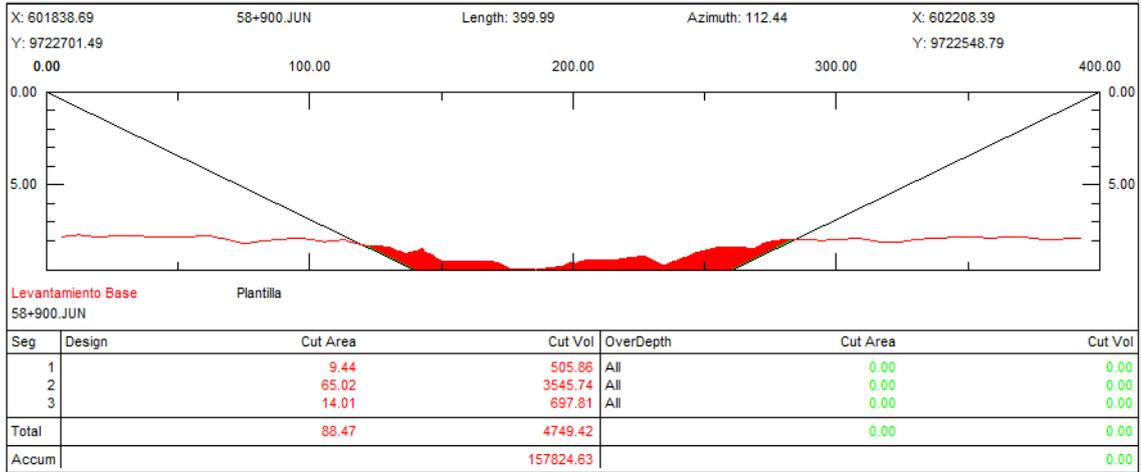




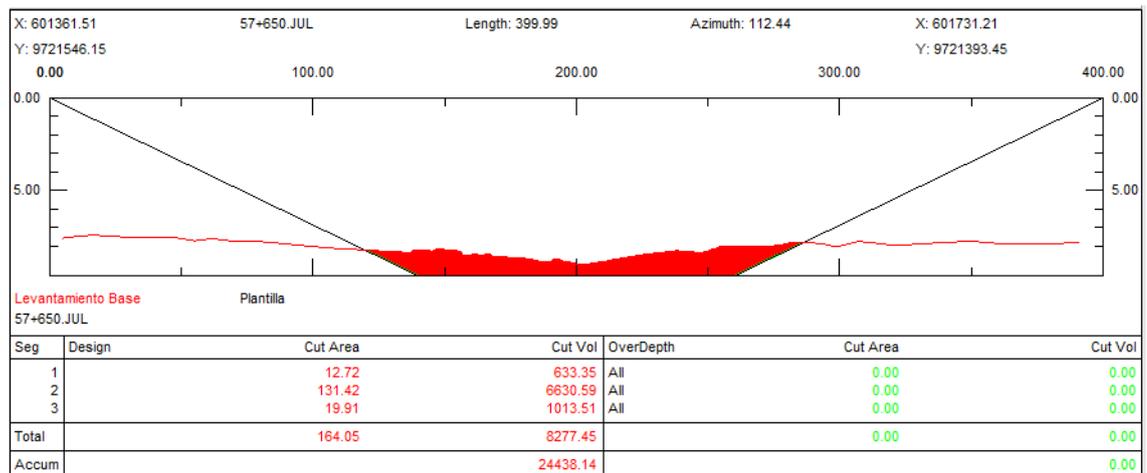
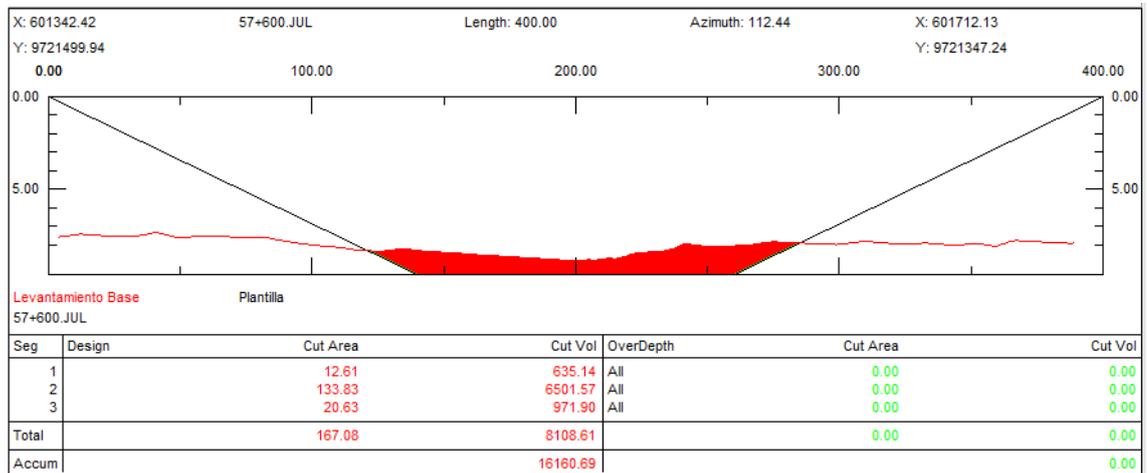
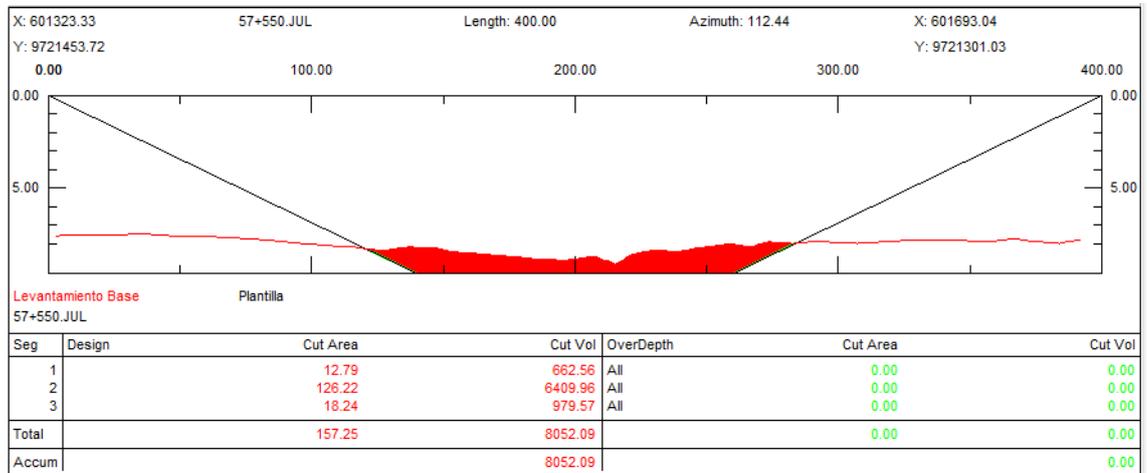


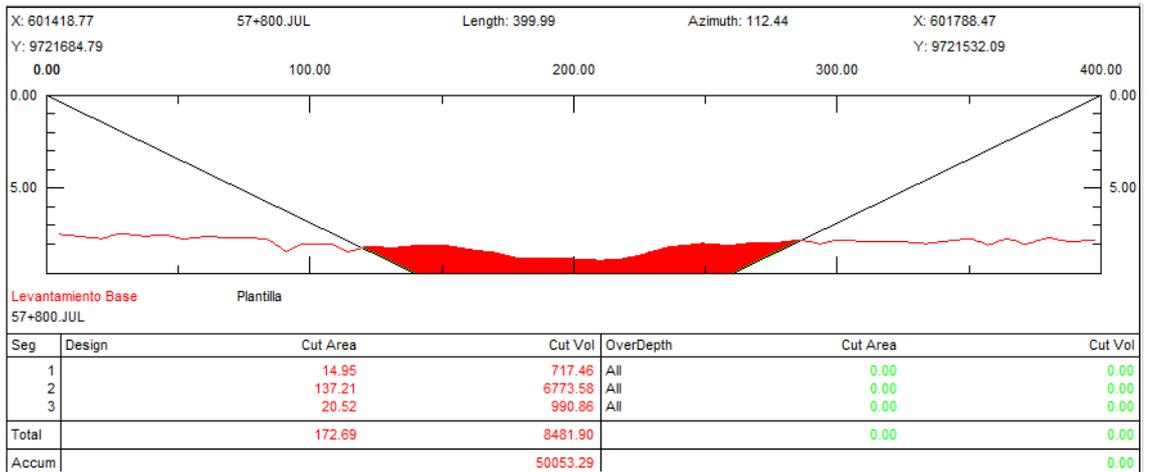
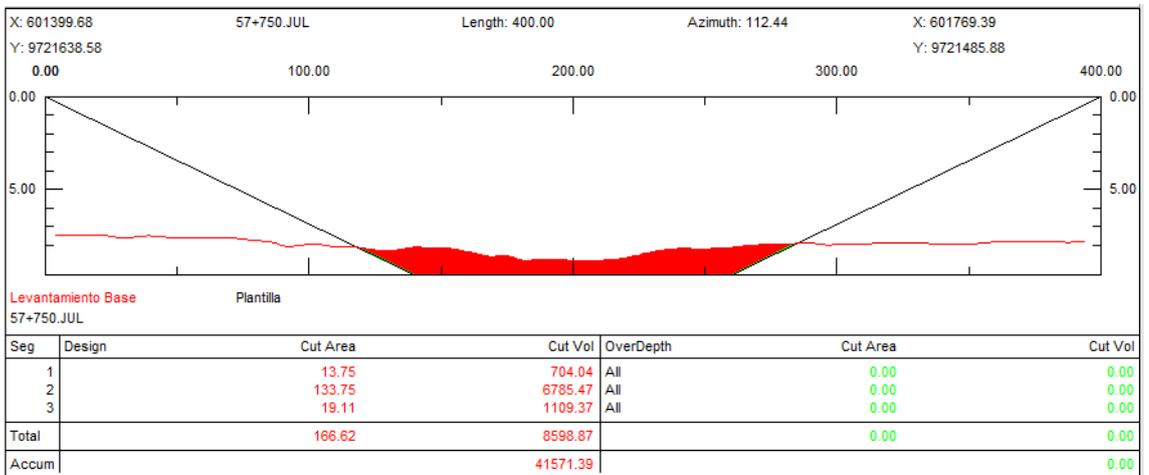
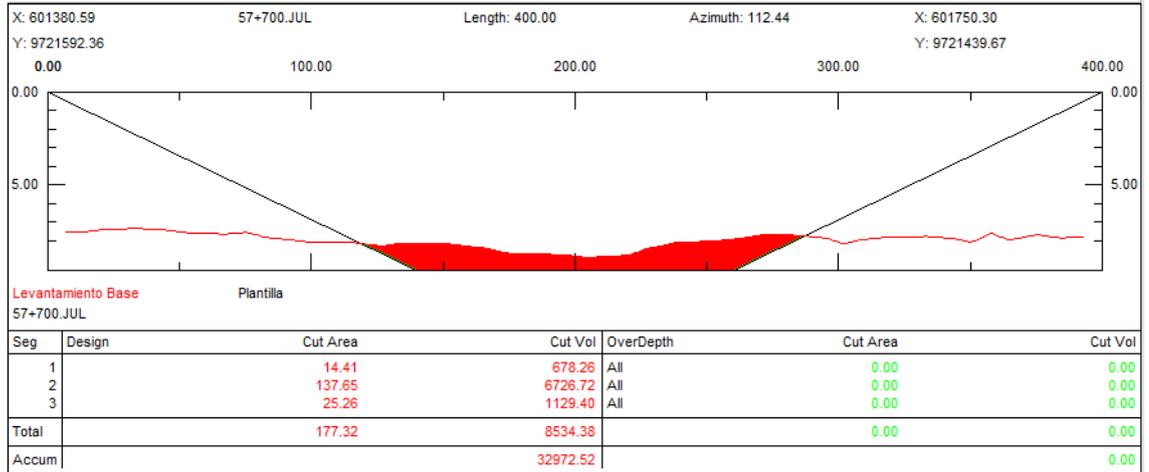


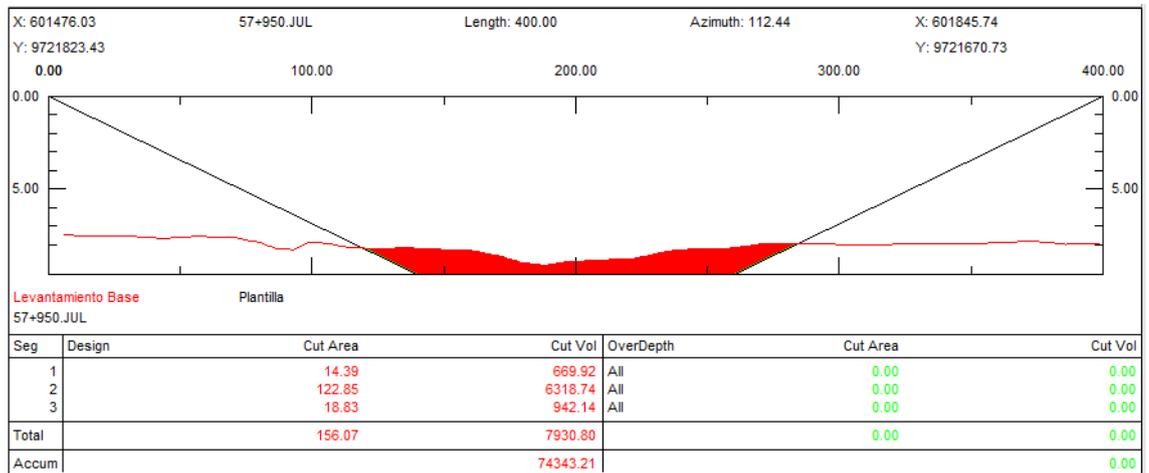
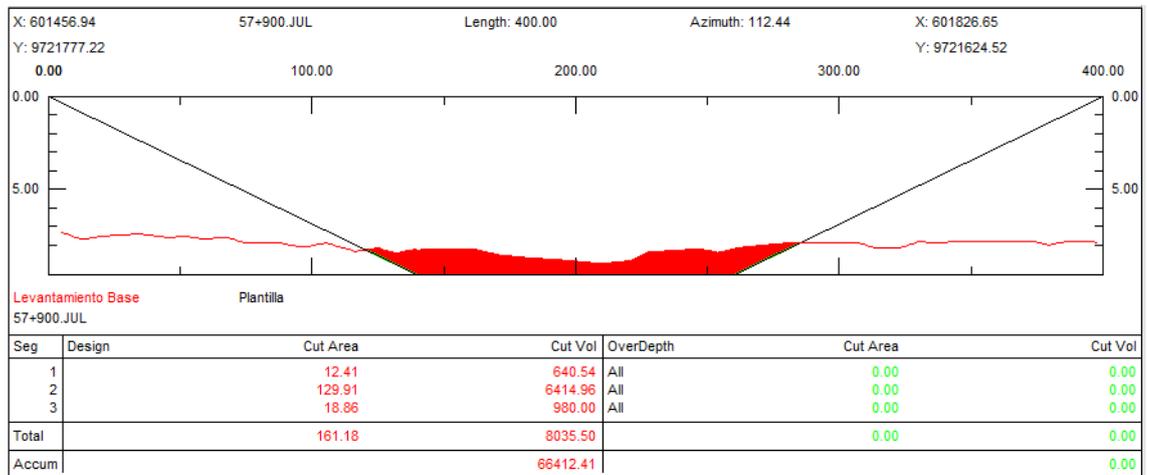
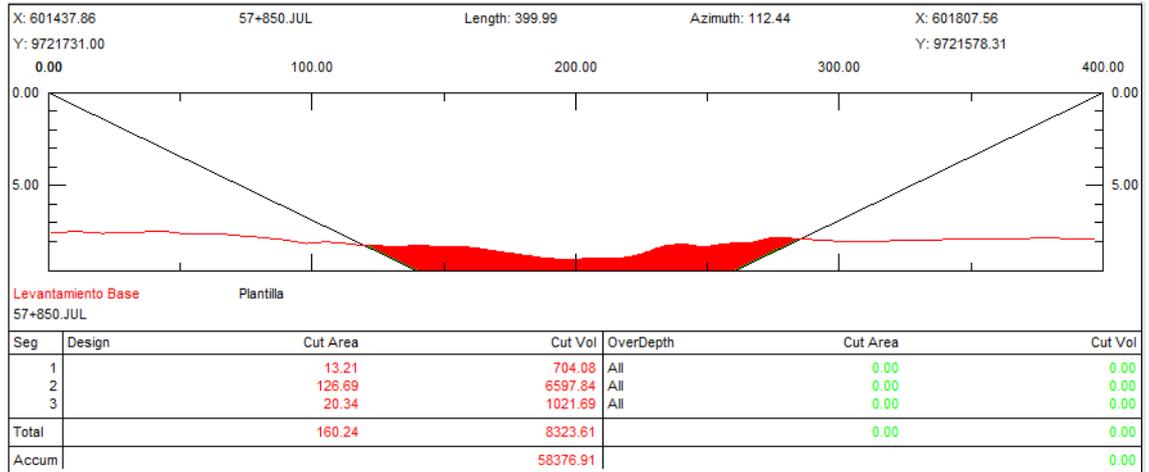


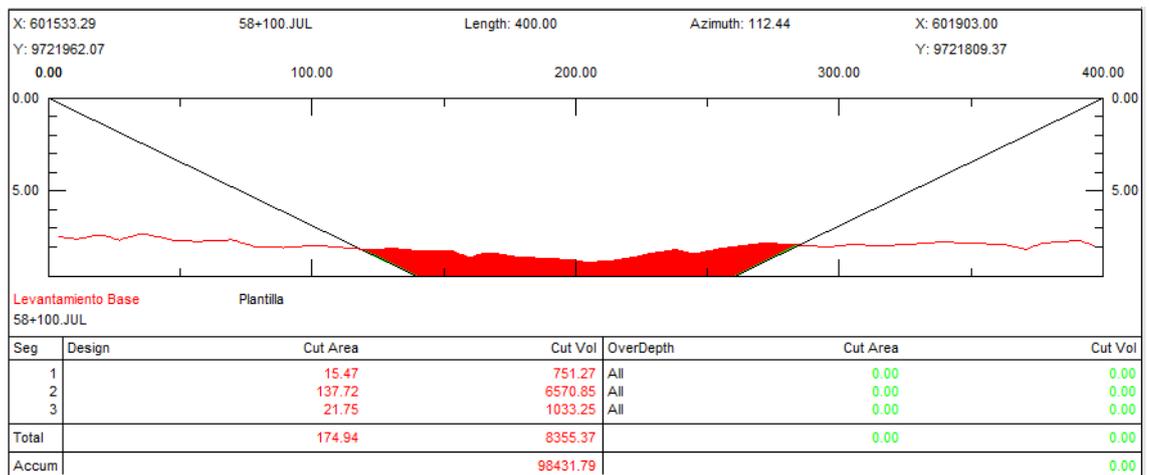
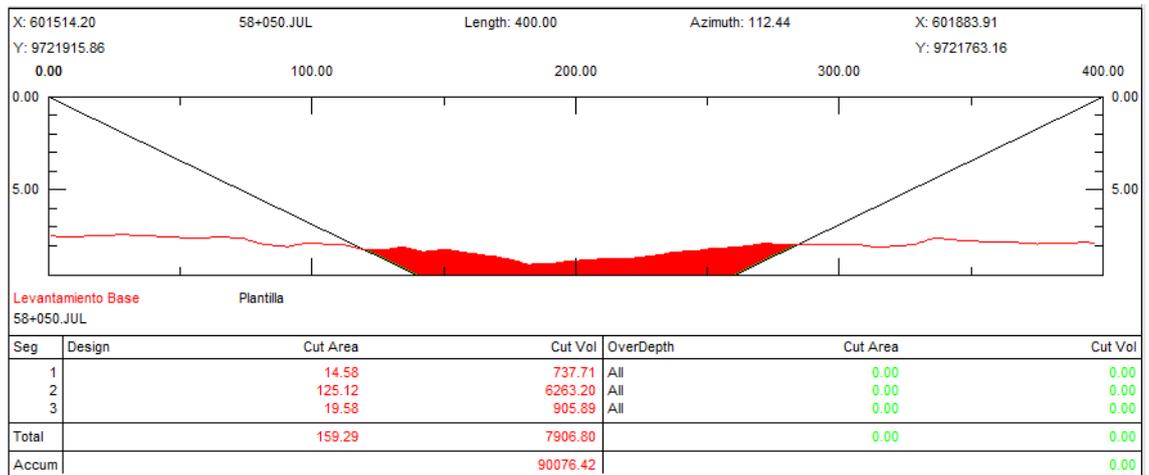
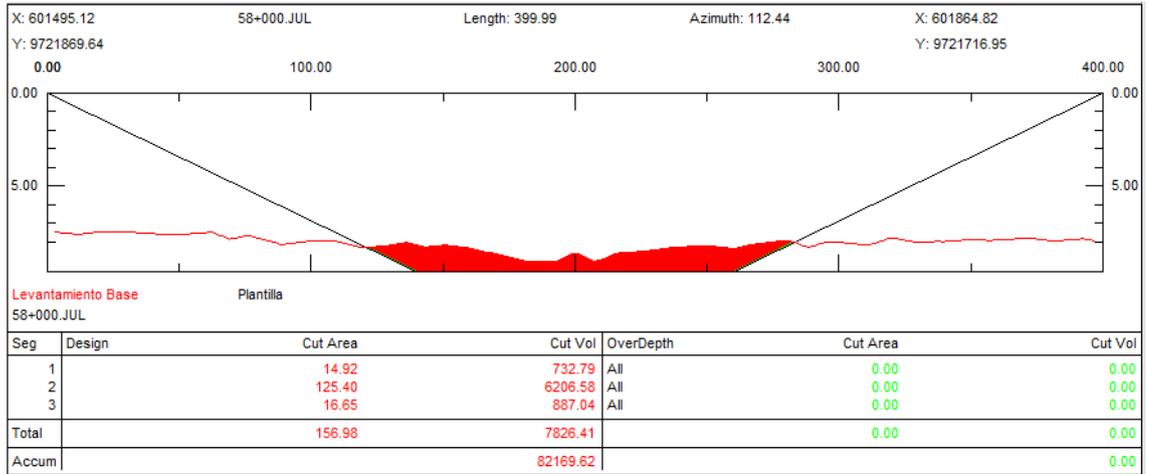


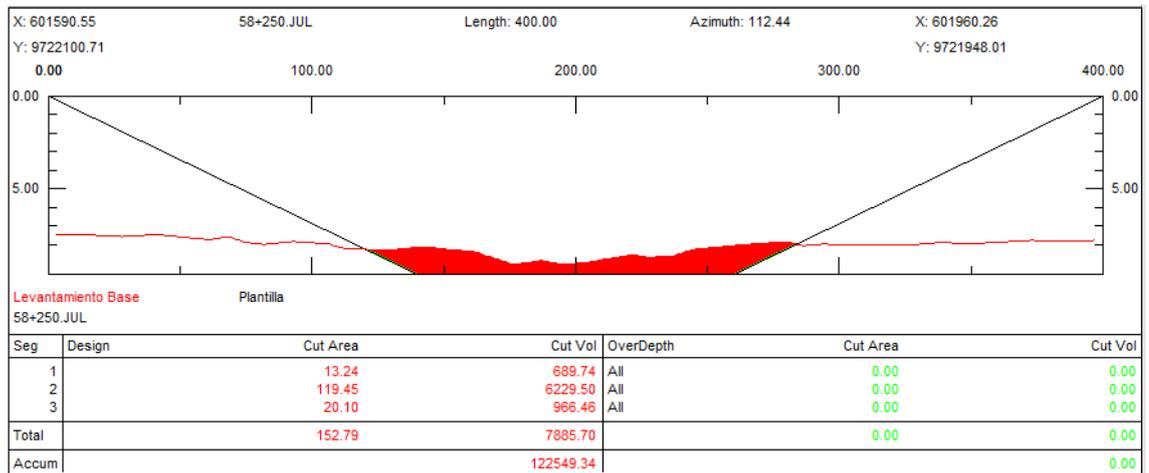
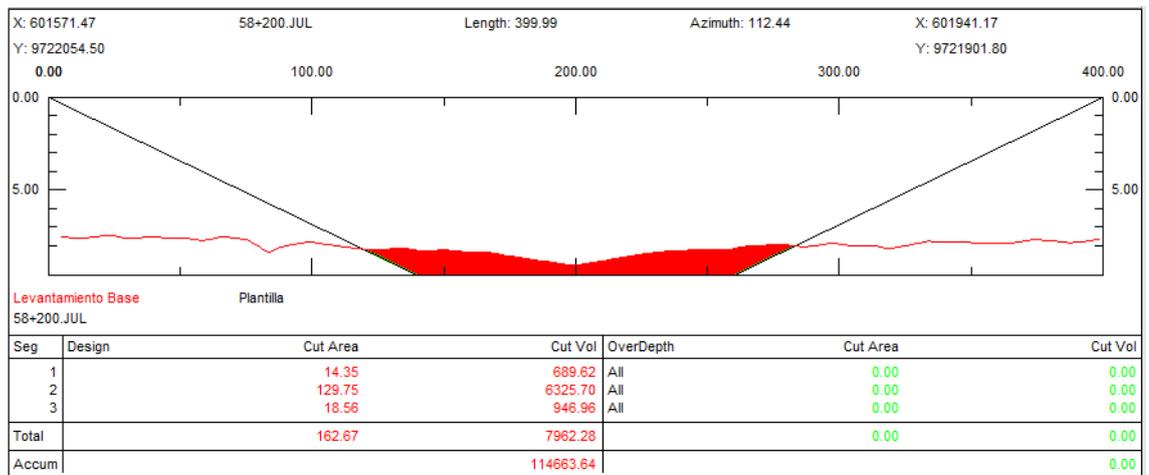
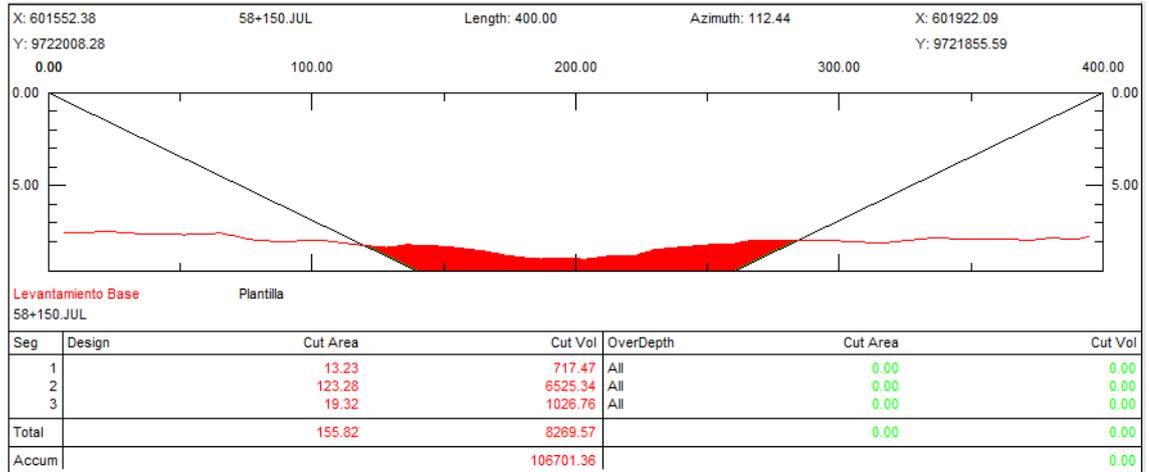
BATIMETRIA JULIO/2018

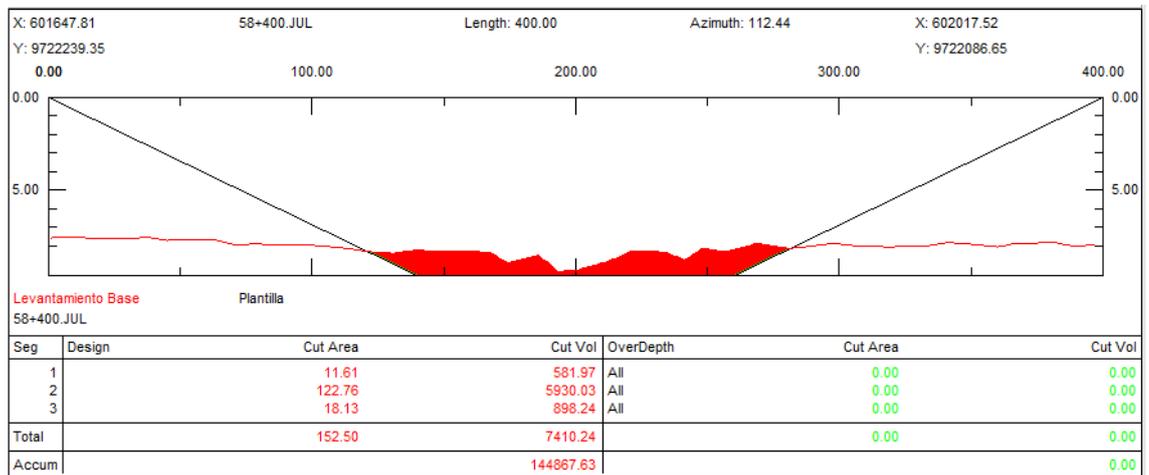
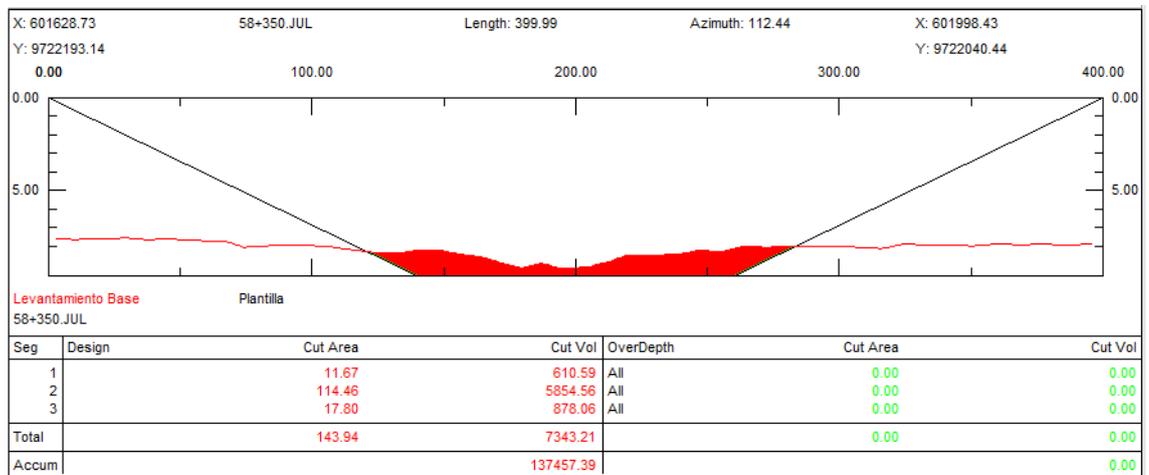
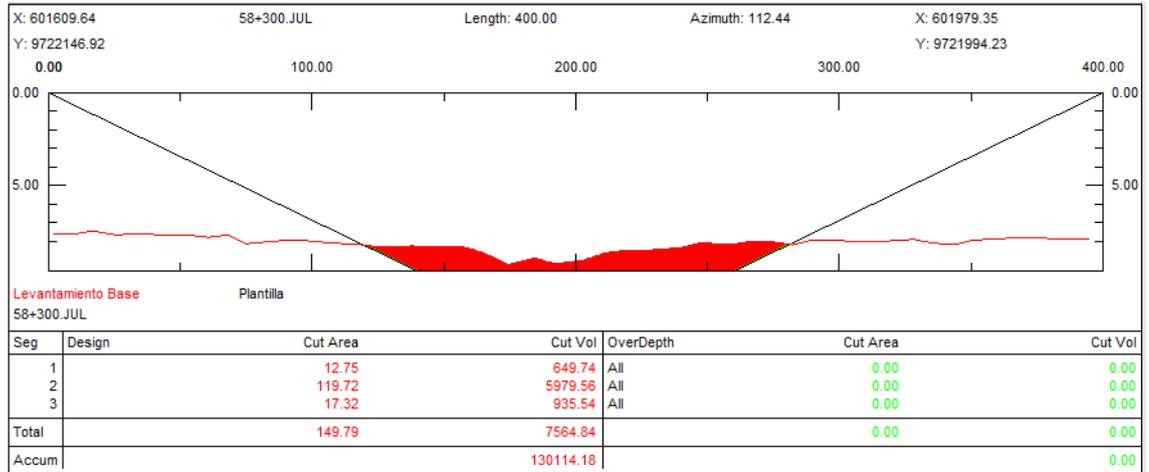


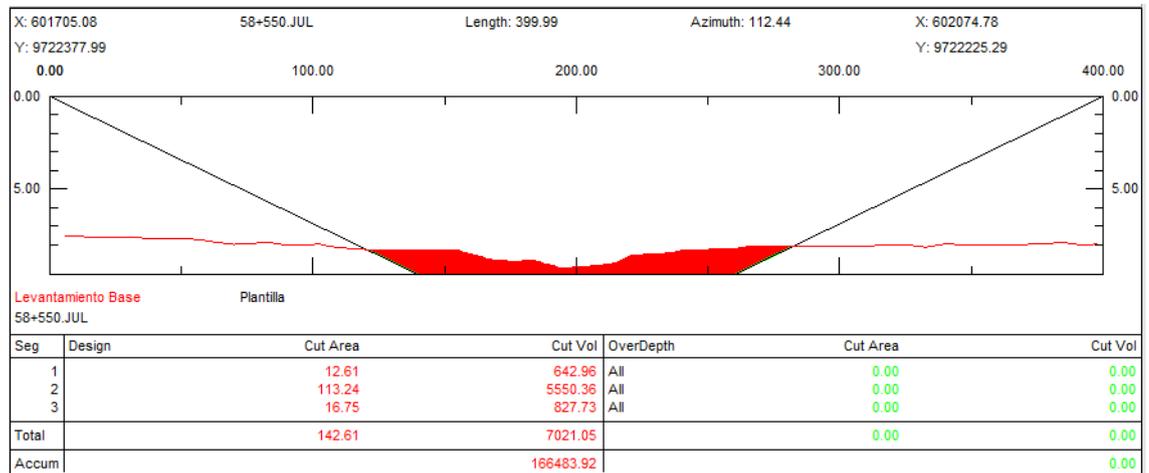
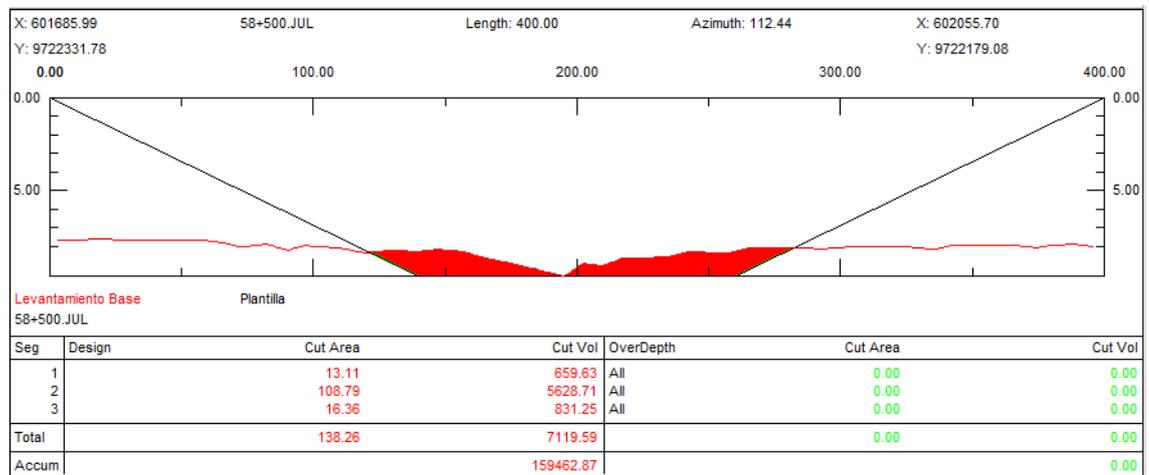
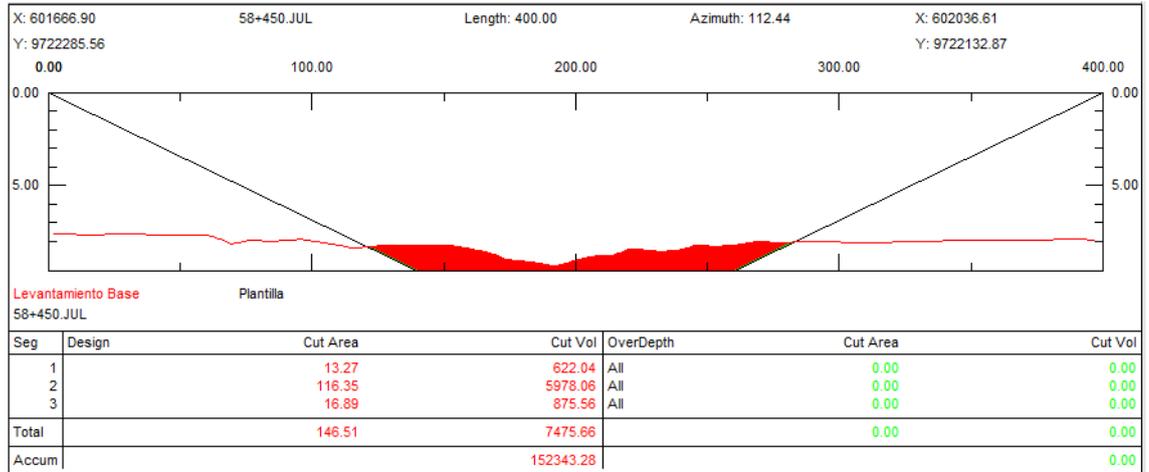


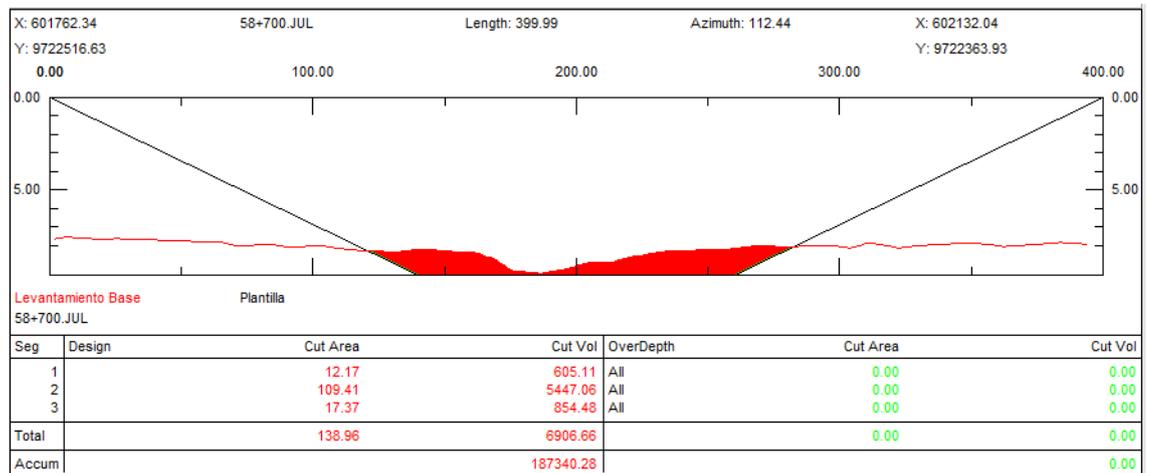
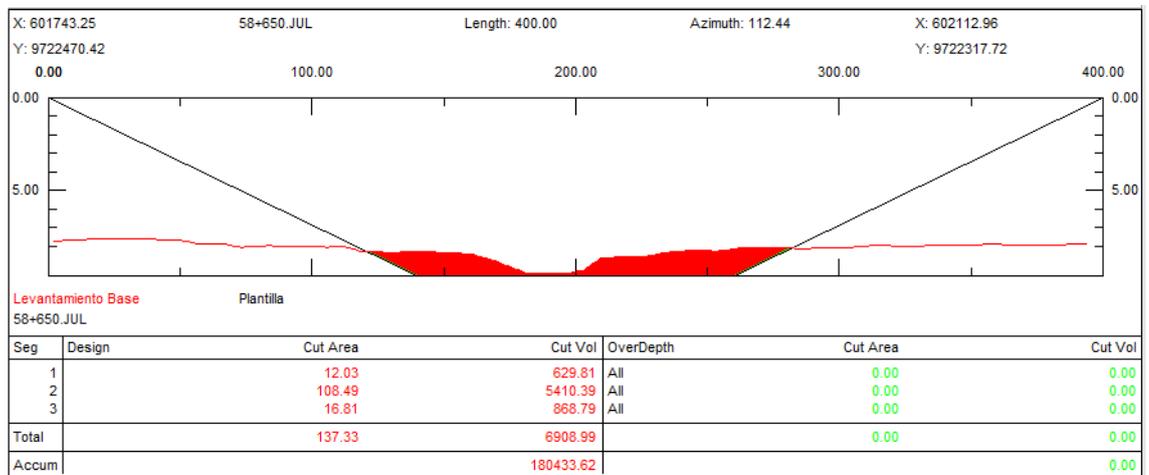
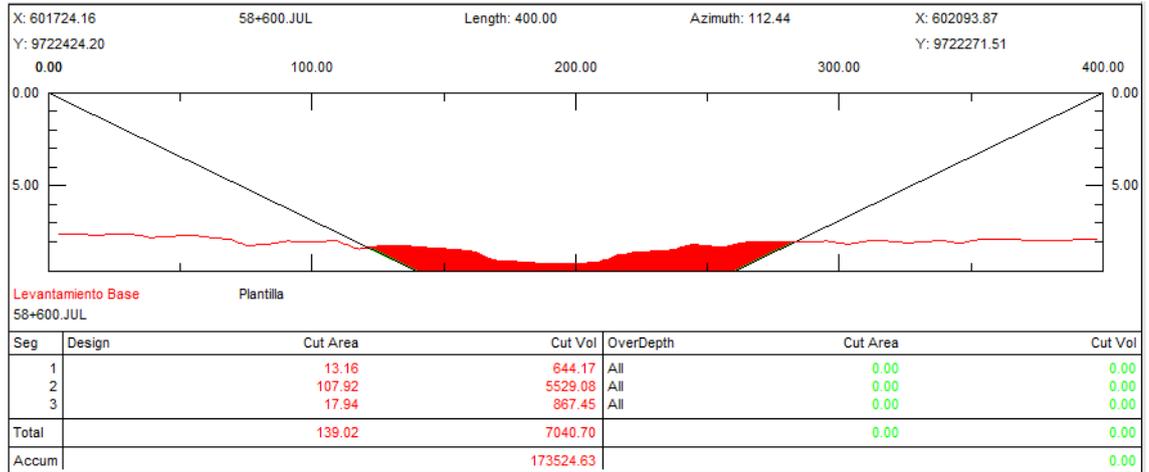


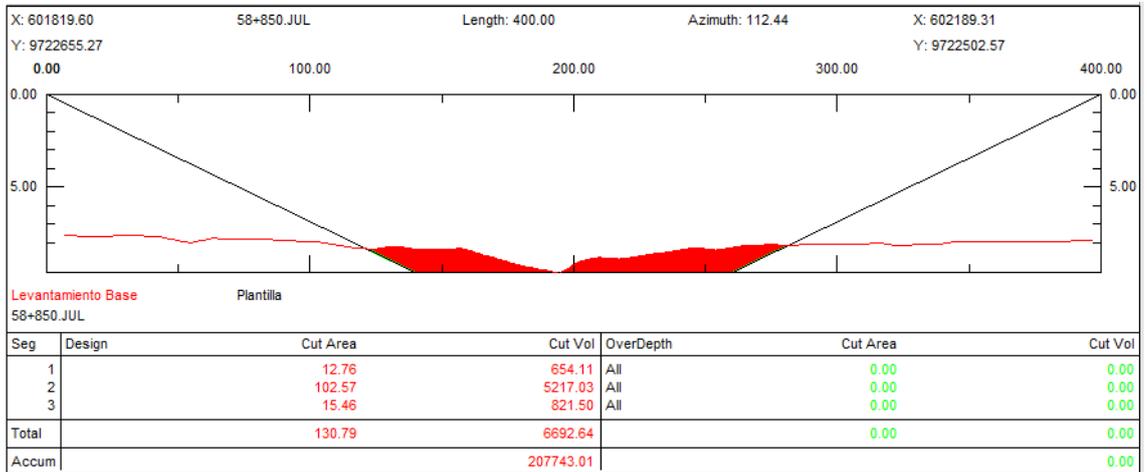
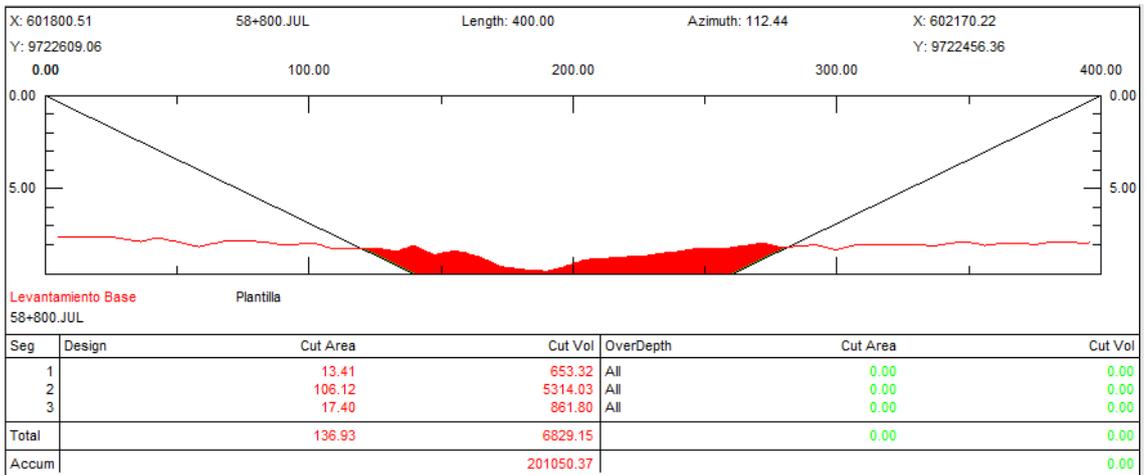
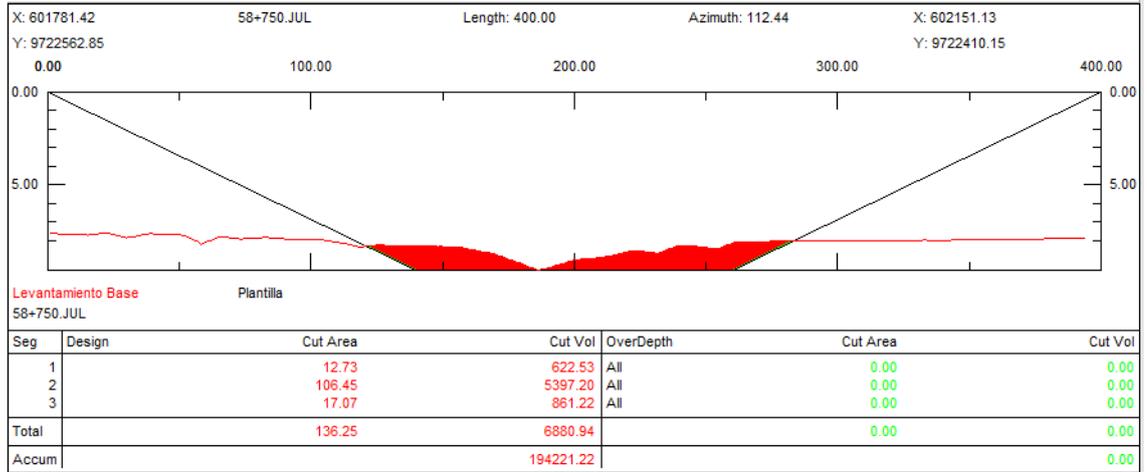


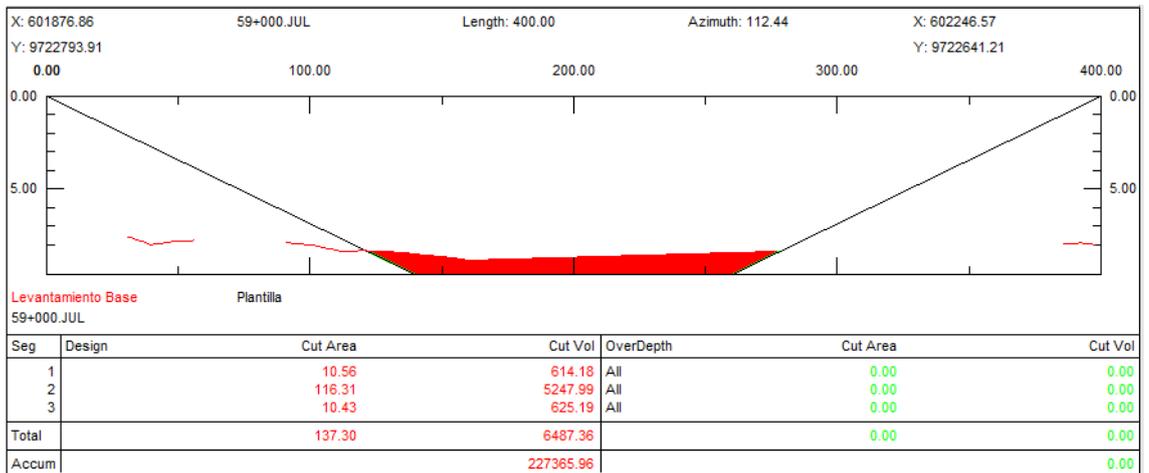
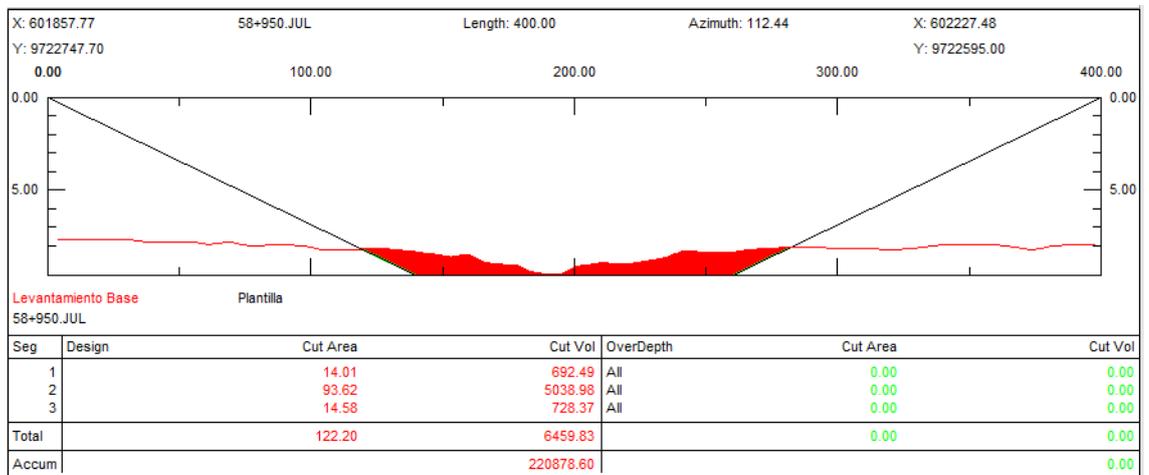
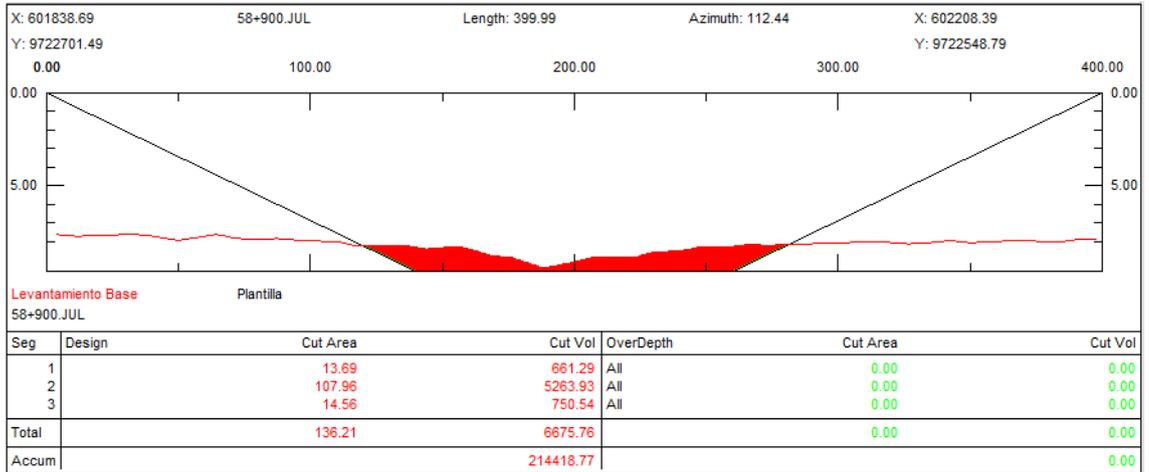




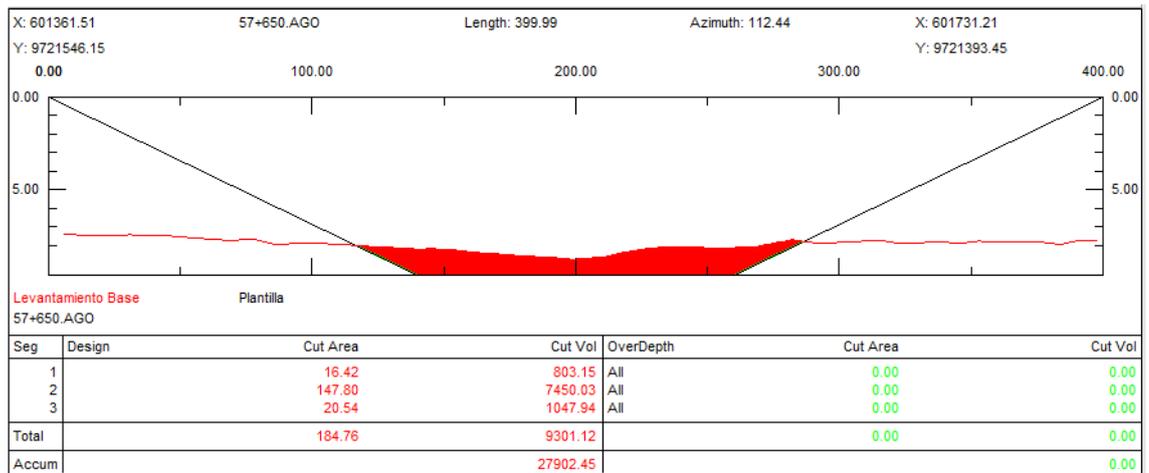
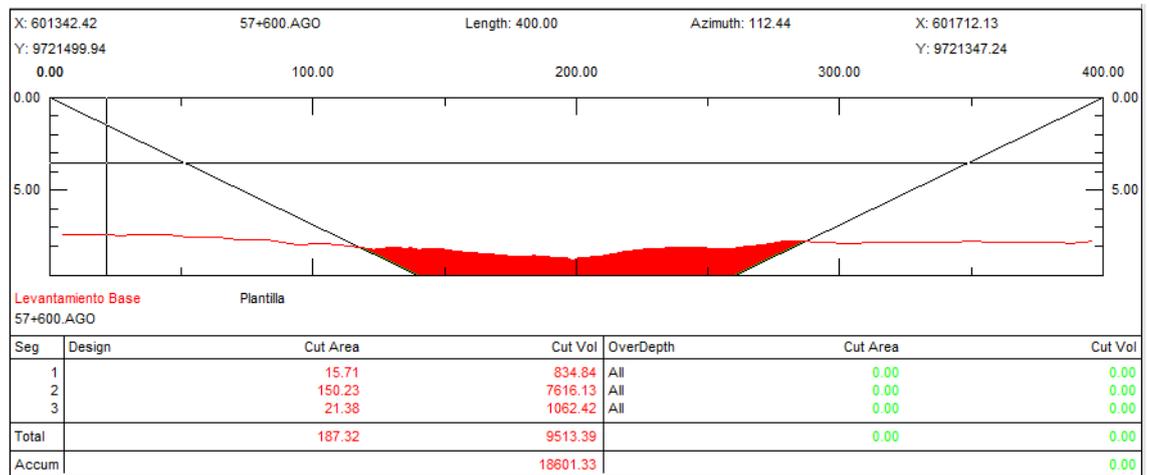
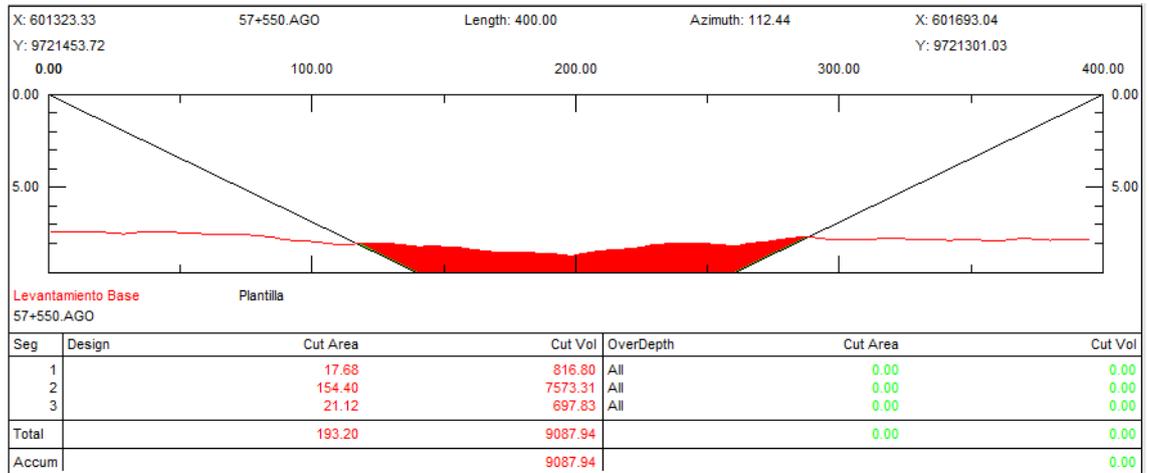


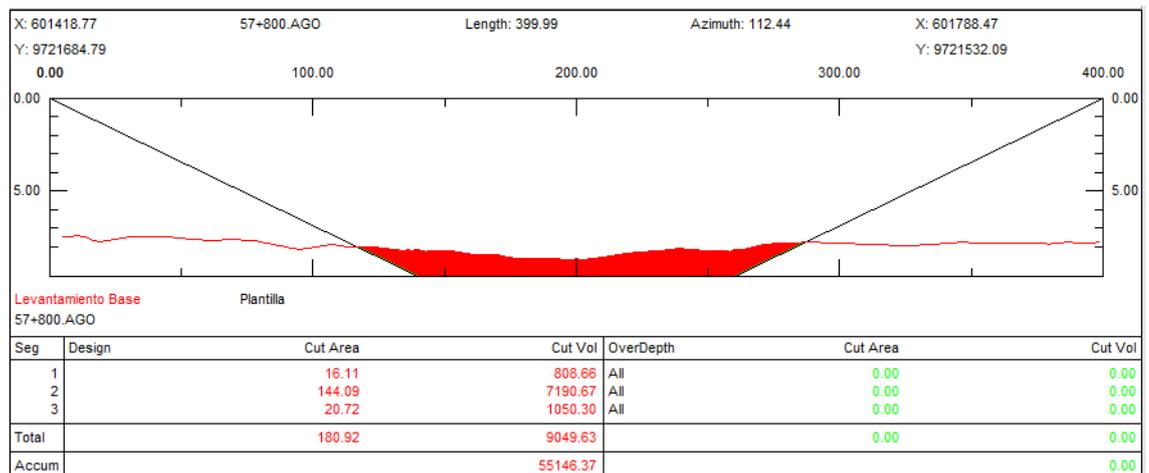
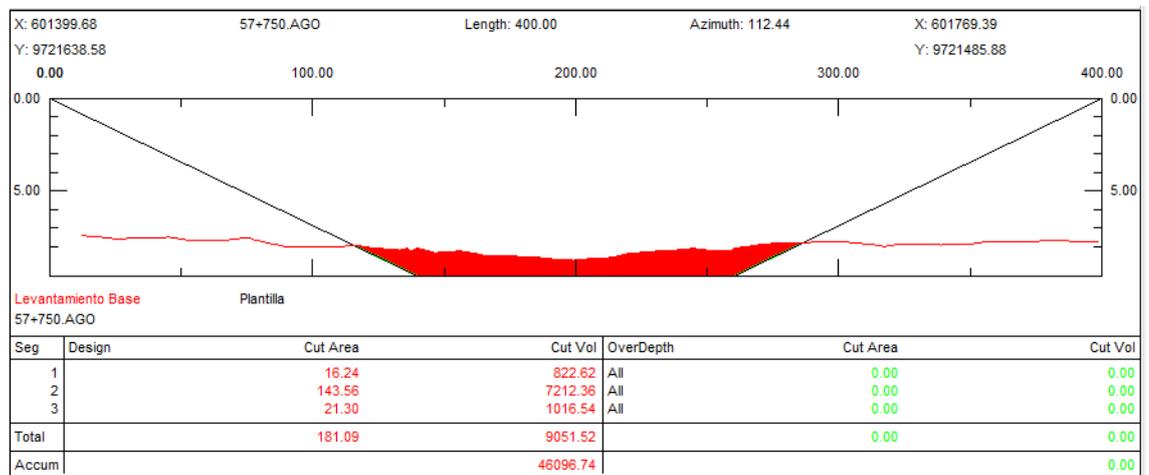
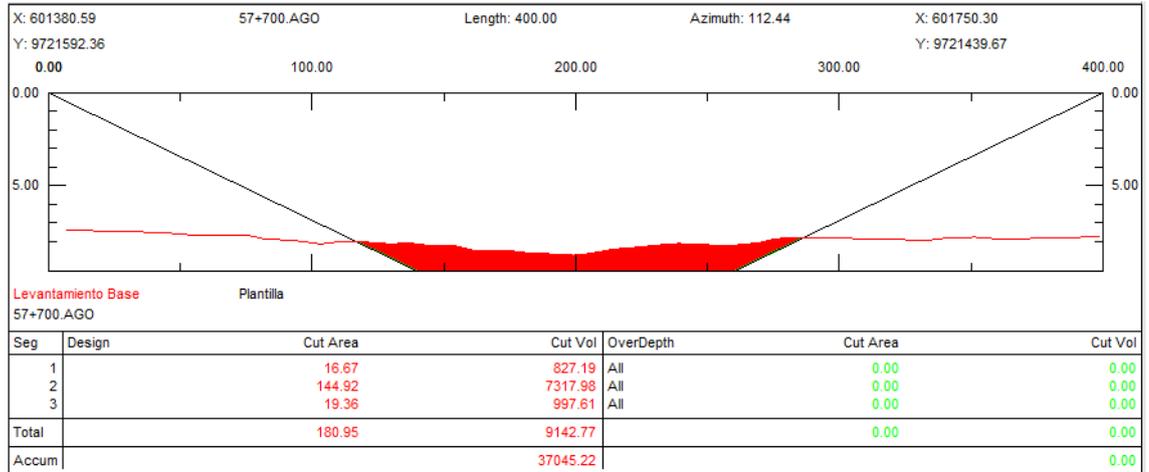


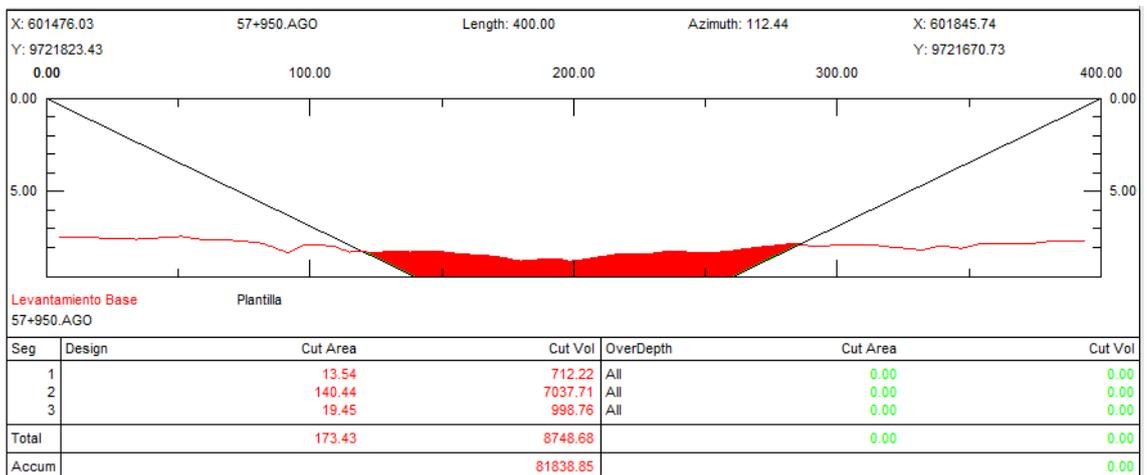
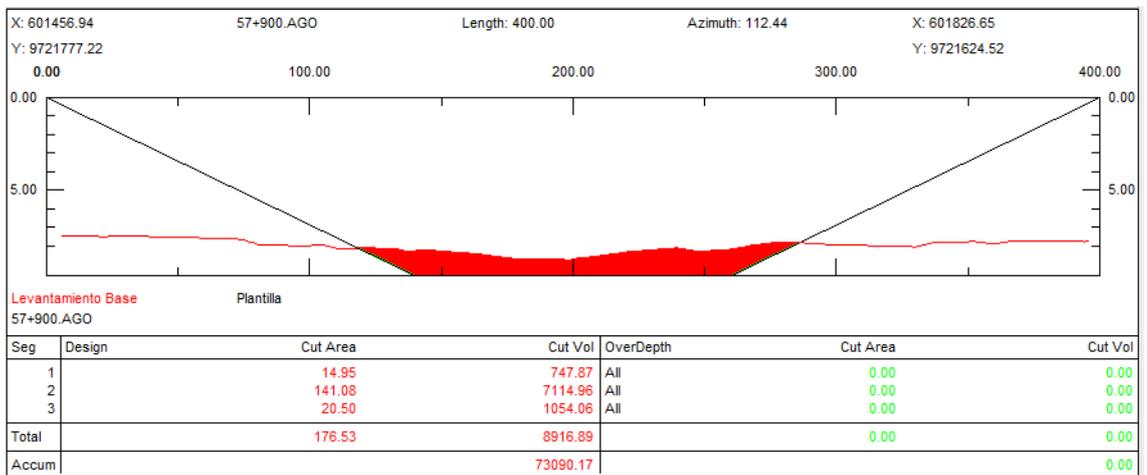
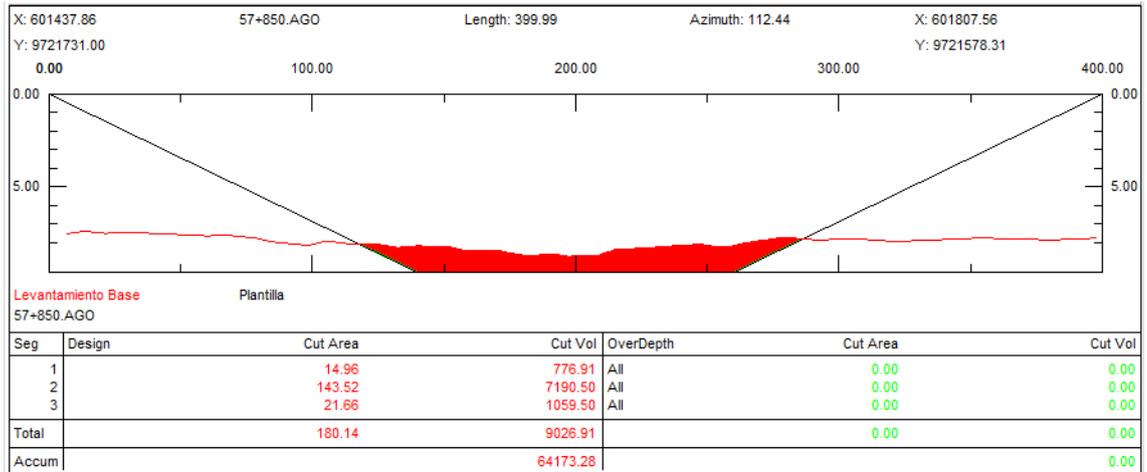


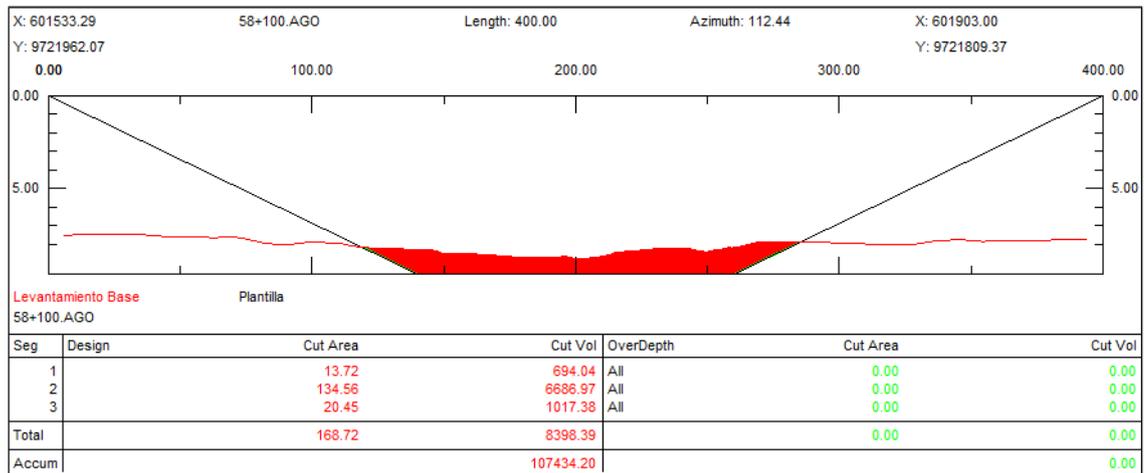
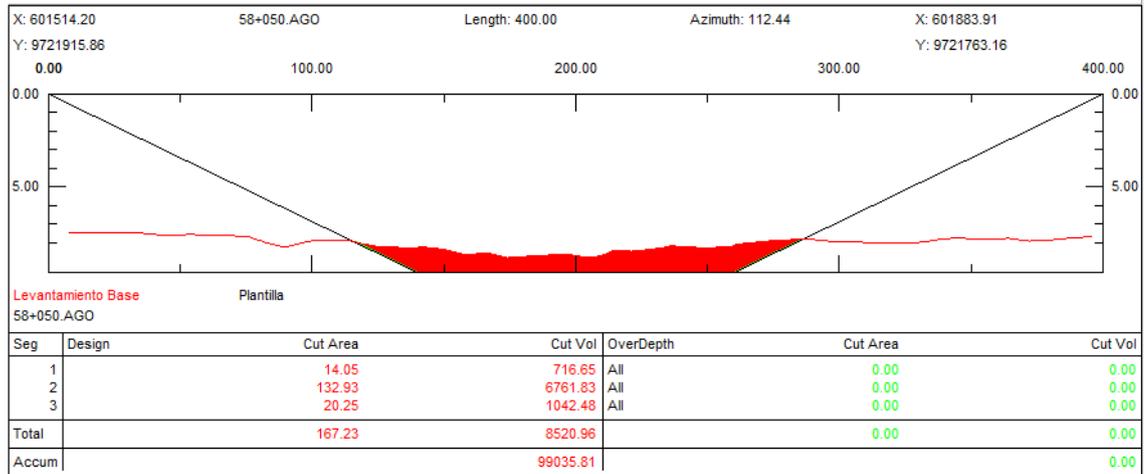
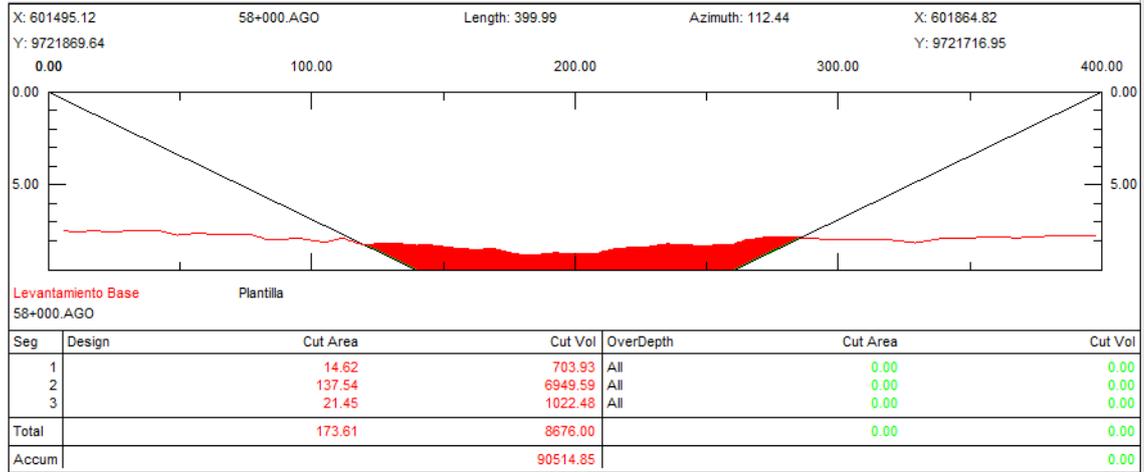


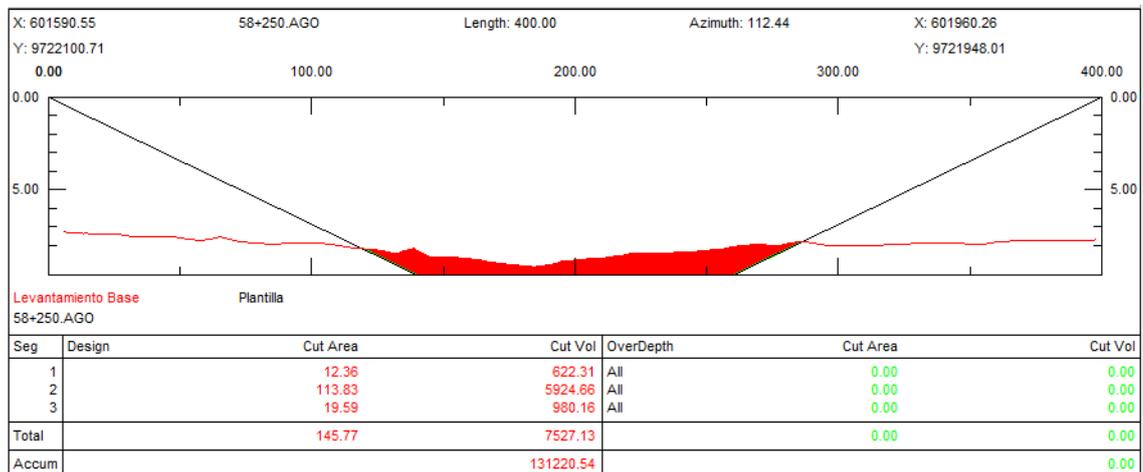
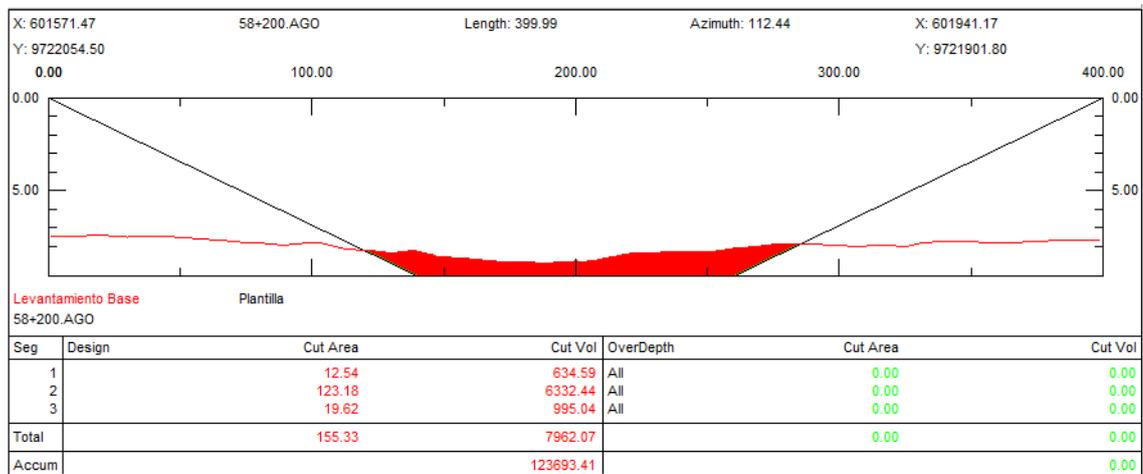
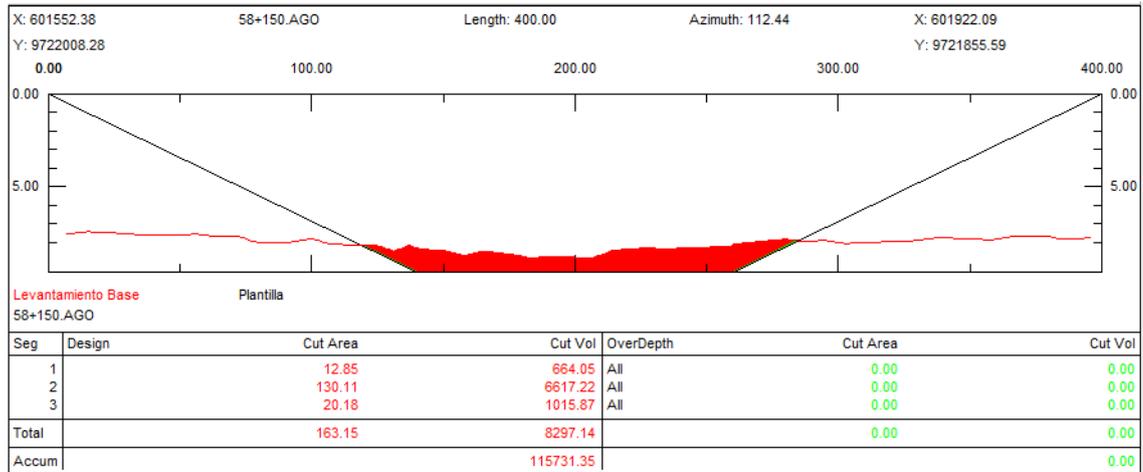
BATIMETRIA AGOSTO/2018

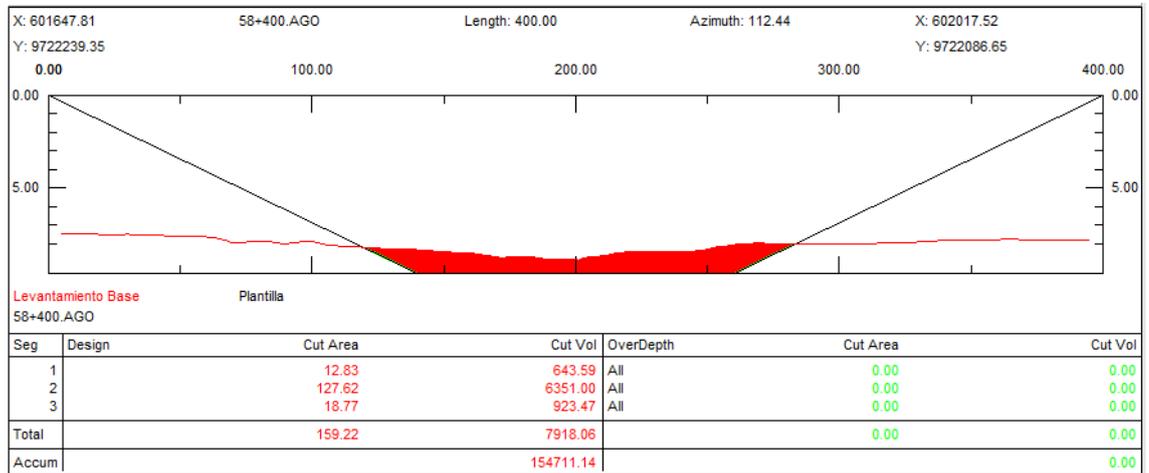
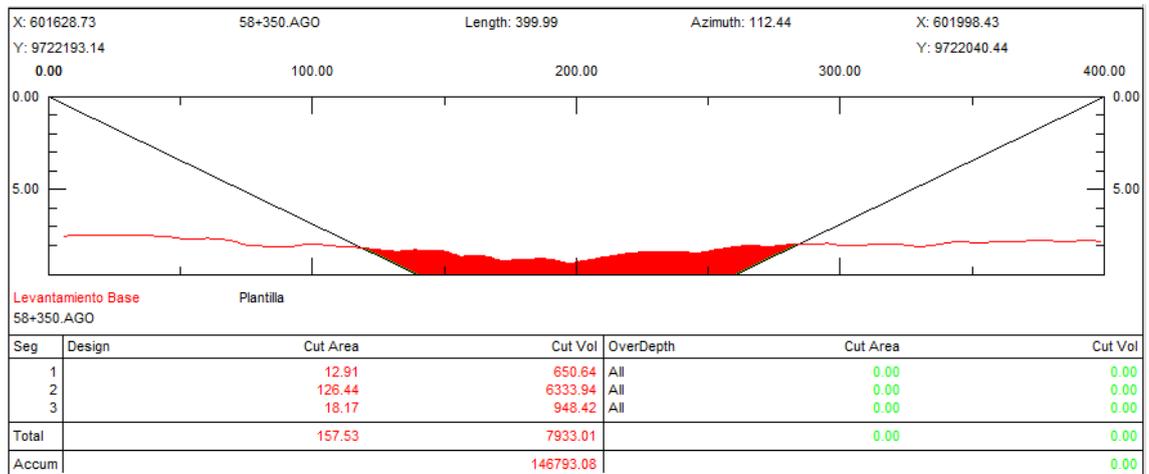
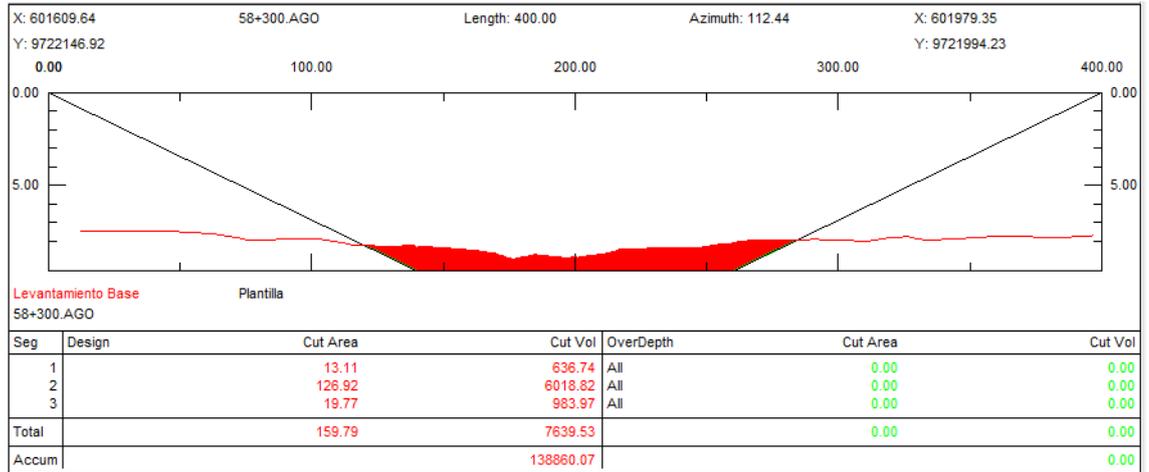


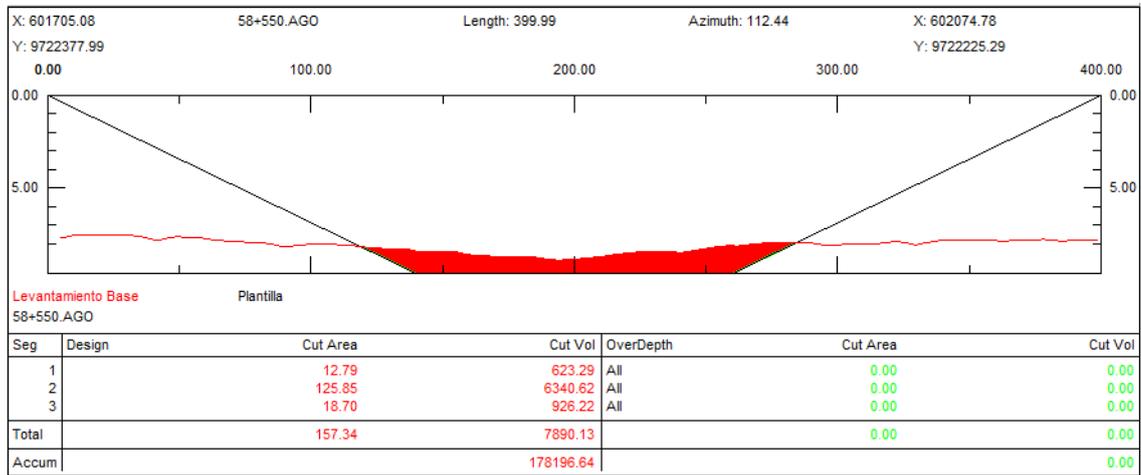
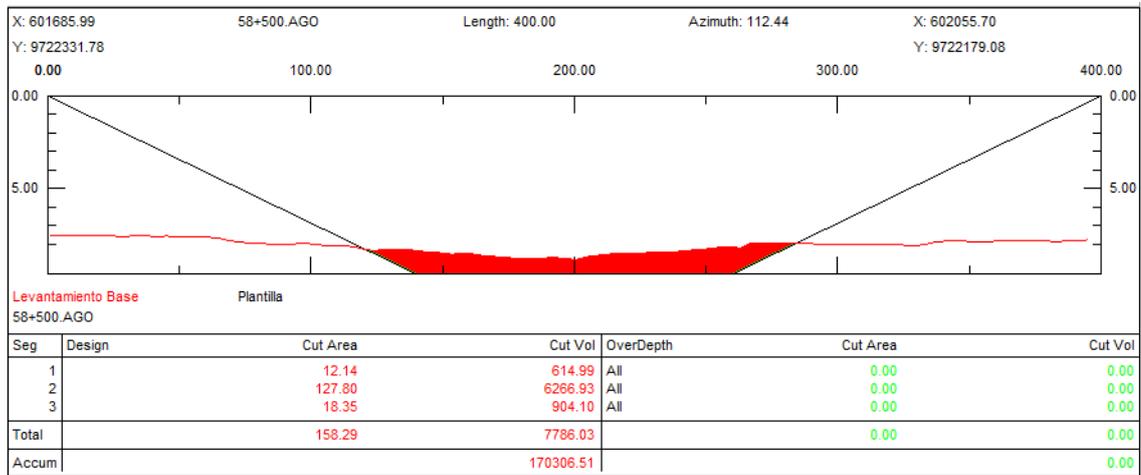
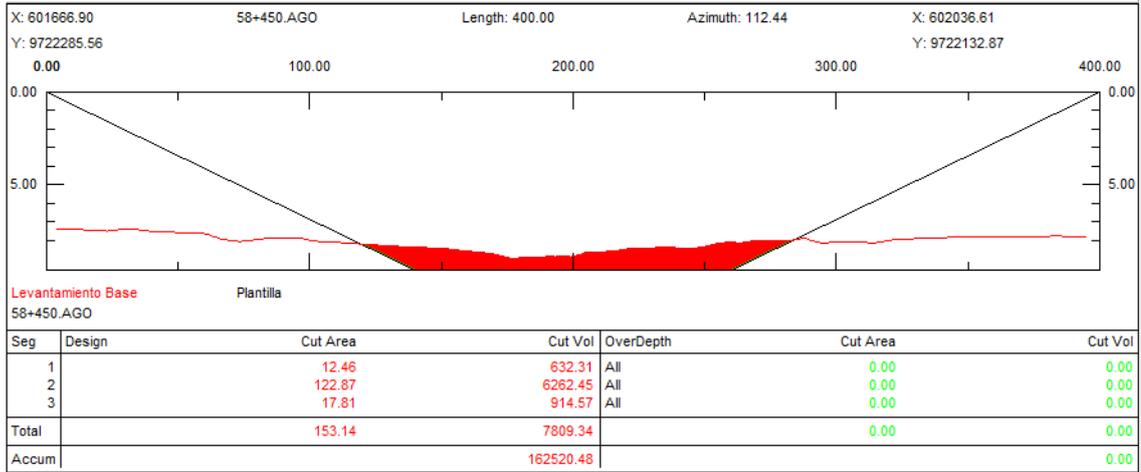


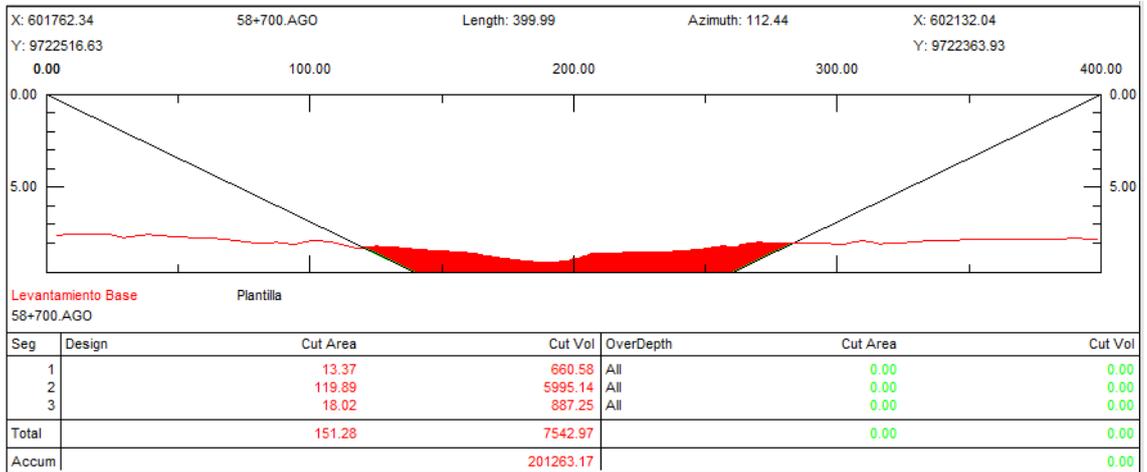
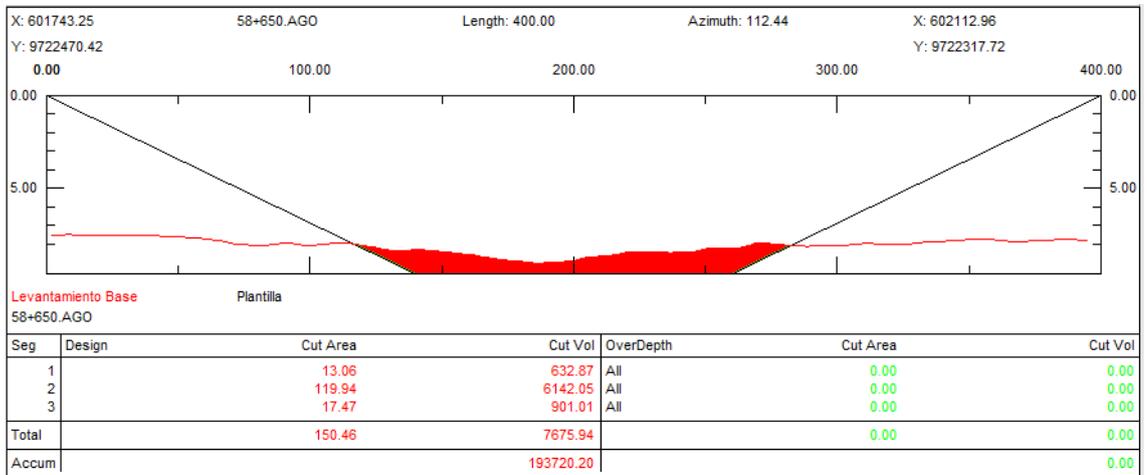
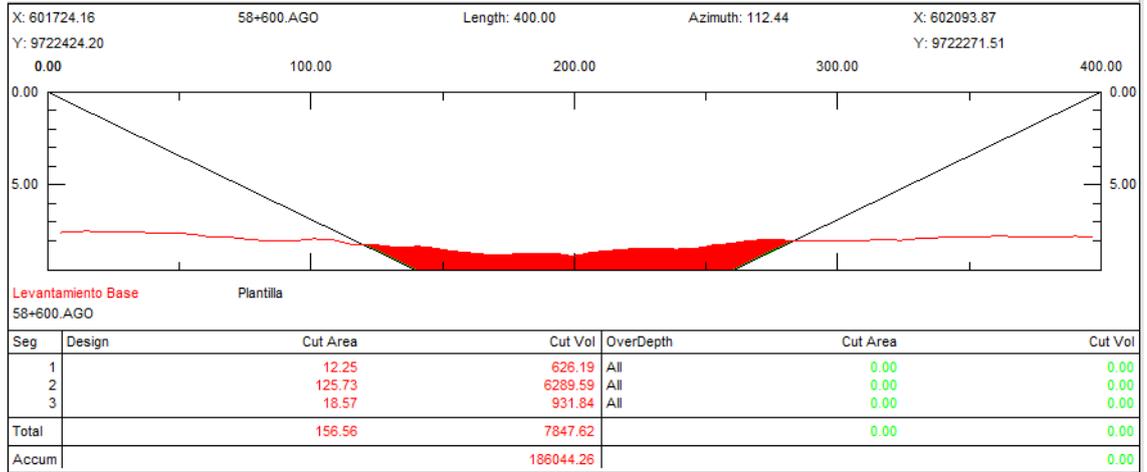


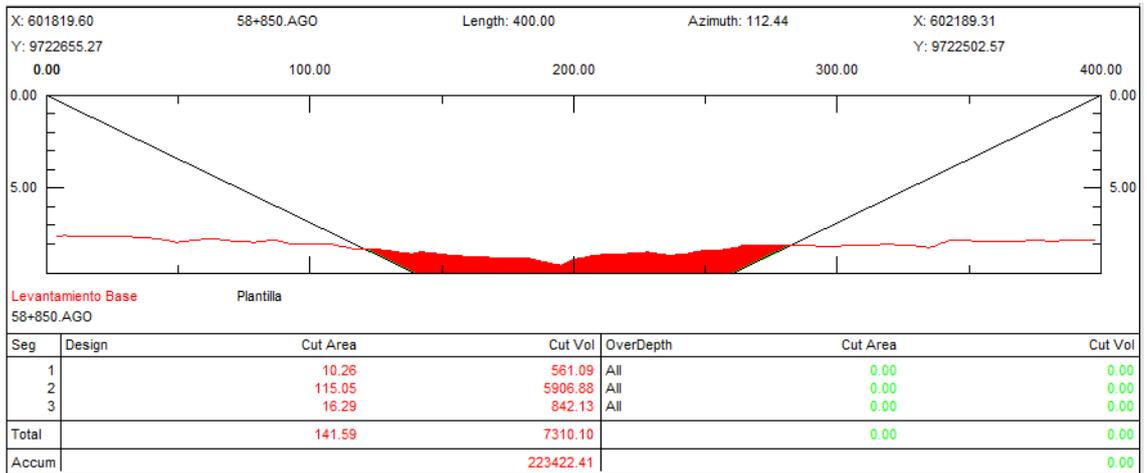
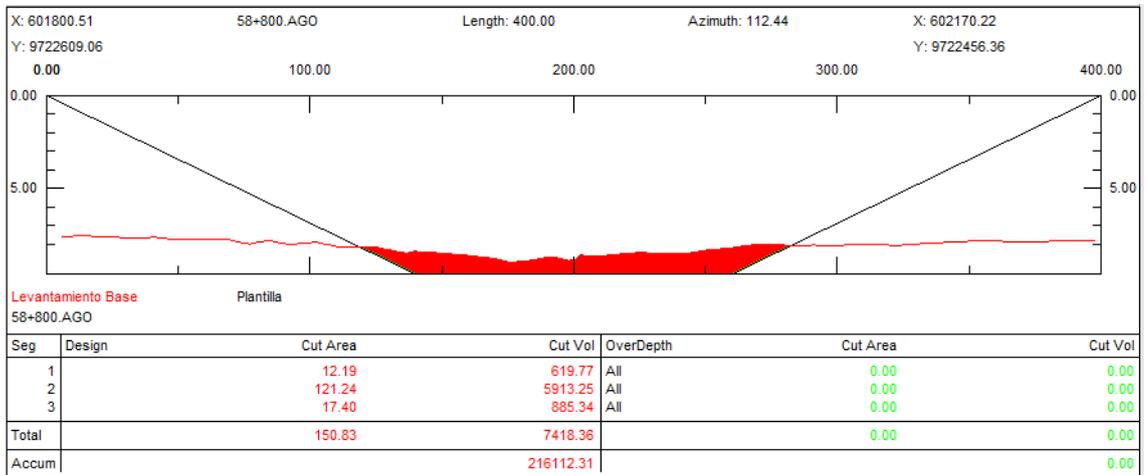
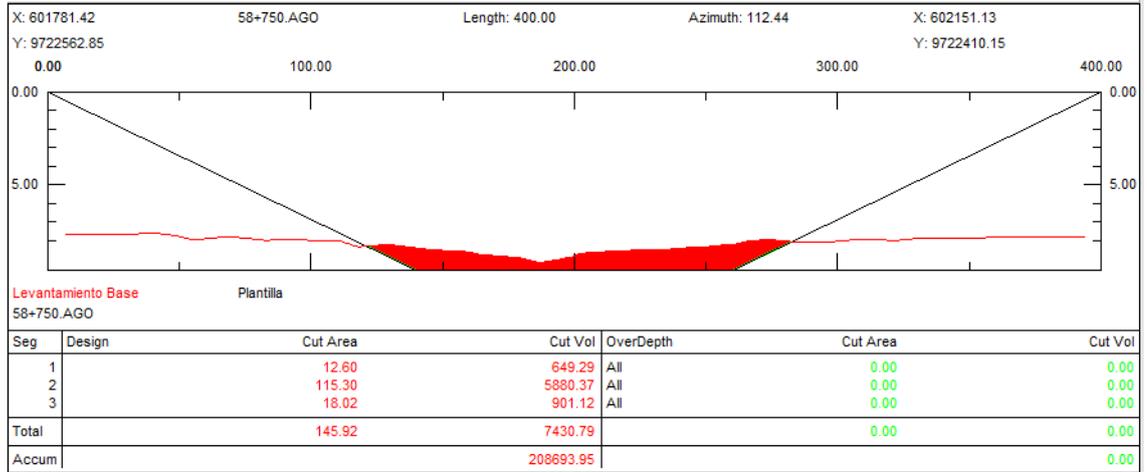


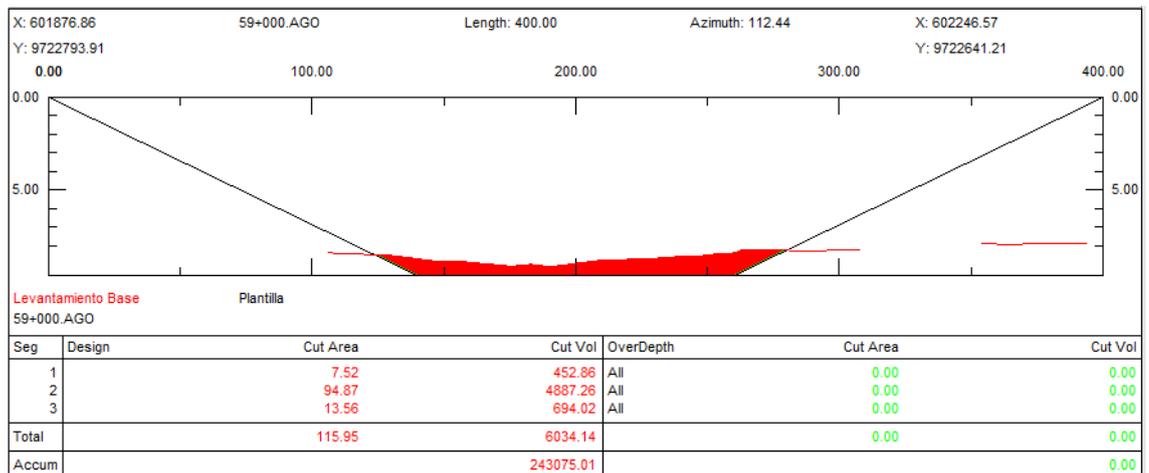
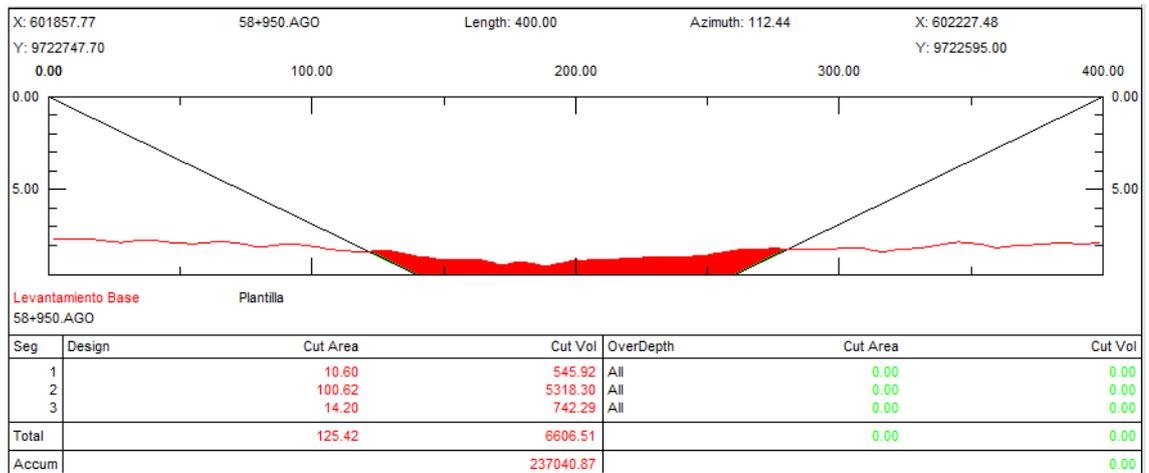
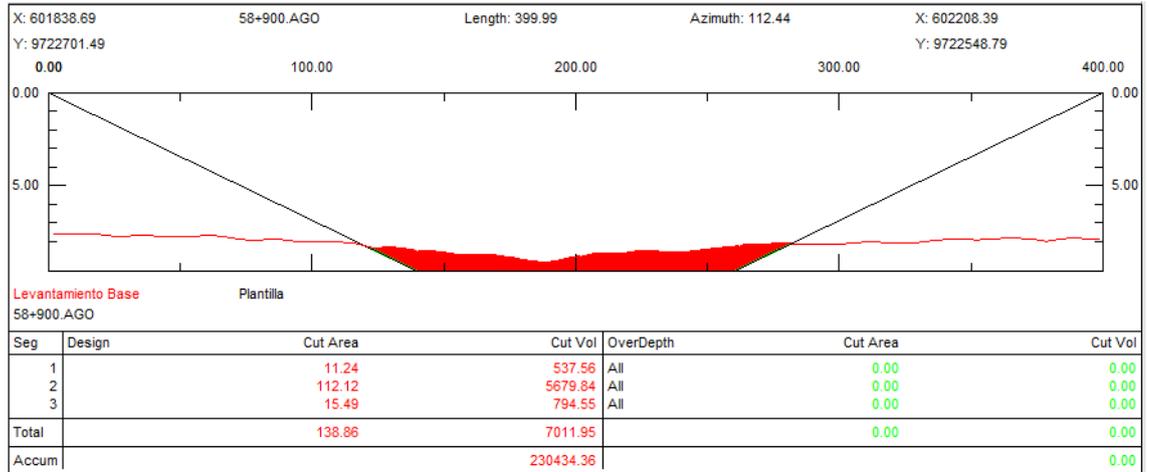














ACTA DE ENTREGA DE INFORMACIÓN DIGITAL

En la ciudad de Guayaquil, a los a los 15 días del mes de agosto del año 2019, comparecen por una parte el Instituto Oceanográfico de la Armada, a través del TNFG-SU Fernando Chávez Bárcenas como Jefe de Levantamientos y Archivo Técnico de la Dirección de Hidrografía y Cartografía del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, y por otra el Sr. CBOS-HI Cusquillo Chauca Jorge Luis estudiante de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, quién de acuerdo a la autorización del Sr. Director de Hidrografía y Cartografía Sr. CPCB-TNC Alavera Jorge indica que para fines de confidencialidad de los archivos digitales y documentos que se entreguen, así como la suscripción de la presente Acta de Entrega Recepción de la siguiente información con el objeto de realizar Tesis de graduación titulado “Impacto Hidráulico Sedimentario del comportamiento temporal del canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil”

ANTECEDENTES:

- 1.1. La ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la información Pública, faculta a las instituciones como el Instituto Oceanográfico de la Armada, a entregar información pública que hubieren generado o que se encontrare en su poder.
- 1.2. Las normas 2.3, 3.2, 4.5, 4.9, y 4.10 de la Política Nacional de Información Geoespacial disponen que: “2.3 Las instituciones u organismos generadores de información geoespacial, deben tener un registro de la entrega, para fines estadísticos.”; “3.2 Todas las instituciones custodias de información pública deben garantizar el acceso a la información salvo que esta sea declarada secreta, reservada y confidencial.”; “4.5 Se prohíbe la venta, arrendamiento y comercialización o cualquier otra forma conocida o por conocerse de transferencia de la propiedad intelectual, incluso como parte de otros servicios de la información geográfica de carácter público. Se prohíbe la redistribución de los datos e información pública vía Internet, excepto al Sistema Nacional de Información o salvo expresa autorización del generador y/o propietario de la información.”; “4.9 Las Instituciones y organismos públicos titulares de los derechos de propiedad de productos o aplicaciones, desarrolladas por sus servicios o cuyo desarrollo haya sido objeto de contratación, deben ponerlas a disposición de cualquier organismo del sector público, sin contraprestación y sin necesidad de convenio, guardando las restricciones de uso que se establezcan por parte del propietario de la información”; “4.10 Para fines académicos y de investigación, la información geoespacial será otorgada de manera gratuita, siempre que se canalice a través de la institución patrocinadora”.

Mediante la autorización del Sr. CPCB-TNC Alavera Jorge y en referencia al Oficio Nro. DEC-FIIC-415-2019, se hace la entrega de información batimétrica correspondiente al área demarcada sobre la carta I.O.A.1071, desde la boya 45 hasta la boya 50, en formato .xyz de los años 2017 y 2018, con la finalidad de realizar Tesis de graduación titulado “Impacto Hidráulico Sedimentario del comportamiento temporal del canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil”.



CLÁUSULA SEGUNDA.- OBJETO DE LA ENTREGA RECEPCIÓN:

El Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador entrega la información al Sr. CBOS HI Cusquillo Chauca Jorge Luis estudiante de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, para la firma del acta de Entrega-Recepción según la siguiente información:

INFORMACIÓN BATIMETRICA ENTREGADA

PRODUCTO	NOMBRE DEL ARCHIVO	FECHA DE LA INFORMACIÓN	NOMBRE DE METADATA/MEMORIA TÉCNICA	DATUM VERTICAL	FORMATO Y TAMAÑO	INSTITUCIÓN
BATIMETRÍAS	BAT_SON_IOA1070_1071_10072018	10 de julio de 2018	BAT_MET_IOA1070_1071_10072018	MLWS	.xyz .xlsx (2,74 MB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1070_1071_27022018	27 de febrero de 2018	BAT_MET_IOA1070_1071_27022018	MLWS	.xyz .xlsx (744 KB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1071_16022018	16 de febrero de 2018	BAT_MET_IOA1071_16022018	MLWS	.xyz .xlsx (960 KB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1071_04122017	04 de diciembre de 2017	BAT_MET_IOA1071_04122017	MLWS	.xyz .xlsx (1,44 MB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1071_26102017	26 de octubre de 2017	BAT_MET_IOA1071_26102017	MLWS	.xyz .xlsx (912 KB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1071_03082017	03 de agosto de 2017	BAT_MET_IOA1071_03082017	MLWS	.xyz .xlsx (2,13 MB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1071_23052017	23 de mayo de 2017	BAT_MET_IOA1071_23052017	MLWS	.xyz .xlsx (2,32 MB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1070_1071_23032017	23 de marzo de 2017	BAT_MET_IOA1070_1071_23032017	MLWS	.xyz .xlsx (1,75 MB)	INOCAR
	BAT_SON_IOA1071_L5L6_13012017	13 de enero de 2017	BAT_MET_IOA1071_L5L6_13012017	MLWS	.xyz .xlsx (772 KB)	INOCAR

Para la legalización y respaldo de esta Acta de entrega firman los siguientes funcionarios:



TNEC-SU CHÁVEZ FERNANDO
JEFE DE LEVANTAMIENTOS Y ARCHIVO
TÉCNICO DE HIDROGRAFIA
ENTREGA



CBOS-HI CUSQUILLO JORGE
UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
RECIBE



CPCB-TNC JORGE ALAVERA ALVARADO
DIRECTOR DE HIDROGRAFIA Y CARTOGRAFÍA

Manuel BRAVO Lojas
TENIENTE DE NAVIO-SU

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

REGISTRÓ DE USO DE INFORMACIÓN OCEANOGRÁFICA

En la ciudad de Guayaquil, a los a los 10 días del mes de septiembre de 2019, comparecen por una parte el Instituto Oceanográfico de la Armada, a través del TNNV-SU Leonardo Alvarado García, como Jefe de la Dirección de Oceanografía, y por otra el Sr. Jorge Cusquillo, estudiante de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Vicente Rocafuerte de Guayaquil y con email jorgeluis_21c@hotmail.com, a quien en adelante se le denominará "el Requirente"; con el objeto de suscribir el presente registro de uso de información oceanográfica

CLÁUSULA PRIMERA.- ANTECEDENTES:

- 1.1. Las normas 3.2 y 4.9 de la Política Nacional de Información Geoespacial, aprobada por el CONAGE y publicada en el R.O. No. 269 del 1 de septiembre de 2010, establecen que "Todas las instituciones custodias de información pública deben garantizar el acceso a la información salvo que esta sea declarada secreta, reservada y confidencial"; y que "Las Instituciones y organismos públicos titulares de los derechos de propiedad de productos o aplicaciones, desarrolladas por sus servicios o cuyo desarrollo haya sido objeto de contratación, deben ponerlas a disposición de cualquier organismo del sector público, sin contraprestación y sin necesidad de convenio, guardando las restricciones de uso que se establezcan por parte del propietario de la información".
- 1.2. En referencia al oficio N.- DEC-FIIC-415-2019, del 15 de julio del 2019 emitido por la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, el Sr. Jorge Cusquillo Chauca, estudiante egresado de la Facultad antes mencionada, solicita información de corrientes medidas en el canal de acceso a Puerto de Guayaquil sector barra interna, incluyendo parámetros de magnitud y dirección, con el fin de ser utilizada en el proyecto integrador titulado: "**Impacto Hidráulico del comportamiento de un canal temporal en el canal de acceso a Puerto de Guayaquil previamente dragado entre las abscisas 57+500 y 59+000**", el mismo que será supervisado por el sr. PHD, Marcial Calero Amores como tutor de proyecto integrador.

CLÁUSULA SEGUNDA.- REGISTRO Y CONDICIONES DE LA LICENCIA DE USO DE LA INFORMACIÓN: Con los antecedentes indicados, por el presente documento se deja constancia de lo siguiente:

- 2.1. Que mediante el presente instrumento la Dirección de Oceanografía, entrega la información: datos de corrientes que incluyen los parámetros de magnitud y dirección, entre las siguientes coordenadas geográficas:
 - Lat. 02°31'S, Long. 80°05'W, y Lat. 02°29'S, Long. 80°04'W.
- 2.2. Por este instrumento, el Departamento de Ciencias del Mar autoriza el uso de la información oceanográfica, que será utilizada por el requirente, en las condiciones que constan en el presente instrumento.
- 2.3. Que el uso es restringido exclusivamente para el objetivo que fue solicitado, debiendo ser utilizado exclusivamente por el estudiante Jorge Cusquillo, en su propuesta de Investigación o Proyecto y tomarse todas las medidas de seguridad necesarias para impedir la simple entrega, distribución, reproducción, traspaso y/o venta de la información que se entrega.



INSTITUTO OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

CLÁUSULA SEGUNDA.- OBJETO DE LA ENTREGA RECEPCIÓN:

2.1. La Dirección de Oceanografía entrega al Jorge Cusquillo, estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, la siguiente información

2.1.1 Datos de corrientes que incluyen los parámetros de magnitud y dirección en la zona del canal de acceso a Puerto de Guayaquil sector barra interna, entre Lat. 02°31'S, Long. 80°05'W, y Lat. 02°29'S, Long. 80°04'W.

2.2 El estudiante Jorge Cusquillo Chauca se compromete a entregar una copia impresa y digital de su trabajo de investigación, máximo un mes después de la fecha de culminación, la cual está prevista para el 20 de diciembre/2019.

TNNV-SU **Leonardo Alvarado Garcia**
Dirección de Oceanografía Naval

PHD. **Marcial Calero Amores**
Docente Tutor

Jorge Cusquillo Chauca
FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCION
jorgeluis_21c@hotmail.com

0959577808