

EsIA PROYECTO FENIX

Área Cuenca Marina Austral I

Apéndice 1 del Capítulo 8

Documento de Modelación Matemática

Parte 2

**MODELACIÓN HIDRODINÁMICA
VERTIDOS DE RECORTES Y LODOS DE PERFORACIÓN (BASE AGUA)
DERRAMES DE HIDROCARBUROS
PROPAGACIÓN DE SONIDO**

**Para
Total AUSTRAL S.A.**

Por

Ezcurra & Schmidt S.A. (ESSA)

Blanco Encalada 1721 P10 E, (1428)

Buenos Aires, Argentina. Tel / Fax: 54 11 4786-0851

www.essa.com.ar

Marzo 2023

ÍNDICE PARTE 2

4. MODELACIÓN DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS - MIKE 3 (MT)	54
4.1. PERFORACIÓN.....	56
4.2. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES.....	64
4.2.1. Corrientes.....	64
4.2.2. Vertidos de recortes de perforación.....	79
4.2.3. Vertidos de lodos de perforación (base agua).....	97
5. DISPERSIÓN DEL MEDIO	116

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

°C	GRADOS CENTÍGRADOS
μPa	MICROPASCAL
0-p	PRESION ACUSTICA CERO A PICO
AD	ADVECCIÓN - DISPERSIÓN
ADCP	ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER
Ap	ATENUACIÓN ASOCIADA A LA ONDA COMPRESIONAL
APN	ADMINISTRACION DE PARQUES NACIONALES
C	VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN
CEADO	CENTRO ARGENTINO DE DATOS OCEANOGRÁFICOS
CFL	COURANT-FRIEDRICHS-LEWY NUMBER
cP	CENTIPOISE
Cp	VELOCIDAD COMPRESIONAL
dB	DECIBEL
DEF	DICIEMBRE-EBERO-FEBRERO
DHI	DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (INSTITUTO HIDRÁULICO DANÉS)
EIA	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
EsIA	ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
EU	EUTROFICACIÓN
f	FRECUENCIA DE LA ONDA ACÚSTICA
FM	FLEXIBLE MESH
g/m²	GRAMOS POR METRO CUADRADO
g/m³	GRAMOS POR METROS CÚBICOS
GEBCO	GENERAL BATHYMETRIC CHART OF THE OCEANS (CARTA BATIMETRICA GENERAL DE LOS OCEANOS)
h	HORA
ha	HECTÁREAS
HD	HIDRODINÁMICO
J	JOULES
JJA	JUNIO-JULIO-AGOSTO
kg	KILOGRAMOS
LBA	LINEA DE BASE AMBIENTAL
m	METROS
m/s	METROS POR SEGUNDO
m²	METROS CUADRADOS
m³	METROS CÚBICOS
MAM	MARZO-ABRIL-MAYO
mg	MILIGRAMOS
mg/l	MILIGRAMOS POR LITRO
MGO	MARINE GAS OIL

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

mm	MILÍMETROS
Mpa-m	MEGAPASCALS REFERIDOS A 1 M DE LA FUENTE
ms	MILISEGUNDOS
MT	MUD TRANSPORT
NCEP	NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL PREDICTION
NMFS	NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE (SERVICIO NACIONAL DE PESCA MARINA)
NMM	NIVEL MEDIO DEL MAR
NOAA	NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (OFICINA NACIONAL ADMINISTRACIÓN OCEÁNICA Y ATMOSFÉRICA)
OS	OIL SPILL
PA	PARTICLE
Pa	PASCAL
PNA	PREFECTURA NAVAL ARGENTINA
P-P	PICO A PICO
ppb	PARTES POR BILLÓN
ppm	PARTES POR MILLÓN
PW	PHOCID PINNIPEDS (PINNIPEDOS POSIDAE)
Q	QUALITY FACTOR
Qp	CALIDAD COMPRESIONAL
R	DISTANCIA A LA FUENTE EN METROS
r	DENSIDAD
R	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL
S	SALINIDAD
SAyDS	SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE
SEL	SOUND EXPOSURE LEVEL (NIVEL DE EXPOSICION SONORA)
SHN	SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL
SL	SOURCE LEVEL (NIVEL DE FUENTE)
SON	SEPTIEMBRE-OCTUBRE-NOVIEMBRE
SPL	NIVEL DE PRESION SONORA
T	TEMPERATURA
TL	TRANSMISSION LOSSES (PERDIDAS DE TRANSMISION)
ton	TONELADAS
UAS	UNDERWATER ACOUSTIC SIMULATOR (SIMULADOR ACÚSTICO SUBACUÁTICO)
UAS	UNDERWATER ACOUSTIC SIMULATION
UTM	UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
VP	VEGA PLEYADE
WOD	WORLD OCEAN DATABASE (BASE DE DATOS DEL OCEANO MUNDIAL)
WQ	WATER QUALITY (CALIDAD DE AGUA)
Z	IMPEDANCIA ACÚSTICA

MODELACIÓN HIDRODINÁMICA, DE VERTIDOS DE RECORTES Y LODOS DE PERFORACIÓN (BASE AGUA), DE DERRAMES DE HIDROCARBUROS Y PROPAGACIÓN DE SONIDO

4. MODELACIÓN DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS - MIKE 3 (MT)

Generalidades y Base Matemática

El MIKE 3 (MT) es uno de los módulos que acompañan al MIKE 3 Flow Model FM (HD). Este módulo de transporte de sedimentos (MT) en MIKE 3 calcula los procesos relacionados con el transporte de sedimentos cohesivos y no cohesivos, basándose en los resultados del módulo advección y dispersión (AD).

El módulo permite el transporte de múltiples fracciones de sedimentos suspendidos y capas múltiples del fondo. El módulo presenta el cálculo de los procesos de sedimentación, deposición y erosión del fondo. Se pueden seleccionar características opcionales como la influencia de las olas en el esfuerzo cortante y la influencia del tamaño del flóculo en la velocidad de caída.

En los cuadros de diálogo de configuración del modelo para este módulo, se especifican los parámetros relacionados con el proceso que rigen la sedimentación, la erosión y la sedimentación.

Algunos de los fenómenos que calcula este modelo son las siguientes:

- Resuspensión. El material depositado es resuspendido cuando las tensiones de corte en el lecho marino exceden un valor crítico límite. La cantidad de material resuspendido depende del tamaño del grano, el grado de consolidación y las interacciones fisicoquímicas entre las partículas. El modelo incorpora este proceso teniendo en cuenta la relación entre el valor crítico límite de la tensión de corte y la tensión de corte en el lecho marino. El valor crítico límite es una función del parámetro de Shields, el cual depende del material en cuestión.
- Sedimentación. Se pueden elegir distintos procesos de sedimentación, cada uno de ellos es adecuado para distintos sistemas. Se considera que el sedimento se encuentra completamente mezclado en toda la columna de agua.
- La deposición de sedimento puede ocurrir con una velocidad de caída constante o una generada al azar. Cuando la masa cae por debajo de un valor mínimo especificado, el resto de la masa de la partícula es depositada.
- La fuente de sedimento puede ser ubicada a cualquier profundidad y las partículas pueden caer con una velocidad de caída constante o una generada aleatoriamente. Las partículas son depositadas cuando alcanzan el fondo.
- La simulación permite calcular la concentración de material en suspensión a diferentes profundidades.

Campo de Velocidades

El MIKE 3 (MT) funciona con la información acerca de las condiciones provistas por el MIKE 3 Flow Model FM (HD), como una sucesión temporal de instantáneas del campo de velocidades en todo el dominio de modelación.

Grilla y batimetría

Se corresponde con la batimetría utilizada por los modelos MIKE 3 Flow Model FM (HD), discutida antes y presentada en la Figura 3.3. Las grillas de elementos finitos se presentan en las Figuras 3.4 y 3.5.

Salinidad, Temperatura, Densidad y Viscosidad

Corresponden a las mismas utilizadas en las simulaciones con el MIKE 3 Flow Model FM (HD), cuyos bordes han sido alimentados por datos del reanálisis global de Copernicus (<https://resources.marine.copernicus.eu/products>).

Coeficientes de Dispersión

El MIKE 3 (MT) requiere de coeficientes de dispersión que pueden ser diferentes en función de los sedimentos analizados. El modelo utiliza tres coeficientes de dispersión dos horizontales y uno vertical. Los coeficientes de dispersión se pueden establecer como dependientes de la viscosidad turbulenta, la velocidad en las direcciones x e y, o la intensidad de la velocidad. Para estas simulaciones, se utilizaron proporcionales a la viscosidad turbulenta, calibrada en base al campo de corrientes. De todas maneras, es necesario limitar estos valores, en este caso para la horizontal los coeficientes quedaron entre $1.8e-6 \text{ m}^2/\text{s}$ y $1.0e10 \text{ m}^2/\text{s}$, y para el eje vertical $2.2e-6 \text{ m}^2/\text{s}$ y $4.5e-1 \text{ m}^2/\text{s}$.

Datos utilizados en las simulaciones del vertido de recortes y lodos (base agua) de perforación

Los modelos tienen numerosas características y parámetros de calibración que fueron usados. La Tabla 4.1 muestra un resumen de las características de la modelación.

Tabla 4.1 Características generales de las simulaciones del vertido de recortes

Tema	Característica	Detalle
Batimetría	Tipo de grilla	Flexible (elementos finitos)
	Grillas	1 grilla irregular por cada pozo
	Espaciado	Irregular
	Nodos	2504
	Elementos	4832
	Capas	7 capas sigma
	Datos batimétricos:	Batimetría GEBCO 2022
Variables tratadas	Niveles del agua	Variable 2D en tiempo y espacio
	Corrientes	Variable 3D en tiempo y espacio
	Temperatura	Variable en la columna de agua
	Salinidad	Variable en la columna de agua
	Concentraciones de los hidrocarburos	Variable 3D en tiempo y espacio
	Densidad de la película de los hidrocarburos	Variable 2D en tiempo y espacio
	Masa de los hidrocarburos sedimentada	Variable 2D en tiempo y espacio
Módulo hidrodinámico	Tipo de solución numérica	Orden bajo con algoritmo rápido
	Espaciado temporal	Implícito
	Celdas secas y húmedas	Si
	Viscosidad turbulenta horizontal	Formulación de Smagorinsky, coeficiente: 0.32
	Viscosidad turbulenta vertical	Log law formulation entre $2.2e-6$ y $4.5e-1 \text{ m}^2/\text{s}$
	Rugosidad del fondo	0.07 (m)
	Condiciones de contorno	T y S provistas por el reanálisis de Copernicus
	Niveles en los bordes	Marea astronómica y de viento
Transporte de sedimentos	Nº de fracciones de los recortes	5
	Nº de fracciones de los lodos	3
	Nº de capas de fondo	1
	Velocidad de caída por fracción	Ver Tabla 4.2.2.1 y Tabla 4.2.3.1
	Dispersión horizontal	Proporcional a viscosidad turbulenta
	Dispersión vertical	Proporcional a viscosidad turbulenta
	Condiciones de contorno	0 mg/l

Las condiciones iniciales de los modelos numéricos son campos de números que representan a las diferentes variables, temperatura, por ejemplo, que no necesariamente son campos reales, es decir que son útiles para iniciar los cálculos. Pero dado que el modelo resuelve la física de las variables intervinientes: velocidades, niveles del mar, temperatura y salinidad, es de esperar que al cabo de cierto tiempo (si el modelo fue alimentado con condiciones realistas en los bordes) los resultados generados sean semejantes a la realidad y puedan contrastarse con mediciones. MIKE 3 permite además considerar un intervalo de tiempo en el que se pueden hacer crecer a las variables en los bordes lineal o sinusoidalmente. Este período se puede “setear” modificando el “soft start” y permite tener algo de control sobre la estabilización del modelo en los primeros instantes de corrida. La estabilización podrá ser más o menos larga dependiendo de las características del modelo implementado: tamaño de grilla, espaciado temporal y características hidrodinámicas de la simulación a realizar, es decir que está controlada por el número de CFL.

4.1. Perforación

El propósito de esta parte es informar los diferentes tipos de fluidos, ya sea lodos, espaciadores y lechadas de cemento, que se utilizarán para la perforación de los pozos en Fenix.

La perforación de los pozos se realizará por secciones de diferentes diámetros, o fases, de acuerdo con la siguiente Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Características de la perforación según la fase

Fase	Trépano	Casing	Longitud de la perforación (m)
1	17 ½"x 32"	26"	220
2	23"	18 5/8"	590
3	17 ½"	13 3/8"	1490
4	12 1/4"	9 5/8" Liner	1510
5	8 ½"	7" ranurado	500

Fase 1

En la perforación de la Fase 1 se utilizará un trépano de 17 ½" y se ensanchará a 32" de diámetro. Como fluido de perforación se usará agua de mar. Para mejorar el transporte de los recortes por el anular se bombearán píldoras de barrido. Todo el retorno de la perforación, tanto los recortes como los fluidos, saldrán directamente al fondo del mar.

El fluido usado para perforar esta fase es simplemente agua de mar. Como este fluido tiene valores reológicos bajos hay que bombear periódicamente un volumen de agua con bentonita para asegurar la limpieza de los recortes fuera del pozo. Se estima 240 m³ de agua con bentonita.

Fase 1. Productos para utilizar en la perforación

Productos Píldora Viscosa	Concentración
Bentonita (viscosificante)	90 kg/m ³
PAC R (viscosificante)	2 kg/m ³
Soda Cáustica	2 kg/m ³
Soda Ash	1 kg/m ³
Agua de mar	30%
Agua industrial	70%

Finalizada la perforación de la fase se desplazará el agua de mar por lodo (PAD) en el interior del pozo. Esto permitirá sacar la herramienta de perforación y bajar el casing conductor de 26". Se estima 170 m³ de lodo PAD.

Fase 1. Productos del lodo PAD

Productos lodo PAD	Concentración
Bentonita (viscosificante)	60 kg/m ³
PAC R (viscosificante)	4 kg/m ³
Soda Cáustica	2 kg/m ³
Soda Ash	1 kg/m ³
Bactericida	1 lts/m ³
Material Obturante LCM	10 kg/m ³
Baritina	250 kg/m ³
Carbonato de Calcio	30 kg/m ³
Agua de mar	30%
Agua industrial	70%

Para la cementación de la tubería de 26" se utilizará el método de "inner string". Se bombeará agua como espaciador (30 m³) seguido de una lechada de cemento de acuerdo con la Tabla siguiente:

Fase 1. Productos para utilizar en la cementación

Productos	Concentración
Cemento clase G	
Antiespumante	0.10 lt/50 kg "G"
Cloruro de Calcio (acelerador)	1 kg/50 kg "G"
Agua industrial	22 lt /50 kg "G"
Densidad	1.90 sg

Habrá un exceso de volumen de lechada que retornará al nivel del lecho marino. Esto es necesario para asegurar el anclaje de la cabeza de pozo.

Fase 2

En la perforación de la Fase 2 se utilizará un trépano de 23" de diámetro y como fluido de perforación se usará un lodo base agua de tipo "KCl - Glicol". Este sistema evitará la hidratación (y desestabilización) de las intercalaciones arcillosas. Se usará baritina como densificante (1.12 sg) y carbonato de calcio granulado para reducir admisiones de lodo en formaciones permeables. Para mejorar el transporte de los recortes por el anular se bombearán píldoras de barrido. Se estima 630 m³ de lodo KCL-Glicol necesario para perforar la fase y 80 m³ de píldoras viscosas de limpieza.

Fase 2. Productos para utilizar en la perforación

Productos	Concentración (kg/m ³)
Cloruro de Potasio (inhibidor)	70
Glicol (inhibidor líquido)	30
Bentonita (viscosificante)	30
PAC R (viscosificante)	2
PAC L (control de filtrado)	4
PHPA (encapsulante)	0.5
Goma Santica (viscosificante)	4
Soda caustica (regulador pH)	0.5
Soda Ash (regulador pH)	0.5
Baritina (densificante)	50
Carbonato de Calcio (mat. de puenteo)	50
Material obturante LCM	20
Agua industrial	950

Los recortes de perforación y los sólidos procesados por los equipos de control de sólidos (zarandas, desarenadores, deslimadores, centrífugas decantadoras, etc) se descargarán directamente al mar.

El volumen de lodo remanente al final de la fase se descargará en el mar debido a que no contiene componentes tóxicos.

El volumen estimado de lodo vertido al mar puede ser significativamente menor en el caso de que el método de perforación sea del tipo "batch drilling". Esto es perforar primero la fase 1 de todos los pozos de la plataforma, luego la fase 2 de todos los pozos y así sucesivamente. De esta manera se reutiliza, en el pozo siguiente una gran fracción del volumen de lodo del pozo anterior.

Fase 2. Productos para utilizar para la cementación

Productos	Lavador	Espaciador	Lechada Cabecera	Lechada Principal
Cemento Clase "G"				
Control de Filtrado				0.70 lt/sk 50 kg
Retardador				
Dispersante				0.10 lt/sk 50 kg
Antiespumante		0.25 l/m ³	0.10 lt/sk 50 kg	0.10 lt/sk 50 kg
Alivianante			1.5 kg /sk 50kg	
Acelerador de fragüe			1 kg /sk 50 kg	1 kg/sk 50 kg
Baritina		324 kg/m ³		
Viscosificante		48 kg/m ³		
Surfactante				
Densidad	1.02 sg	1.27 sg	1.43 sg	1.90 sg
Volumen	10 m ³	25 m ³	70 m ³	30 m ³

Para la cementación de la tubería de 18 5/8" se utilizarán dos lechadas. La lechada de cabecera tendrá una densidad de 1.43 sg y la lechada principal tendrá una densidad de 1.90 sg. No se espera retorno de lechada en superficie, pero si retornarán los espaciadores.

El colchón lavador de la cementación de la Fase 2 (18 5/8”), retornará un volumen aproximado de 8 m³ y será volcado al mar.

Fase 3

En la perforación de la Fase 3 se utilizará un trépano de 17 ½” de diámetro y como fluido de perforación se usará lodo base aceite a 1.36 sg. El aceite base utilizado en la preparación del lodo es un aceite natural refinado de baja toxicidad (< 1% aromáticos). No se utilizará diesel en la formulación del lodo. Este tipo de lodo es necesario para poder perforar una zona con gran contenido de arcillas muy sensibles al agua.

Fase 3. Productos para utilizar para la perforación

Productos	Concentración
Aceite mineral refinado	60%
Salmuera de Cloruro de Calcio (24%)	30%
Bentonita oleofílica	5 kg/m ³
Emulsificante primario	15 l/m ³
Emulsificante secundario	32 l/m ³
Controlador de filtrado	20 kg/m ³
Agente humectante	5 l/m ³
Cal (regulador de pH)	20 kg/m ³
Baritina	300 kg/m ³
Carbonato de Calcio Granulado (mat. de puenteo)	30 kg/m ³

Los recortes de perforación procesados por las zarandas pasarán luego por una centrífuga vertical para reducir su contenido de aceite a valores próximos a 5% (p/p). Estos recortes serán descargados al mar con el monitoreo de controles diarios.

Los sólidos procesados por los restantes equipos de control de sólidos (desarenadores, deslimadores, centrífugas decantadoras) se descargarán directamente al mar, siempre y cuando, el contenido de aceite promedio sea inferior a los valores impuestos por la reglamentación vigente.

En caso de que el contenido de aceite promedio sea superior a lo permitido por la especificaciones de Total Energies (en ausencia de reglamentación local), se dispondrán de contenedores para almacenar sólidos finos (descarga sólida de la decantadora). Estos sólidos podrán ser enviados a tierra firme para su procesamiento.

Fase 3. Productos para utilizar para la cementación

Productos	Espaciador	Lechada de Cabecera	Lechada Principal
Control de Filtrado			2 l/sk 50 kg
Acelerador		0.3 kg/sk 50 kg	
Dispersante			2 l/sk 50 kg
Antiespumante	0.25 l/m ³	0.1 l/sk 50 kg	0.15 l/sk 50 kg
Baritina	454 kg/m ³		
Viscosificante	48 kg/m ³	1.1 kg/sk 50 kg	
Surfactante	36 l/m ³		
Densidad	1.40 sg	1.47 sg	1.90 sg
Volumen	30 m ³	80 m ³	30 m ³

Para la cementación del casing 13 3/8" se utilizarán dos lechadas: una lechada de cabecera de 1.43sg para protección de la tubería y una lechada principal de 1.90sg para la aislación del zapato y permitir la perforación de la fase siguiente.

El espaciador de la cementación de la Fase 3, no será volcado al mar, ya que parte de este volumen resultará mezclado con lodo base aceite. Este espaciador se procesará con centrífuga decantadora para separar el material densificante (baritina), el cual se descargará al mar. El líquido resultante se movilizará a la planta de lodos en Punta Quilla para su procesamiento (separación agua/aceite).

El lodo base aceite usado y los diferentes fluidos mezclados durante la limpieza se reutilizarán en la preparación de lodo nuevo, o se transportarán por barco a la base de Punta Quilla para su procesamiento o disposición final.

Fase 4

En la perforación de la Fase 4 se utilizará un trépano de 12 1/4" de diámetro y como fluido de perforación se usará lodo base aceite a 1.40 sg. El lodo es el mismo que el utilizado para perforar la fase anterior, ajustando algunos parámetros como densidad y valores reológicos. Entonces, de igual manera, el aceite base utilizado en la preparación del lodo es un aceite natural refinado de baja toxicidad (< 1% aromáticos). No se utilizará diesel en la formulación del lodo. Este tipo de lodo es necesario para poder perforar una zona con gran contenido de arcillas muy sensibles al agua.

Fase 4. Productos para utilizar para la perforación

Productos	Concentración
Aceite mineral refinado	60%
Salmuera de Cloruro de Calcio (24%)	30%
Bentonita oleofílica	5 kg/m ³
Emulsificante primario	15 l/m ³
Emulsificante secundario	32 l/m ³
Controlador de filtrado	20 kg/m ³
Agente humectante	5 l/m ³
Cal (regulador de pH)	20 kg/m ³
Baritina	400 kg/m ³
Carbonato de Calcio Granulado (mat. de puenteo)	30 kg/m ³

Los recortes de perforación procesados por las zarandas pasarán luego por una centrífuga vertical para reducir su contenido de aceite a valores próximos a 5% (p/p). Estos recortes serán descargados al mar con el monitoreo de controles diarios.

Los sólidos procesados por los restantes equipos de control de sólidos (desarenadores, deslimadores, centrífugas decantadoras) se descargarán directamente al mar, siempre y cuando, el contenido de aceite promedio sea inferior a los valores impuestos por la reglamentación vigente.

En caso de que el contenido de aceite promedio sea superior a lo permitido por la reglamentación vigente, se dispondrán de contenedores para almacenar sólidos finos (descarga sólida de la decantadora). Estos sólidos podrán ser enviados a tierra firme para su procesamiento.

Para la cementación del liner 9 5/8" se utilizará una única lechada de densidad 1.90 sg. Se cubrirá todo el anular hasta el colgador del liner más un exceso. Se utilizará un exceso de 30% en el volumen nominal anular. La lechada tendrá una formulación apropiada para controlar el gas de formación.

Fase 4. Productos para utilizar para la cementación

Productos	Espaciador	Lechada Principal
Control de Filtrado		0.5 l/sk 50 kg
Retardador		0.5 l/sk 50 kg
Dispersante		0.4 l/sk 50 kg
Antiespumante	0.2 l/ m ³	0.2 l/sk 50 kg
Antimigratorio		5 l/sk 50 kg
Baritina	520 kg/ m ³	
Viscosificante	50 kg/ m ³	
Surfactante	100 l/ m ³	
Densidad	1.40 sg	1.90 sg
Volumen	30 m ³	110 m ³

Después de la cementación del liner de 9 5/8" x 13 3/8" se realizará un desplazamiento del lodo base aceite del interior de la tubería, utilizando espaciadores y limpiadores. Se dejará el pozo lleno con el lodo base agua que se utilizará en la perforación de la siguiente fase.

El espaciador de la cementación de la Fase 4 (fase 12 1/4"), tendrá un volumen aproximado de 30 m³. Este espaciador no será volcado al mar, ya que parte de este volumen resultará mezclado con lodo base aceite. Este espaciador se procesará con centrífuga decantadora para separar el material densificante (baritina), el cual se descargará al mar. El líquido resultante se utilizará para preparar lodo nuevo o se movilizará a la planta de lodos en Punta Quilla para su procesamiento (separación agua/aceite).

El lodo base aceite usado y los diferentes fluidos mezclados durante la limpieza se transportarán por barco a la base de Punta Quilla para su procesamiento y reutilización o disposición final.

Fase 5

En la perforación de la Fase 5 se utilizará un trépano de 8 1/2 de diámetro y como fluido de perforación se usará un lodo base agua para reservorios. Este sistema está formulado para reducir al mínimo el daño a la formación productiva. Se usará carbonato de calcio granulado como material de puenteo y como densificante. Se estima un volumen de 300 m³ necesarios para perforar la fase.

Fase 5. Productos para utilizar para la perforación

Productos	Concentración
Cloruro de Sodio(densificante)	116 kg/m ³
Goma Santica (viscosificante)	4 kg/m ³
Almidón (control de filtrado)	20 kg/m ³
Carbonato de Calcio (mat. de puenteo y densificante)	100 kg/m ³
Soda caustica (regulador de pH)	1 kg/m ³
Soda Ash (regulador de pH)	1 kg/m ³
Agua industrial	960 lt/m ³

Los recortes de perforación y los sólidos procesados por los equipos de control de sólidos (zarandas, desarenadores, deslimadores, centrífugas decantadoras, etc.) se descargarán directamente al mar.

El volumen de lodo remanente al final de la fase se descargará en el mar debido a que no contiene componentes tóxicos.

No se realizará cementación de tubería en esta fase.

• **Resumen de vertido de Lodos de Perforación**

Como fue explicado más arriba, se utilizarán distintos sistemas de lodos de perforación en función de la fase de perforación. Cada fase utilizará diferentes tipos de fluidos en función de los requerimientos de la ingeniería de perforación.

La modelación de los vertidos de lodos de perforación al mar se realizó utilizando como trazadores a los componentes mayoritarios de cada lodo: bentonita, baritina y CaCO₃. La Tabla 5.2 presenta las características físicas de estos componentes.

Las Tablas 5.3 a 5.7 presentan las características de los vertidos de lodos con el detalle de los diferentes compuestos incluyendo los componentes mayoritarios que fueron utilizados como trazadores en las simulaciones numéricas de los vertidos.

Tabla 5.2 Características de los componentes mayoritarios de los lodos de perforación: Bentonita, Baritina y CaCO₃.

Componente Mayoritario	D50 (mm)	Densidad (kg/m ³)	Número de Shields (-)	Velocidad de Caída (m/s)	Tensión de corte (N/m ²)
Bentonita	0.004	2300	0.626	7.6 x 10 ⁻⁶	0.070
Baritina	0.020	4200	0.051	4.7 x 10 ⁻⁴	0.131
CaCO ₃	0.050	2700	0.043	1.6 x 10 ⁻³	0.093

Tabla 5.3 Fase 1. Características de los lodos a verter al mar

FASE 1
<p>Base: agua</p> <p>Tiempos: 72 h de perforación, 48 h para la cementación y 48 h las tareas siguientes (tareas sin vertido).</p> <p>Perforación: se generarán 240 m³ de lodo con 90 kg/m³ de bentonita</p> <p>Desplazar el agua de mar por lodo PAD: se generarán 170 m³ de lodo con 60 kg/m³ de bentonita y 250 kg/m³ de baritina</p> <p>Espaciador: 30 m³ de agua</p> <p>Cementación: lechada de 50 m³, se espera algún exceso menor que no será simulado. Exceso estimado de lechada a fondo del mar: 3 m³.</p>

Tabla 5.4 Fase 2. Características de los lodos a verter al mar

FASE 2
<p>Base: agua</p> <p>Tiempos: 48 h de perforación, 48 h para la cementación y 48 h las tareas siguientes (tareas sin vertido).</p> <p>Perforación: se generarán 710 m³ de lodo con 30 kg/m³ de bentonita, 50 kg/m³ de baritina y 50 kg/m³ de carbonato de calcio.</p> <p>Espaciador: 25 m³ de agua con 324 kg/m³ baritina.</p> <p>Cementación: No se espera retorno de lechada en superficie, pero si retornará 8 m³ de espaciador viscoso base agua, con 324 kg/m³ de baritina que será volcado al mar.</p>

Tabla 5.5 Fase 3. Características de los lodos a verter al mar

FASE 3
<p>Base: aceite</p> <p>Tiempo: 48 h de perforación, 48 h para la cementación y 72 h para las tareas siguientes (tareas sin vertido).</p> <p>Lodo en base a aceite. Se mezclarán 840 m³ de lodo para el primer pozo (pero para los siguientes pozos solo se mezclarán 110 m³ de lodo nuevo, en cada uno para esta fase). Este lodo sólo irá al mar el lodo adherido a los recortes en una proporción 5% (p/p) que son 12.5 m³ de lodo (60% es aceite).</p> <p>Los sólidos procesados por los restantes equipos de control de sólidos (desarenadores, deslimadores, centrífugas decantadoras) <u>se descargarán directamente al mar</u>, siempre y cuando, el contenido de aceite promedio sea inferior a los valores impuestos por la reglamentación vigente.</p> <p>Espaciador: 30 m³ con 454 kg/m³ de baritina. No será volcado al mar, ya que parte de este volumen resultará mezclado con lodo base aceite. Este espaciador se procesará con centrífuga decantadora para separar el material densificante (baritina), el cual se descargará al mar.</p>

Tabla 5.6 Fase 4. Características de los lodos a verter al mar

FASE 4
<p>Base: aceite</p> <p>Tiempos: 120 h de perforación, 72 h para la cementación y 240 h para las tareas siguientes (tareas sin vertido)</p> <p>Lodo en base a aceite. Se mezclarán 50 m³ de lodo nuevo (se reutilizará el lodo de la fase anterior). Este lodo solo irá al mar el adherido a los recortes en una proporción 5% (p/p) que son 11 m³ de lodo (60% es aceite).</p> <p>Los sólidos procesados por los restantes equipos de control de sólidos (desarenadores, deslimadores, centrífugas decantadoras) <u>se descargarán directamente al mar</u>, siempre y cuando, el contenido de aceite promedio sea inferior a los valores impuestos por las especificaciones de Total Energies (en ausencia de reglamentación local).</p> <p>Espaciador: 30 m³ con 520 kg/m³ de baritina. No será volcado al mar, ya que parte de este volumen resultará mezclado con lodo base aceite. Este espaciador se procesará con centrífuga decantadora para separar el material densificante (baritina), el cual se descargará al mar.</p>

Tabla 5.7 Fase 5. Características de los lodos a verter al mar

FASE 5
Base: agua
Tiempos: 48 h de perforación
Perforación: se generarán 300 m ³ de lodo con 100 kg/m ³ de carbonato de calcio, que serán vertidos al mar al finalizar.

• **Resumen del vertido de los Recortes de Perforación (Recortes)**

Los vertidos de los recortes se realizarán de manera continua durante la perforación, a medida que se van generando. Los vertidos de los sólidos finos se verterán al mar solo cuando el contenido de aceite promedio sea inferior a los valores impuestos por la legislación vigente.

- Para la fase 1, se prevé verter al mar 100 m³ de recortes generados en 72 h de perforación.
- Para la fase 2, se prevé verter al mar 100 m³ de recortes generados en 48 h de perforación.
- Para la fase 3, se prevé verter al mar 130 m³ de recortes generados en 48 h de perforación.
- Para la fase 4, se prevé verter al mar 120 m³ de recortes generados en 120 h de perforación.
- Para la fase 5, se prevé verter al mar 20 m³ de recortes generados en 48 h de perforación.

La profundidad de vertido y la granulometría de los recortes está en función de la fase de perforación. La Tabla 5.8 presenta la granulometría y la posición de vertido de los recortes de perforación asociados a cada fase.

Tabla 5.8 Recortes. Tamaño de los recortes y lugar de vertido.

Fase	Granulometría	Posición de vertido
1	70% ≥ 1000 µm, 20% de 180 µm y 10% de 74 µm	fondo del mar
2	50% ≥ 1000 µm, 30% de 180 µm, 10% de 74 µm y 10% de 45 µm	superficie
3	50% ≥ 74 µm, 40% de 45 µm y 10% de 10 µm	superficie
4	50% ≥ 74 µm, 40% de 45 µm y 10% de 10 µm	superficie
5	70% ≥ 74 µm, 20% de 45 µm y 10% de 10 µm	superficie

Los vertidos de los recortes se realizarán de manera continua durante la perforación, a medida que se van generando. Los vertidos de los sólidos finos se verterán al mar solo cuando el contenido de aceite promedio sea inferior a los valores impuestos por las especificaciones de Total Energies (en ausencia de reglamentación local).

4.2. Resultados de las simulaciones

4.2.1. Corrientes

Para este proyecto se realizó la puesta en marcha del modelo MIKE 3 FM (HD), que incluyó la calibración con mediciones de corrientes y niveles del mar registrados con ADCP. Con este modelo se realizaron simulaciones hidrodinámicas para el área de interés, calculando el campo total de corrientes para 2 años de modelación.

Es conveniente resaltar algunos aspectos de aquella modelación, de modo de comprender los resultados:

- Durante el período de simulación se representaron todas las condiciones de marea (sicigias, medias y cuadratura) y los vientos más representativos tanto en direcciones como en velocidades. Por lo tanto, la simulación es representativa de las condiciones oceanográficas naturales usuales de la zona.
- El comportamiento de la marea es independiente de la época del año y que una lunación completa (28 días) representa todas las posibles condiciones mareológicas asociadas a la escala utilizada en este estudio.
- Los niveles del mar (mareas) para todos los bordes fueron calculados con el modelo global del DHI con definición de 0.125° , para el período de modelación. Estos niveles forzaron al MIKE 3 FM (HD).
- Una vez corrido el MIKE 3 Flow Model FM (HD), se obtuvieron series de tiempo de corrientes (variables en la vertical) para el dominio de modelación, con la duración indicada antes, con el objeto de realizar los cálculos de dispersión recortes y lodos de perforación (base agua).

Para ilustrar acerca de las características del campo regional de corrientes superficiales, se incluyen en las Figura 4.2.1.1 a 4.2.1.8 muestran los vectores velocidad para el dominio de modelación, en diferentes condiciones de marea. Si bien el viento está presente en estas simulaciones prevalecen las fuerzas impuestas por la marea astronómica.

Figura 4.2.1.1 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 1: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de marea bajante en la zona de Fenix.

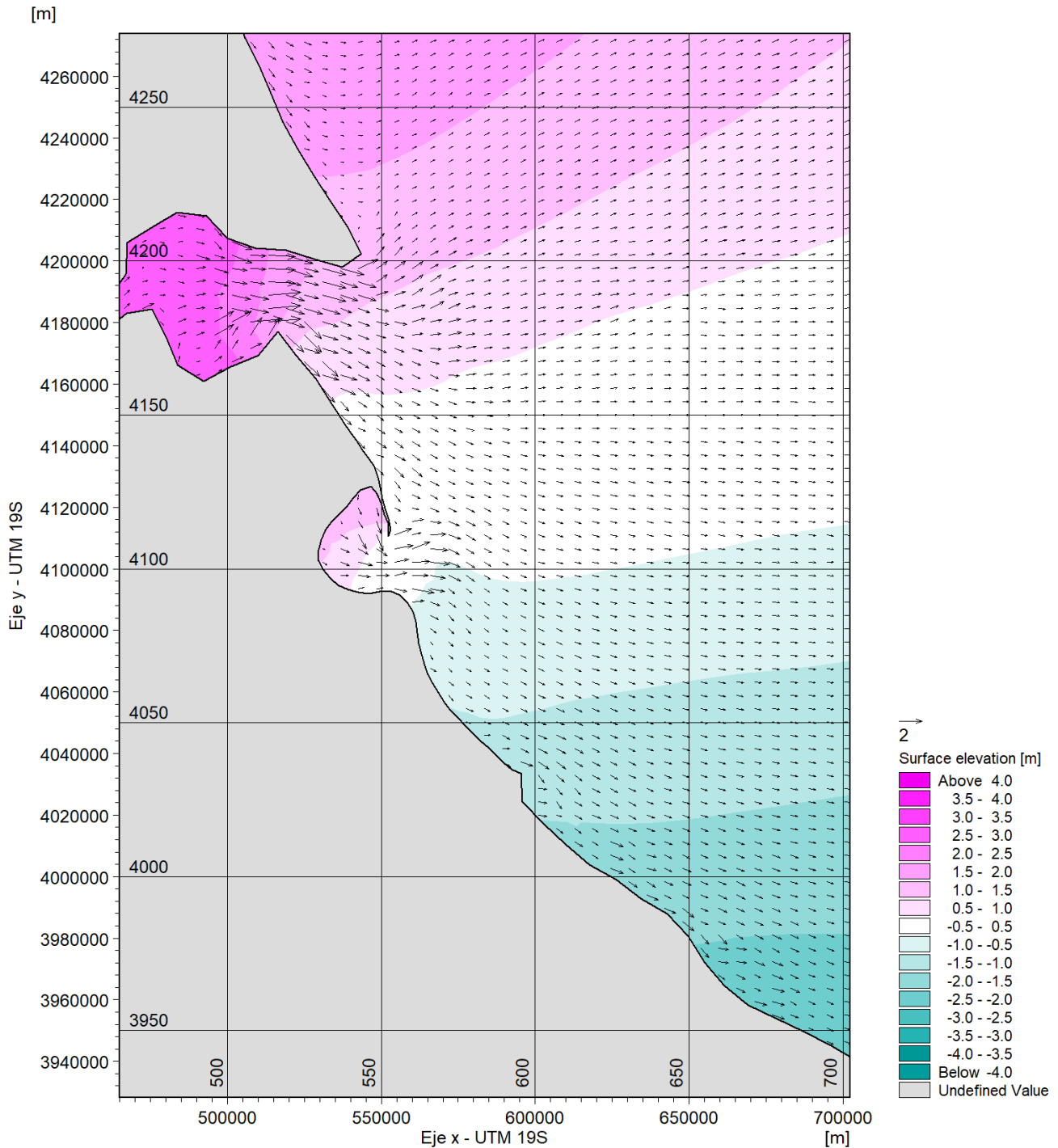


Figura 4.2.1.2 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 2: corrientes superficiales y niveles del mar en condiciones de marea bajante en la zona de Fenix.

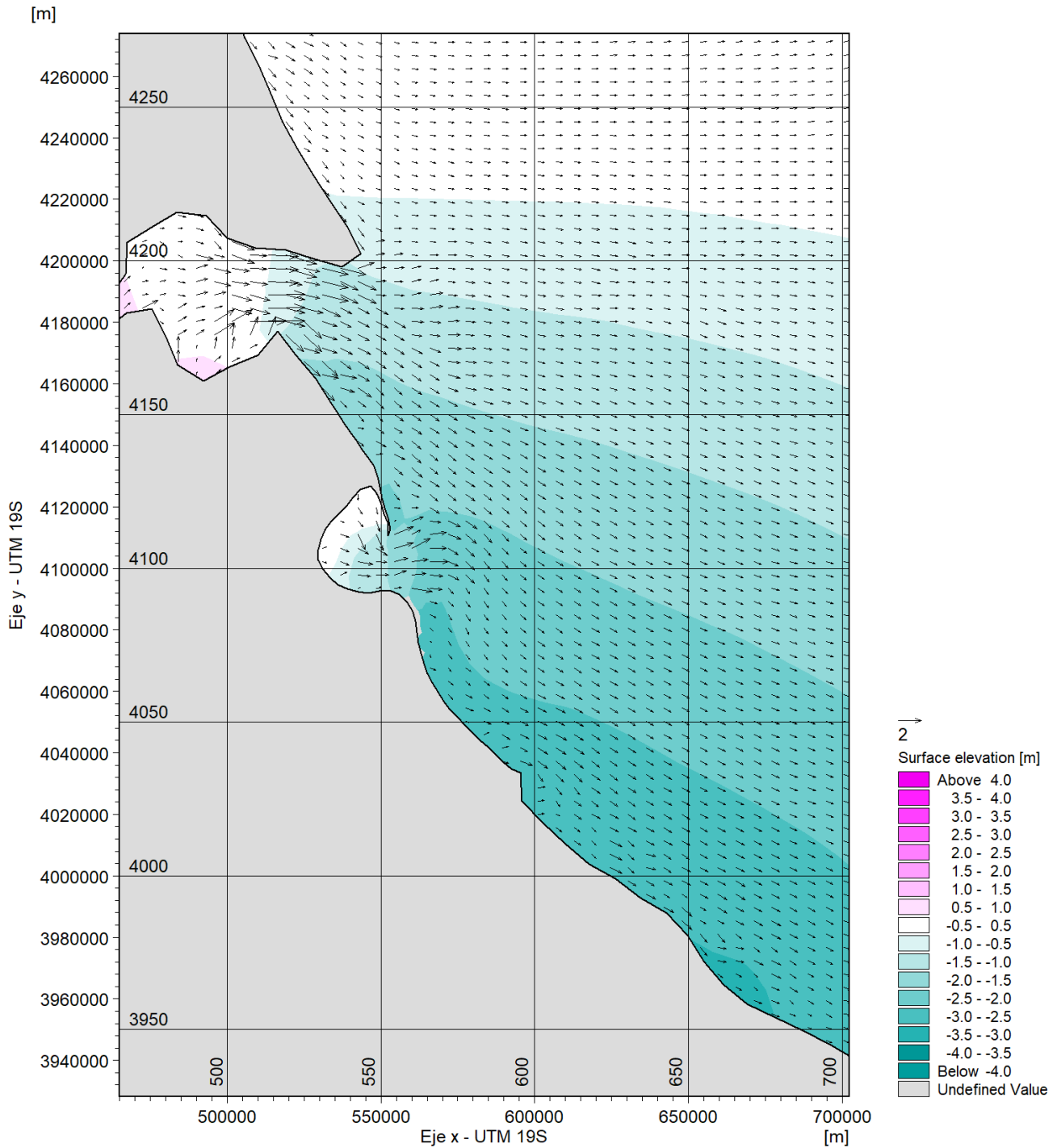


Figura 4.2.1.3 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 3: corrientes superficiales y niveles del mar en condiciones de marea bajante en la zona de Fenix.

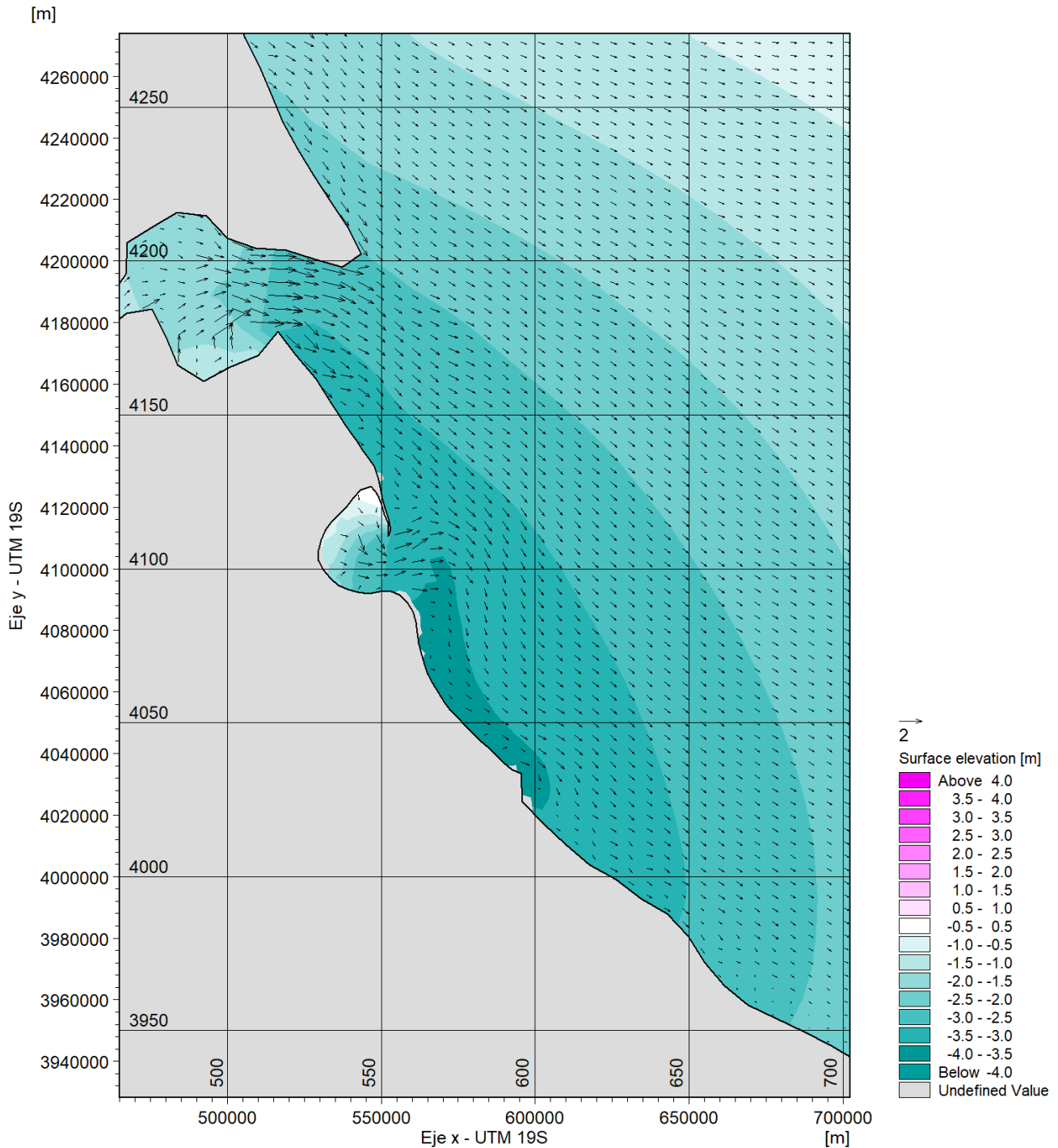


Figura 4.2.1.4 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 4: corrientes superficiales y niveles del mar en condiciones de marea bajante en la zona de Fenix.

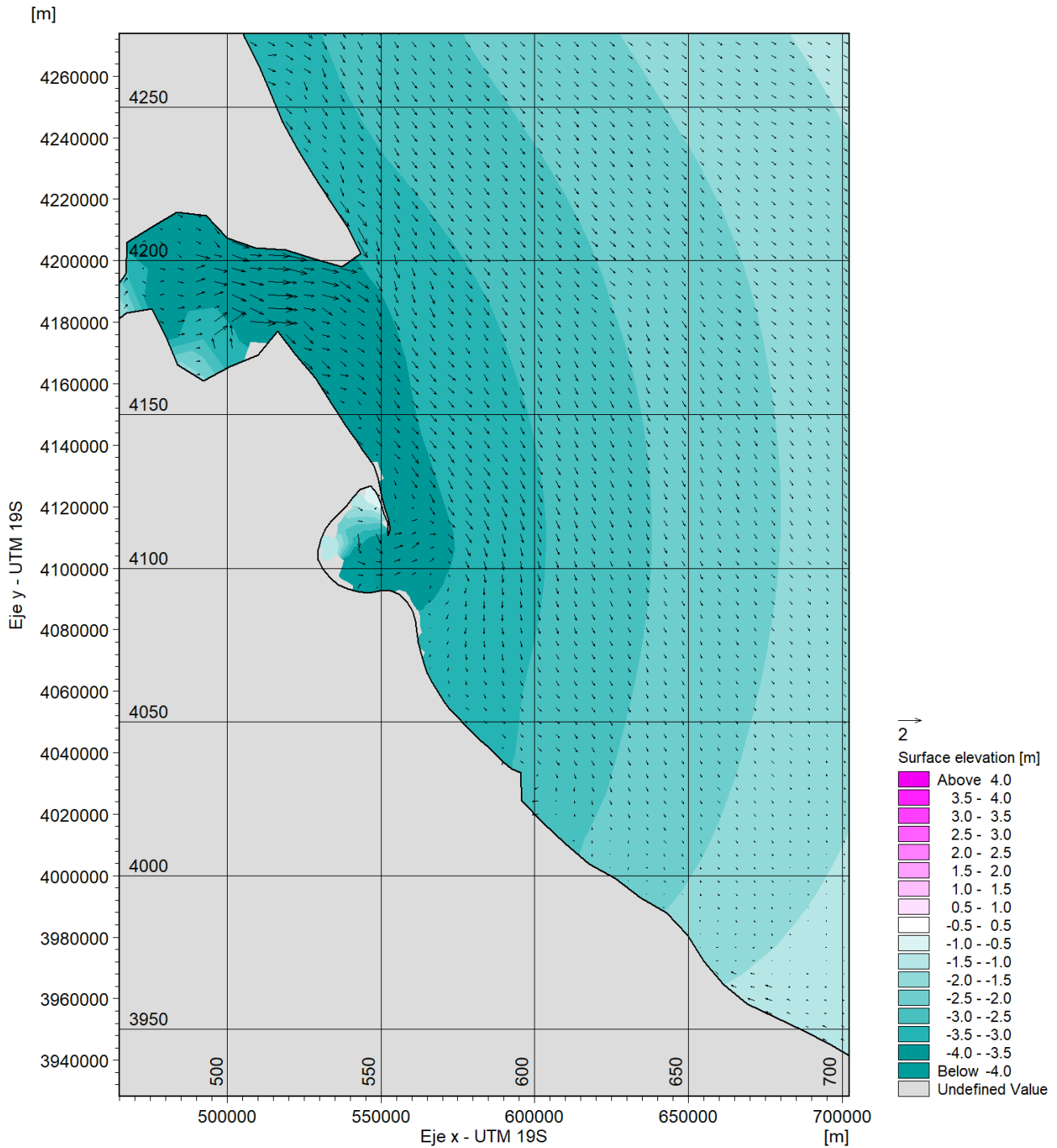


Figura 4.2.1.5 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 5: corrientes superficiales y niveles del mar en condiciones de marea cercana al cero NMM en Fenix.

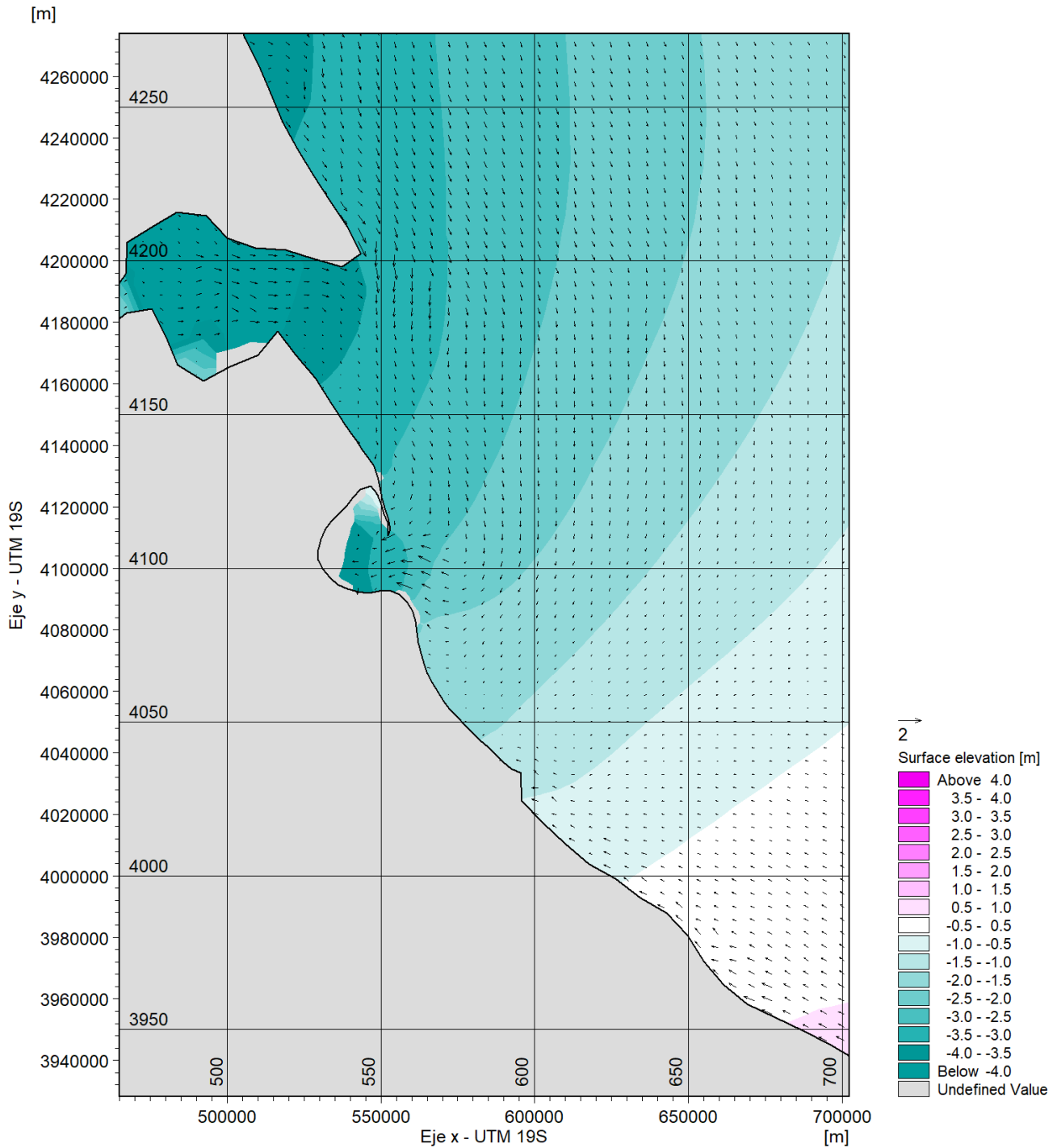


Figura 4.2.1.6 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 6: corrientes superficiales y niveles del mar en condiciones de marea creciente en la zona de Fenix.

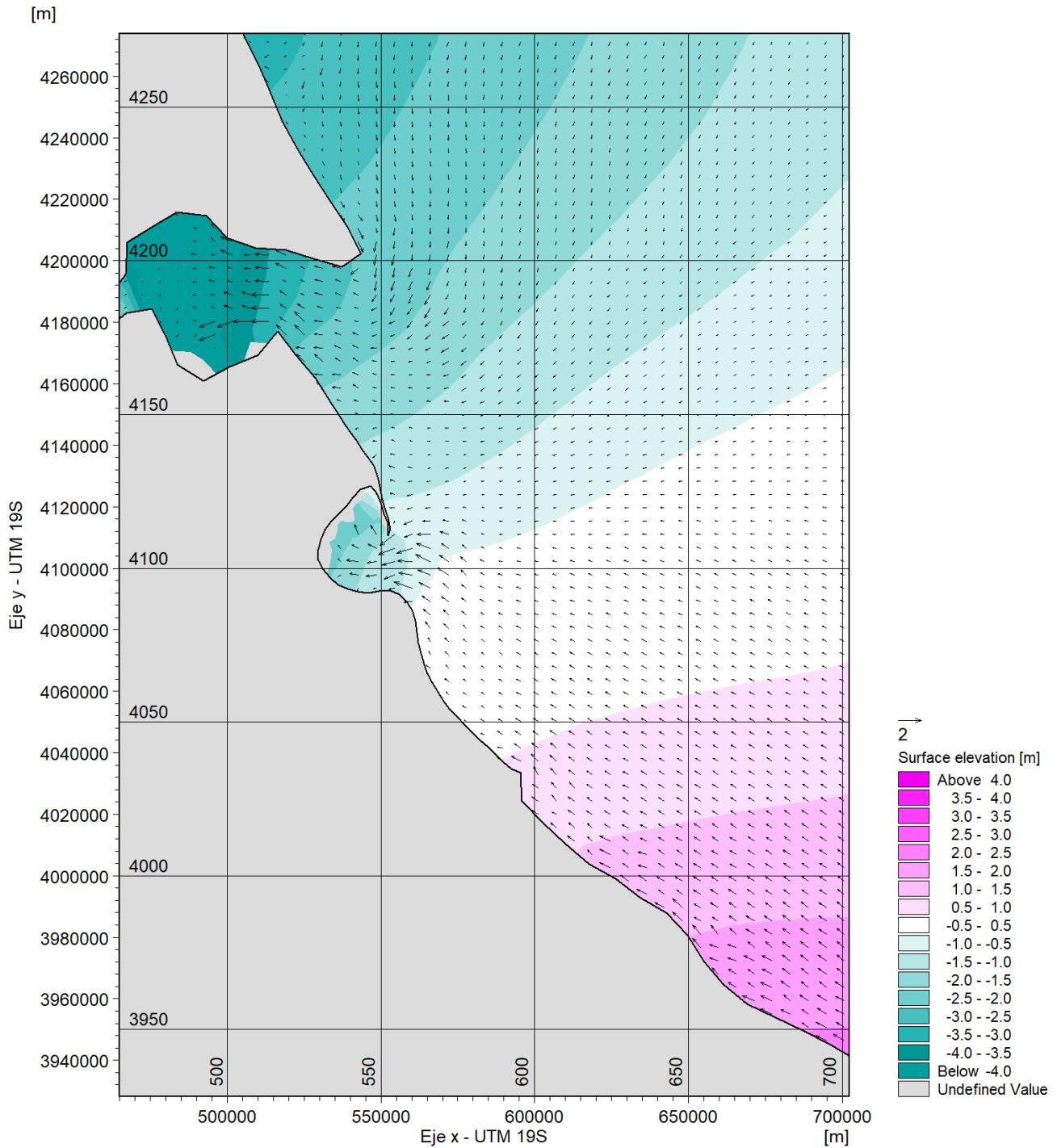


Figura 4.2.1.7 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 7: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de marea creciente en la zona de Fenix.

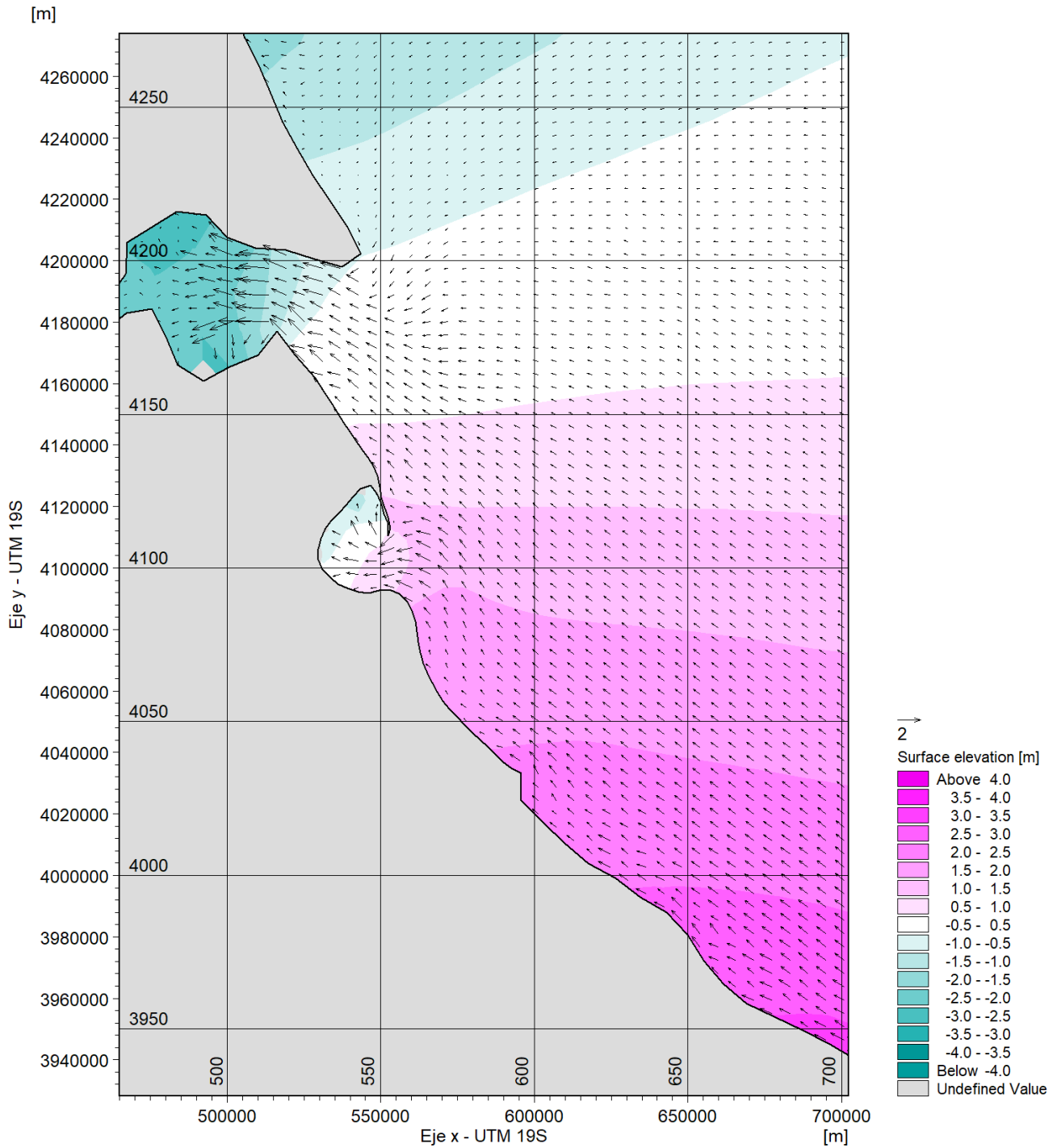


Figura 4.2.1.8 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 8: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de marea creciente en la zona de Fenix.

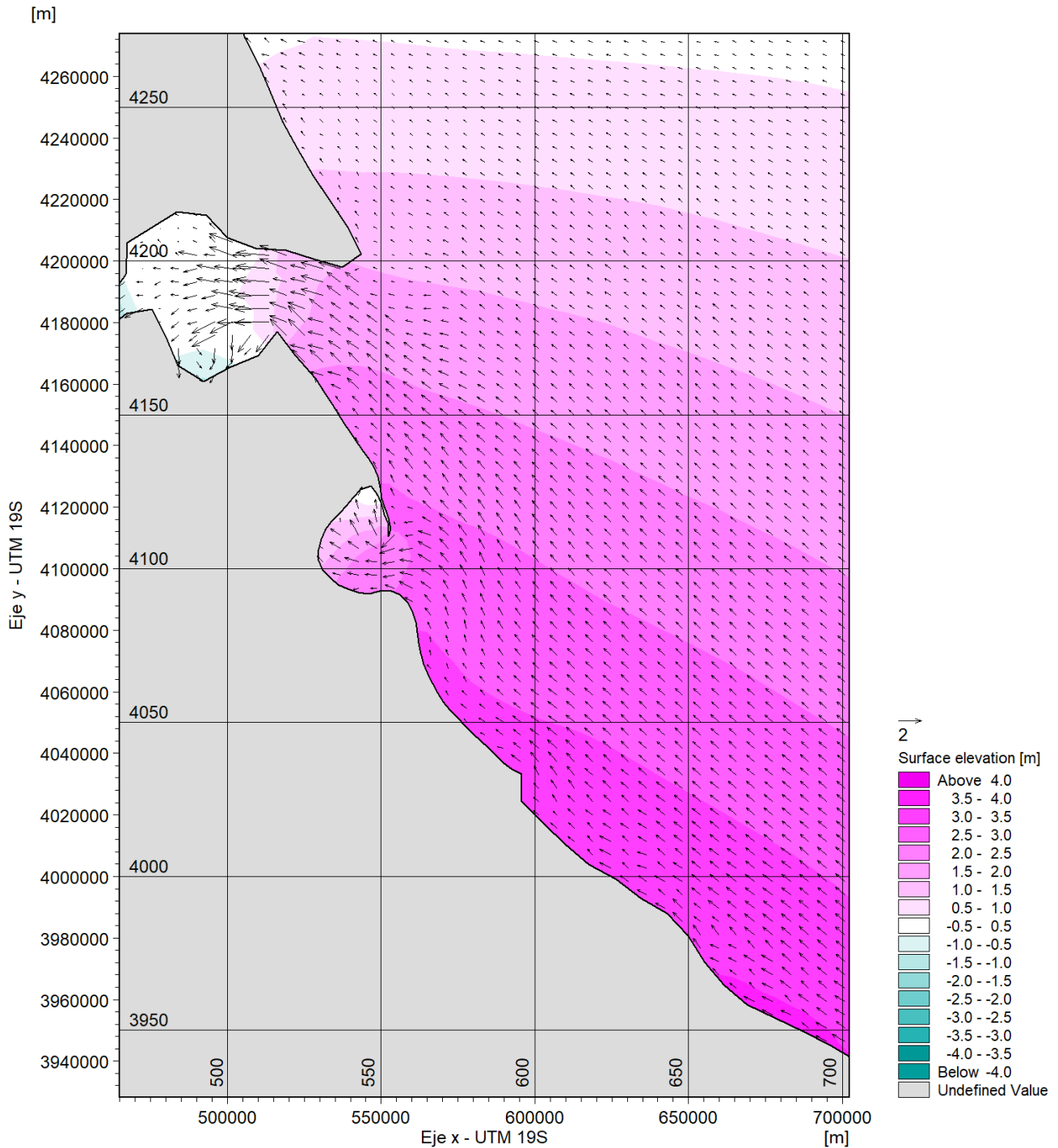


Figura 4.2.1.9 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 9: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de marea creciente en la zona de Fenix.

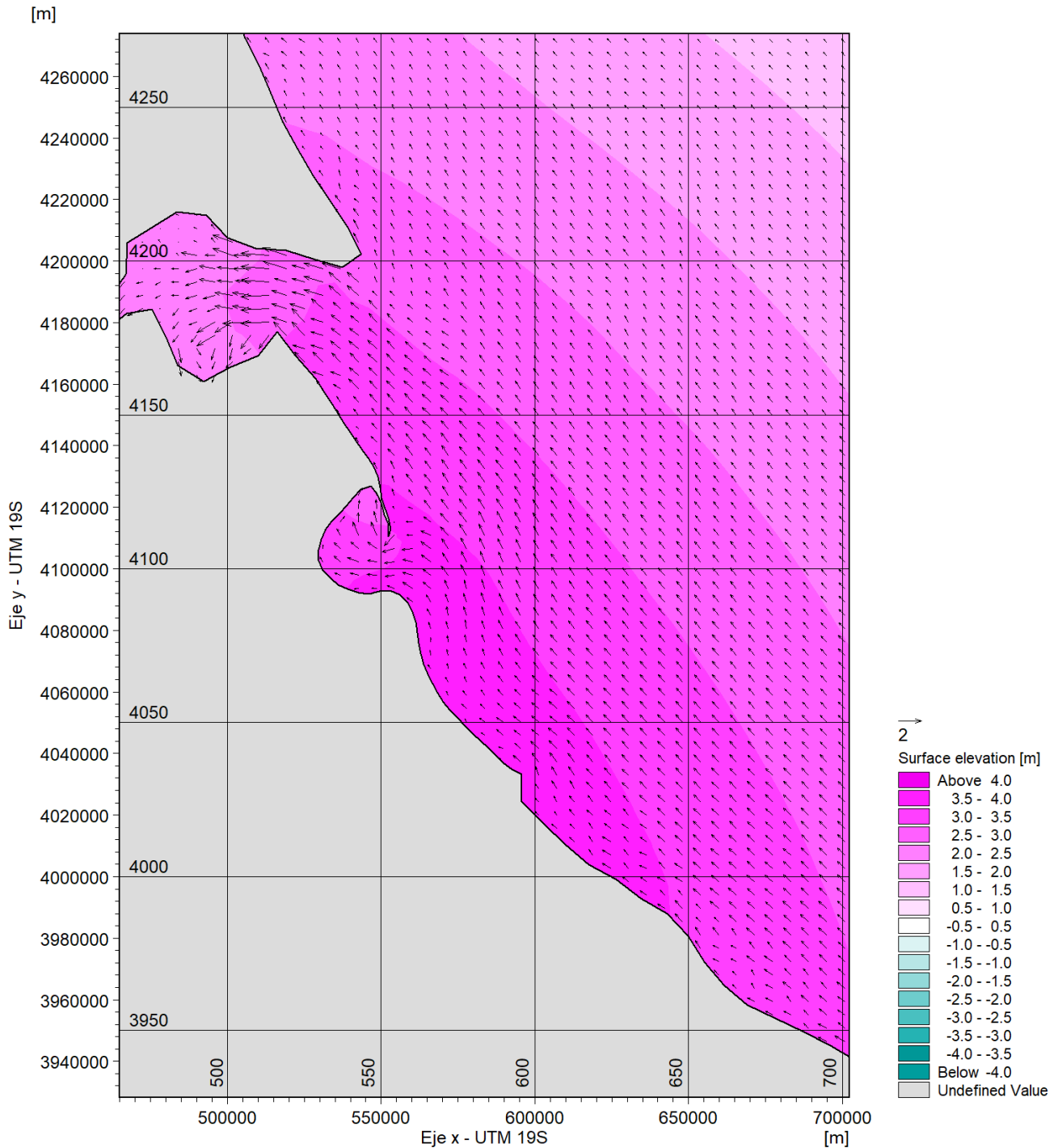


Figura 4.2.1.10 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 10: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de pleamar en la zona de Fenix.

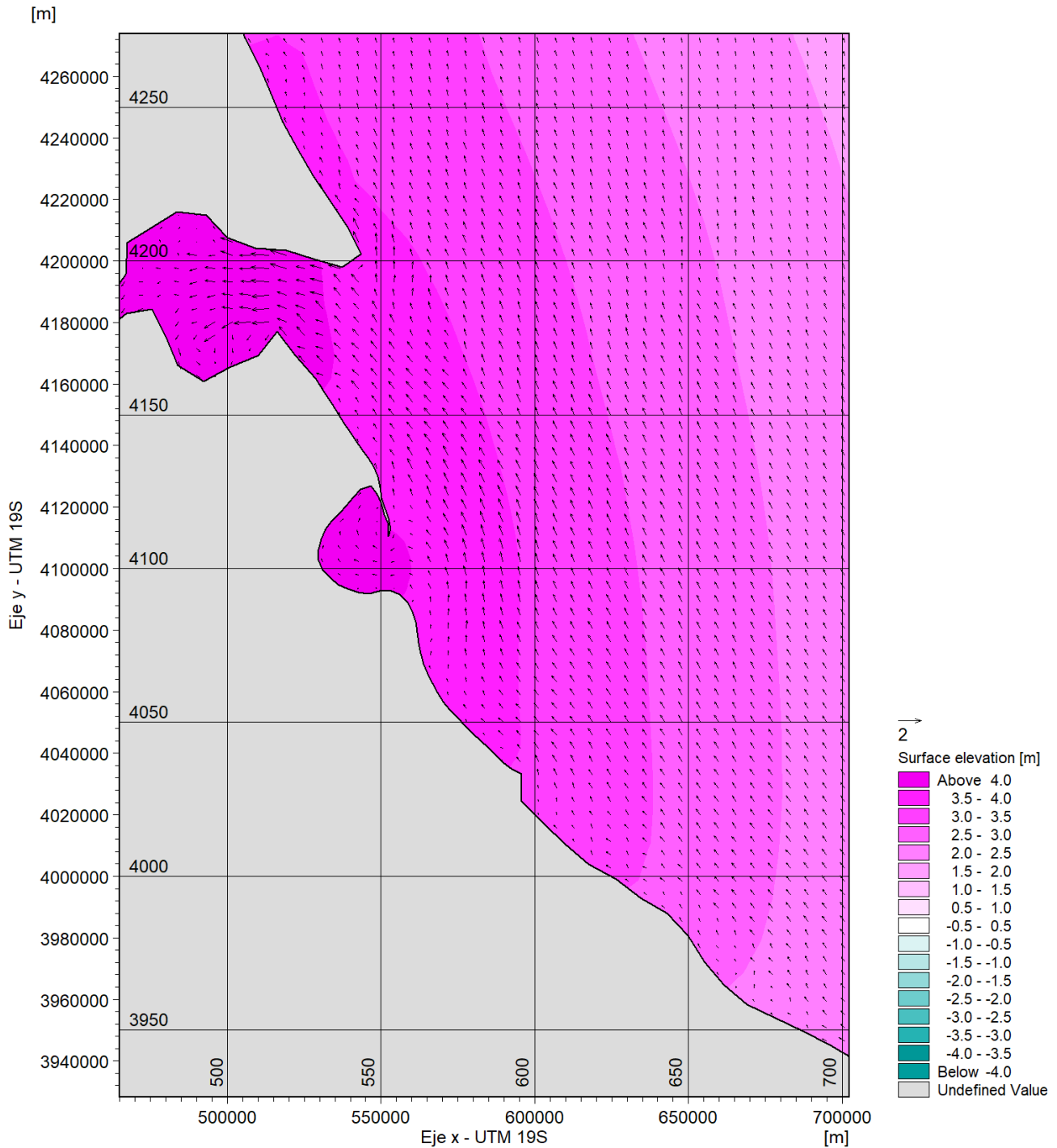


Figura 4.2.1.11 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 11: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de marea bajante en la zona de Fenix.

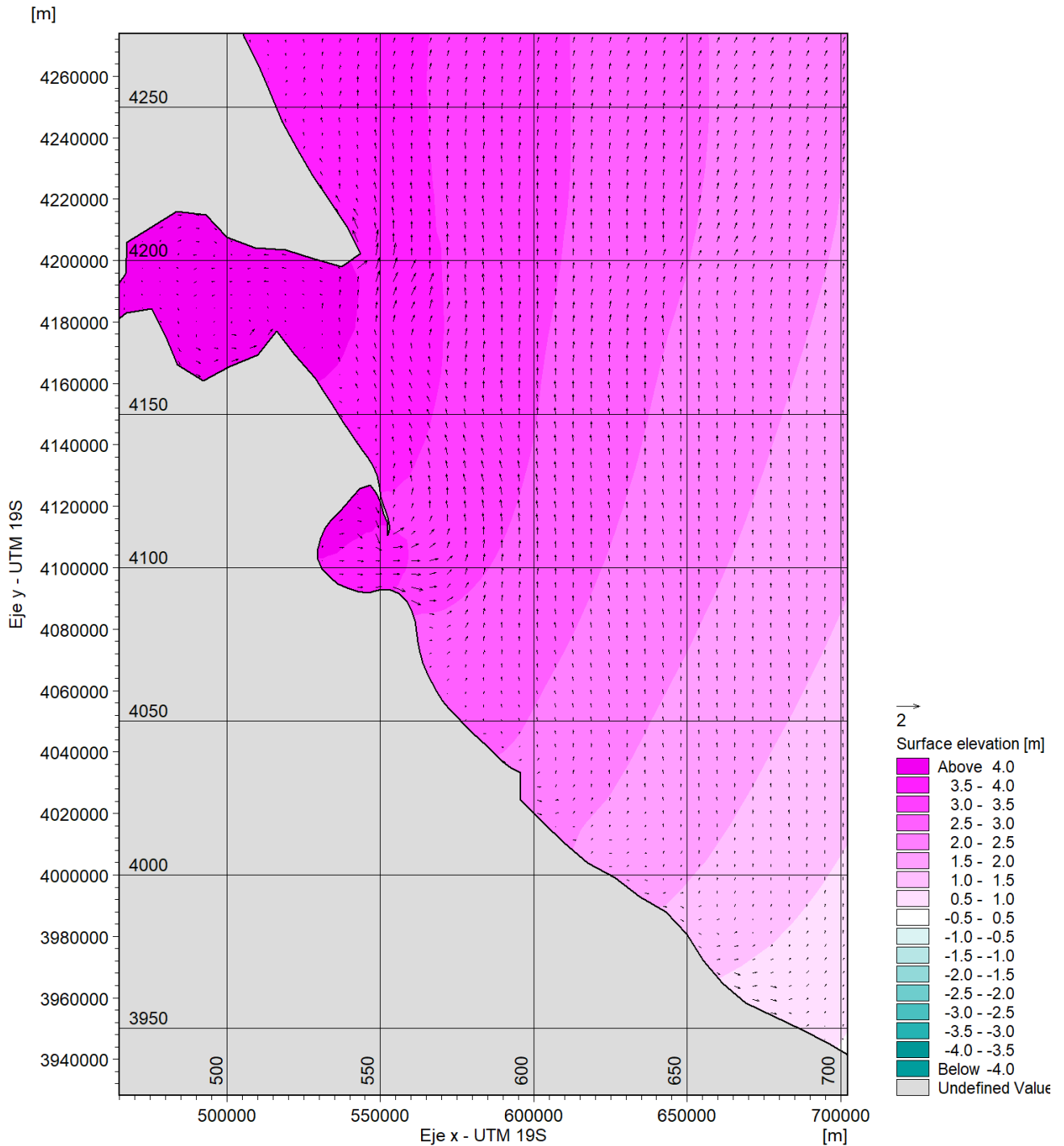


Figura 4.2.1.12 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 12: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de marea bajante en la zona de Fenix.

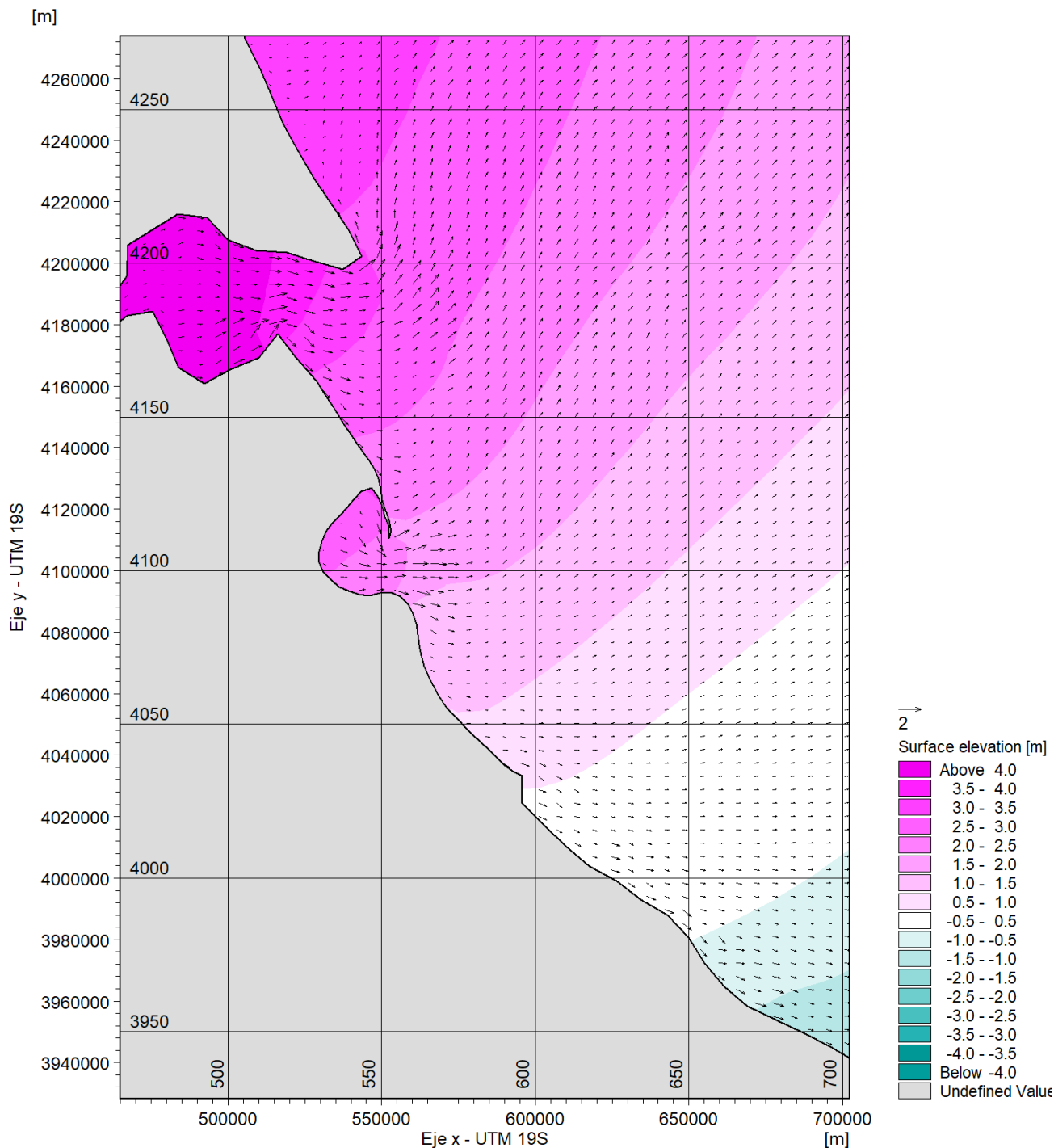
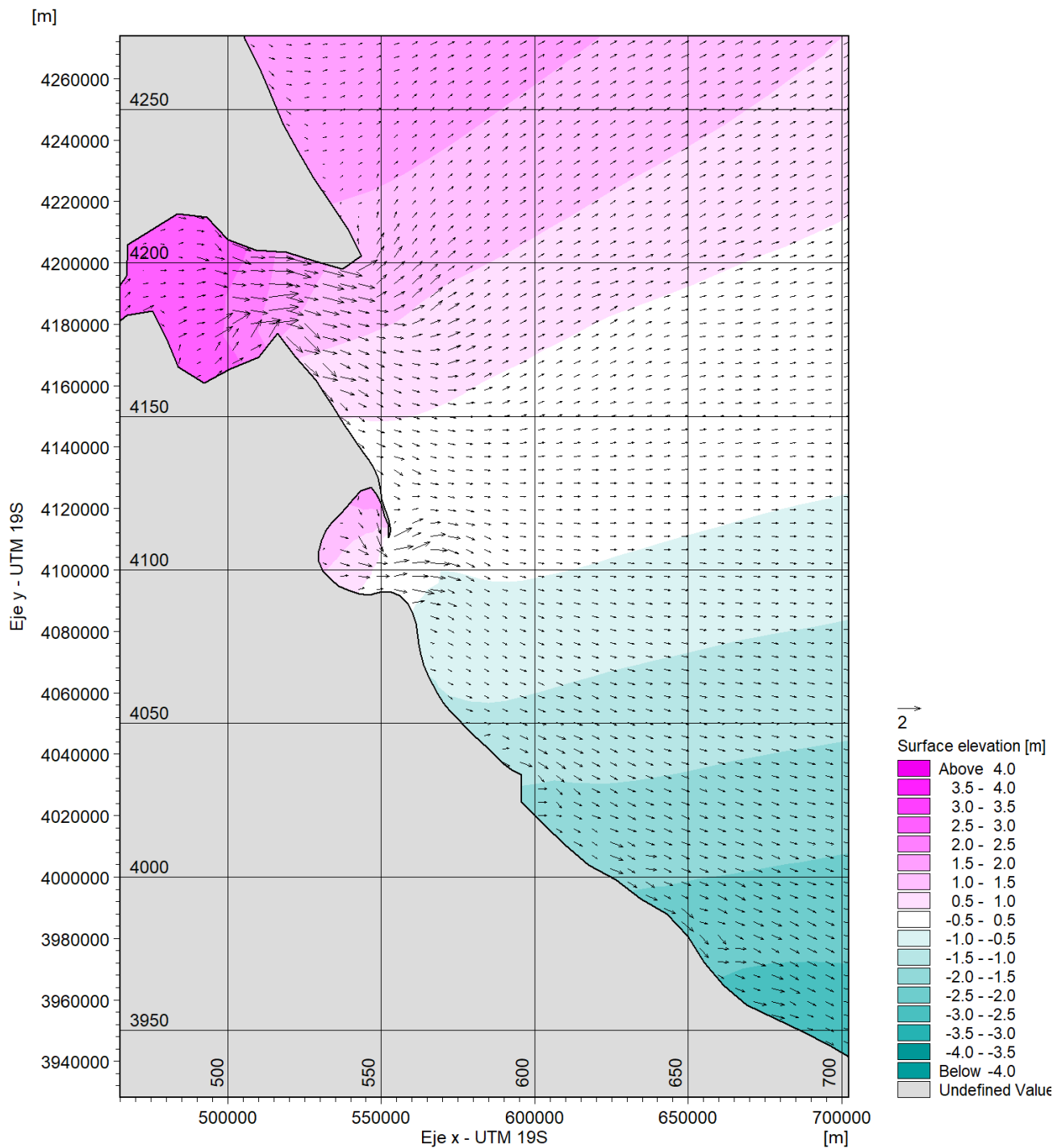


Figura 4.2.1.13 Ejemplo del campo regional de corrientes y niveles del mar (referidos al NMM) utilizado para para la modelación del vertido de recortes y lodos (base agua). Instante 12: corrientes superficiaales y niveles del mar en condiciones de marea bajante en la zona de Fenix.



4.2.2. Vertidos de recortes de perforación

El cronograma de vertido de los recortes de perforación considerados en las modelaciones se muestra en la Figura 4.2.2.1. Los tiempos utilizados para las simulaciones intentan repetir la operación programada por los ingenieros de Total Austral, pero claro está que no tienen por qué coincidir exactamente con la operación real. . Alcanzará con que los volúmenes vertidos y tiempos sean aproximados y siempre conservadores desde el punto de vista ambiental, de modo tal que las evaluaciones sean eficaces. La Tabla 4.2.2.1 presenta las velocidades de caída y tensiones críticas de corte asociadas a los diámetro característica de cada fracción de los recortes considerada.

Figura 4.2.2.1 Vertido de recortes de perforación. Secuencia de vertido.

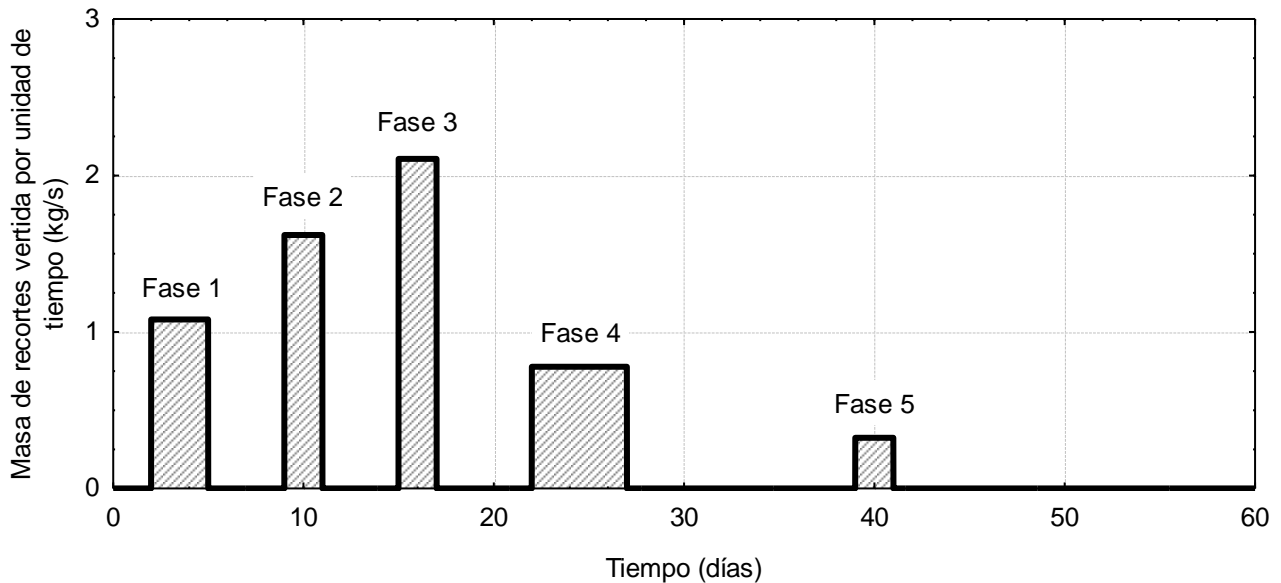


Tabla 4.2.2.1 Velocidades de caída y tensiones críticas de corte asociadas a los diámetro característica de cada fracción de los recortes considerada.

Diámetro medio (μm)	Velocidad de caída (m/s)	Tensión crítica de corte (N/m^2)
1000	0.12	2.57
180	0.018	0.28
74	0.037	0.112
45	0.00137	0.094
10	0.000068	0.00547

La Tabla 4.2.2.2 presenta las máximas concentraciones de recortes por fase de perforación. Cuando la concentraciones superaron los 25 mg/l, se calculó el volumen ocupado y la distancia máxima a la que se encontró ese valor. Las Figuras 4.2.2.2 y 4.2.2.3 presentan las concentraciones máximas generadas por los vertidos de los recortes de perforación.

Tabla 4.2.2.2 Valores máximos de concentraciones de recortes de perforación durante las diferentes fase de la operación y para los 2 años considerados. Cuando la concentración supera los 25 mg/l se calculó el volumen ocupado y la distancia máxima a la fuente a la que ocurre esta concentración.

Pozo	Máximo	Año 1					Año 2				
		Fase					Fase				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Concentración - c (mg/l)	11	38	36	15	12	11	18	41	15	5
	Volumen con c>25mg/l (m ³)	-	14524	28905	-	-	-	-	45238	-	-
	Distancia donde c>25mg/l (m)	-	15	44	-	-	-	-	65	-	-
2	Concentración - c (mg/l)	12	22	27	14	5	11	20	28	25	5
	Volumen con c>25mg/l (m ³)	-	-	14524	-	-	-	-	14524	14524	-
	Distancia donde c>25mg/l (m)	-	-	15	-	-	-	-	15	15	-
3	Concentración - c (mg/l)	11	18	59	12	5	10	22	44	16	5
	Volumen con c>25mg/l (m ³)	-	-	59900	-	-	-	-	45238	-	-
	Distancia donde c>25mg/l (m)	-	-	86	-	-	-	-	47	-	-

Las mayores concentraciones las producen los vertidos en la Fase 3, producto de una granulometría fina y un volumen relativamente importante, alcanzando valores máximos de 59 mg/l. Ocasionalmente, los recortes vertidos superan los 25 mg/l de concentración y lo hacen en torno a la fuente de vertido. La máxima distancia a la que se observa esta concentración es de 86 m y el volumen ocupado es de 59900 m³. Para comparar en el espacio, un paralelepípedo de 50 m por 50 m por 25 m tiene un volumen de 62500 m³.

Figura 4.2.2.2 Concentraciones máximas generadas por los vertidos de los recortes de perforación durante las operaciones en el pozo 1 (arriba), en el pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo), para las simulaciones del año 1.

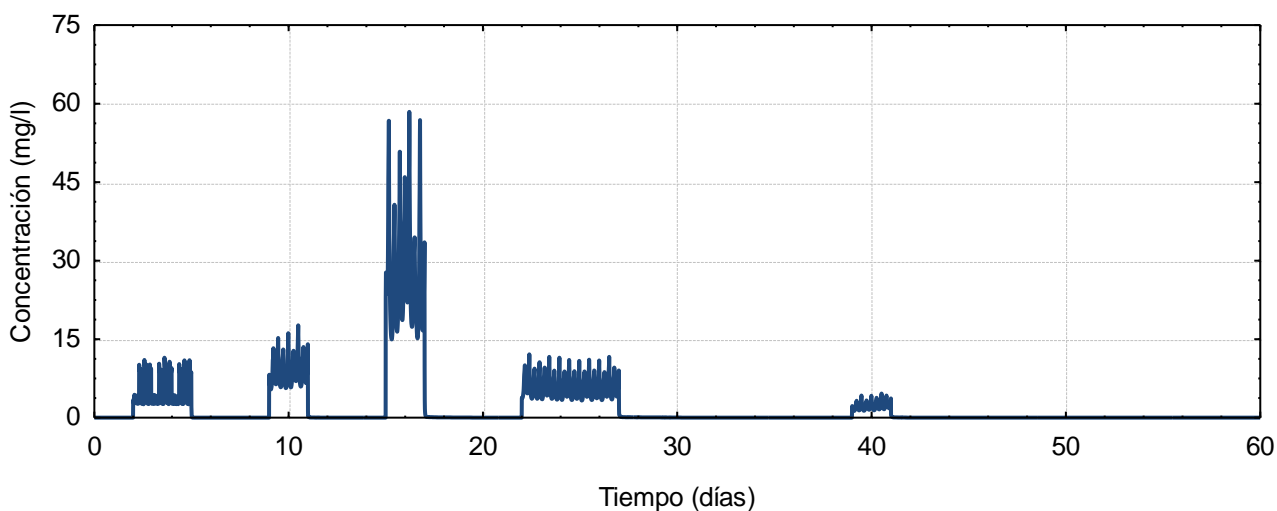
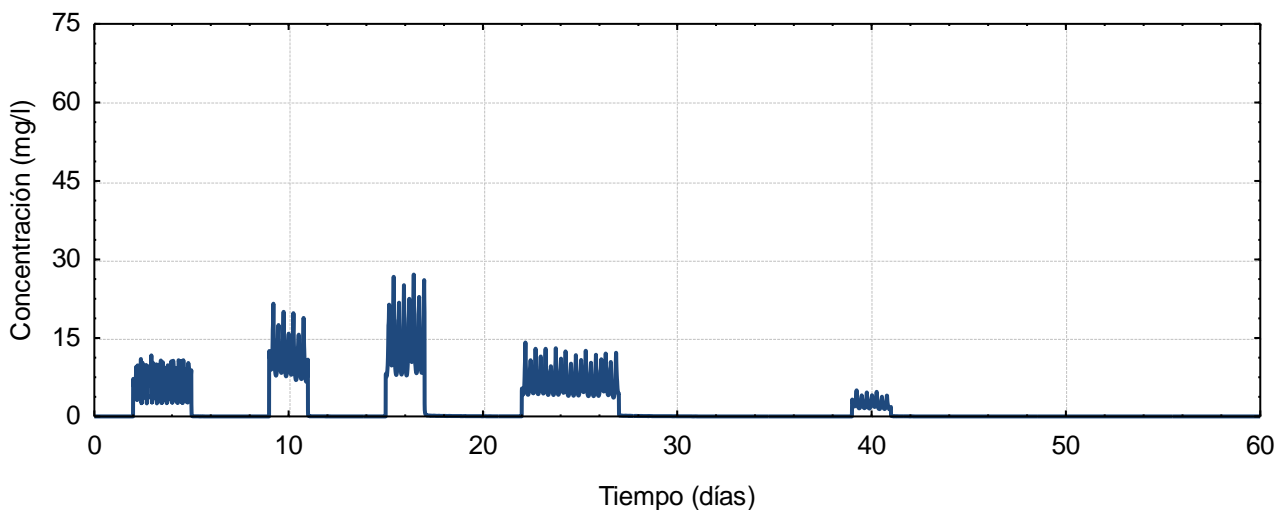
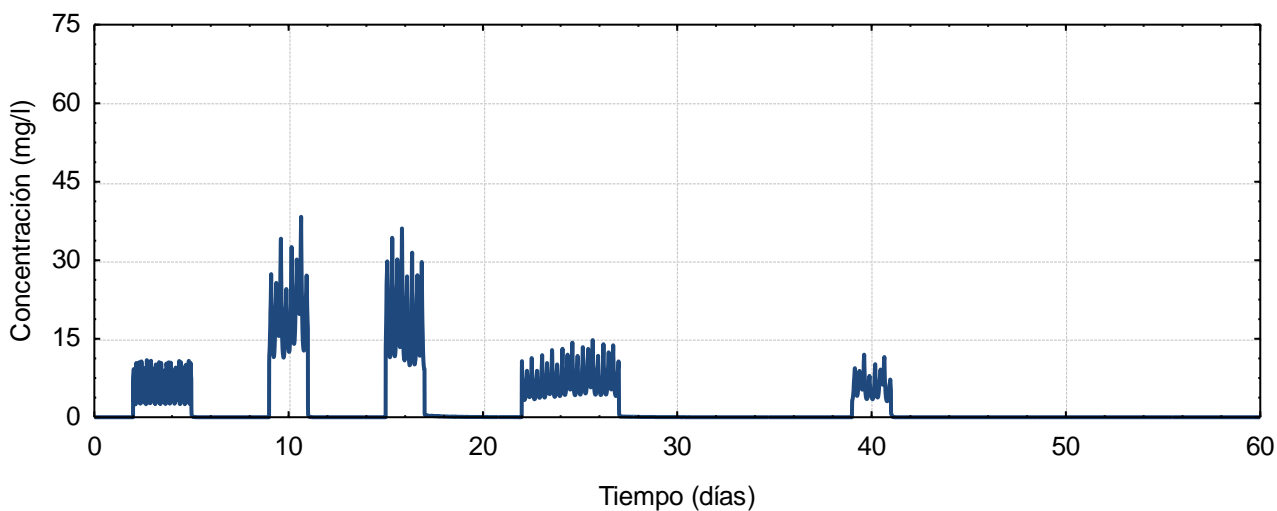
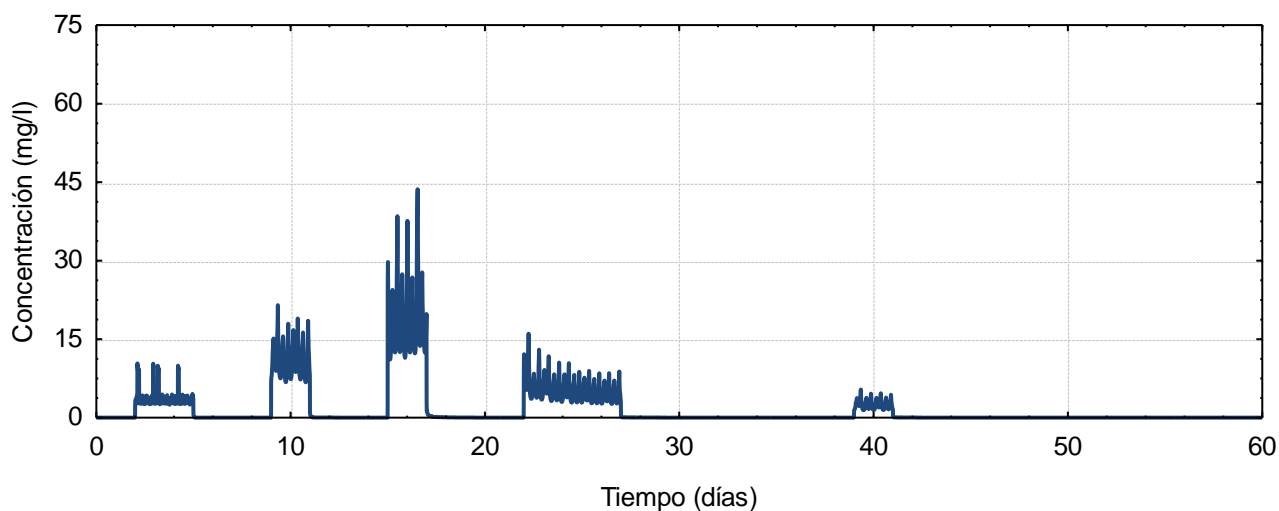
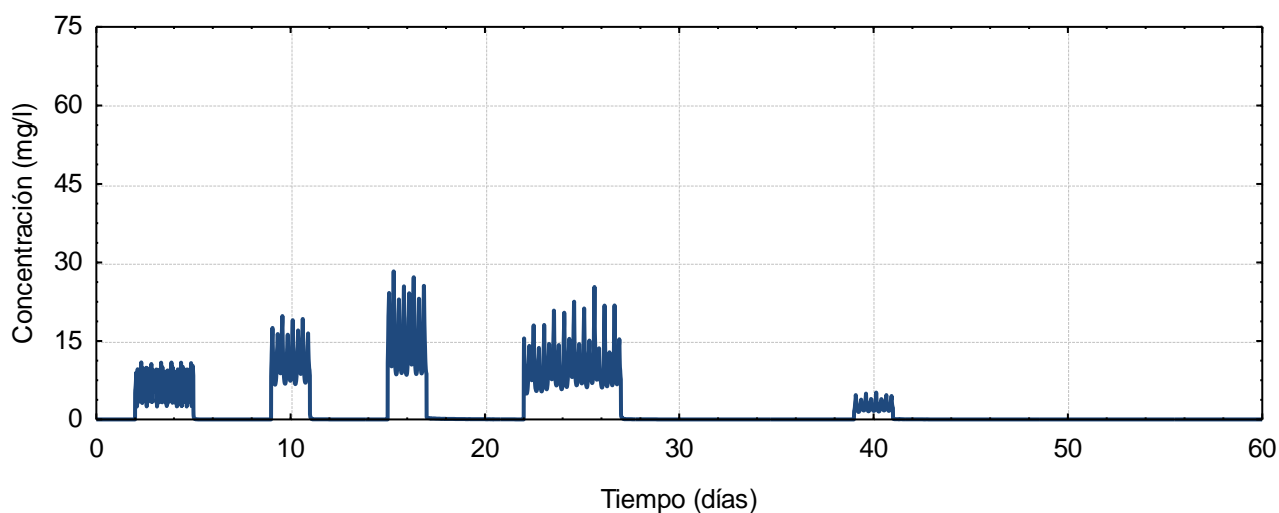
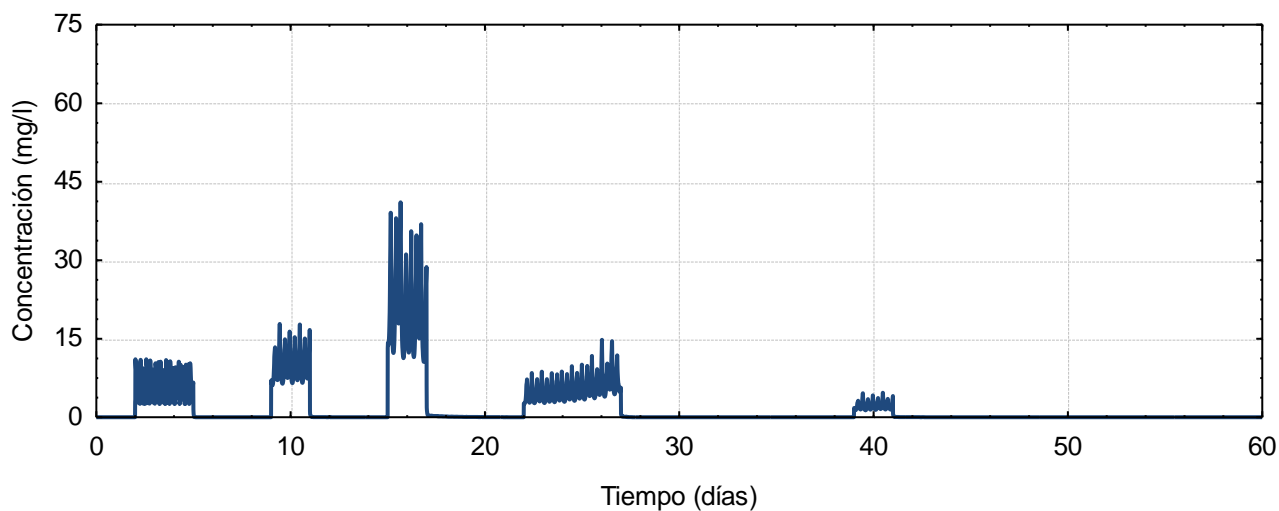
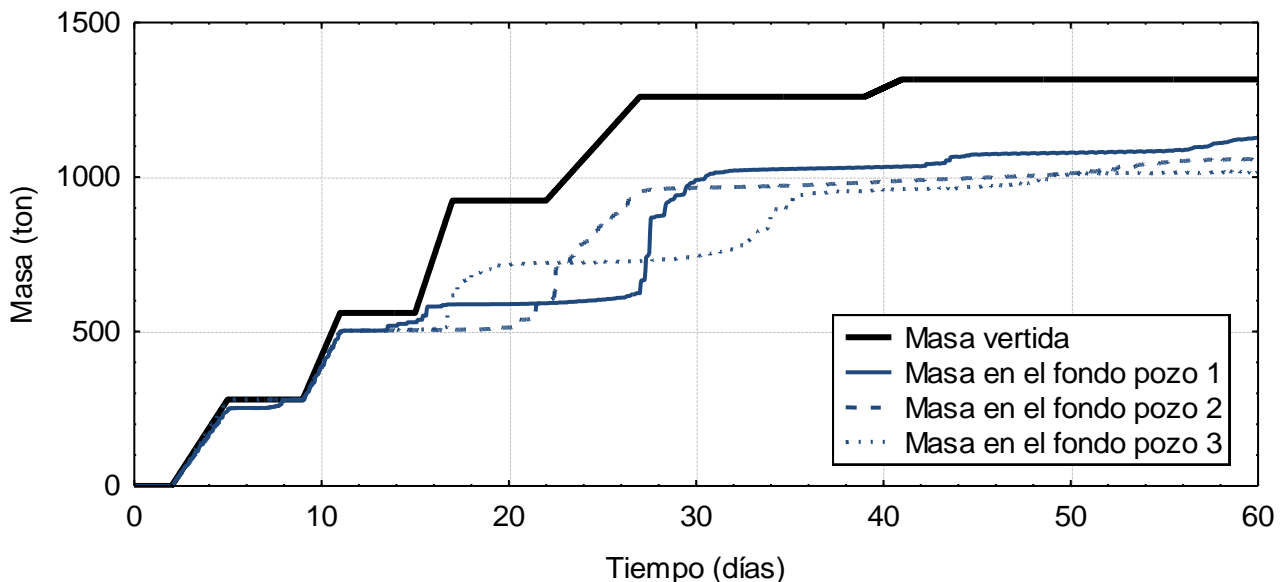
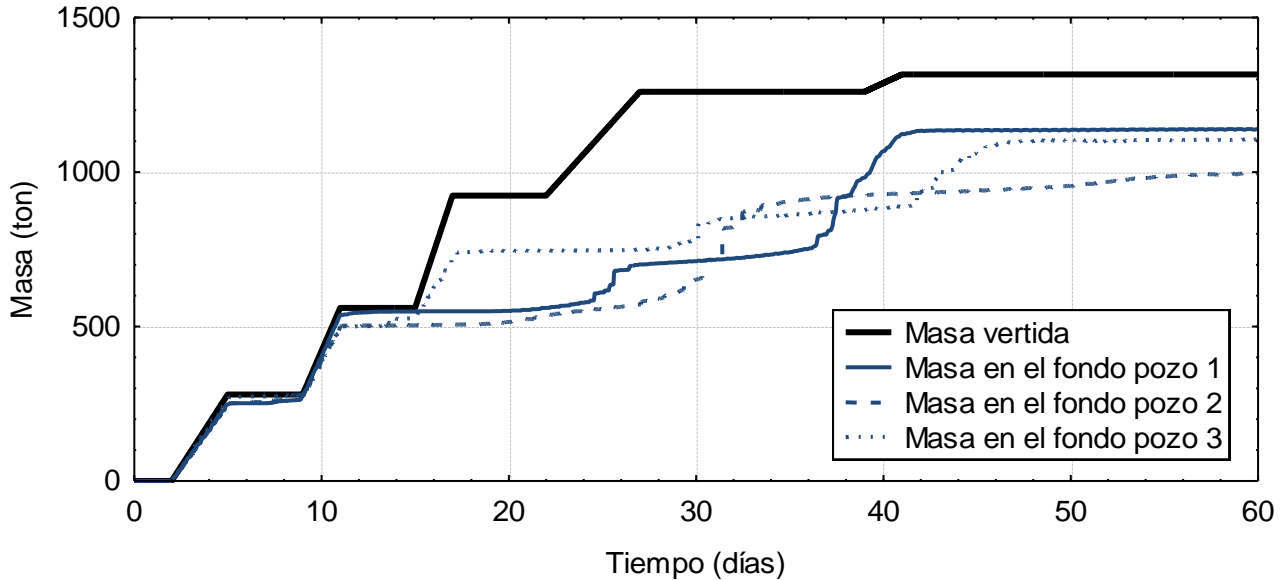


Figura 4.2.2.3 Concentraciones máximas generadas por los vertidos de los recortes de perforación durante las operaciones en el pozo 1 (arriba), en el pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo), para las simulaciones del año 2.



La Figura 4.2.2.4 presenta la masa de recortes vertida y la que se acumula en el fondo del mar. Del total, unas 1300 ton de recortes que se vierten durante las operaciones, la mayor parte de la masa se acumula en el fondo al cabo de 60 días de modelación, pero cierto porcentaje (la fracción más fina) se mantiene en suspensión producto de velocidades de la zona. Esta masa en suspensión, que genera concentraciones muy pequeñas, como puede verse en las Figuras 4.2.2.2 y 4.2.2.3, escapa del dominio de modelación y puede acumularse en zonas de menores intensidades de corrientes generando espesores despreciables.

Figura 4.2.2.4 Masa de recortes de perforación acumulada en el fondo del mar y la vertida durante las operaciones al cabo de la perforación. Se presentan las curvas asociadas a la liberación de masa en los 3 pozos, para las simulaciones del año 1 (arriba) y del año 2 (abajo).



Los recortes tendrán diámetros de entre 0.01 y 1 mm, como ya se ha presentado, lo que significa que la fracción más gruesa de los recortes precipitará o sedimentará en las vecindades del punto de vertido y cierta fracción más fina (más propensa a permanecer en suspensión) precipitará más lejos. Los resultados indican que entre 300 y 150 ton de las 1300 vertidas (parte de la fracción más fina), se mantienen en suspensión o se depositan fuera del dominio de modelación. Esta diferencia genera concentraciones insignificantes y depósitos de espesores despreciables. Las Tablas 4.2.2.1 y 4.2.2.2 presentan los espesores máximos y medios depositados en el fondo del mar con las áreas ocupadas y las máximas distancias a la que se encuentran los recortes luego de las perforaciones, en ambos casos discriminadas para diferentes espesores. Se presentan los resultados por pozo y año de simulación. Además del análisis por pozo individual se presenta la acumulación al cabo de la perforación en los 3 pozos, para ambos años simulados.

Tabla 4.2.2.1 Recortes de perforación depositados en el fondo del mar. Espesores máximos y medios en función de diferentes espesores.

Año	Pozo	Máximo espesor (mm)	Áreas en función de los espesores (ha)				
			> 6.5mm	> 1.5 mm	> 1 mm	> 0.5 mm	> 0.1 mm
1	1	41	0.13	0.26	2.01	7.11	24.91
1	2	32	0.13	0.13	0.13	0.26	15.96
1	3	69	0.13	0.13	0.13	0.53	12.24
Suma		142	0.13	1.02	3.68	11.36	61.77
2	1	41	0.13	0.13	0.13	0.37	12.87
2	2	25	0.13	0.13	0.13	0.13	19.32
2	3	95	0.13	0.13	0.37	0.53	16.73
Suma		161	0.13	0.53	0.53	6.12	47.33

Tabla 4.2.2.2 Recortes de perforación depositados en el fondo del mar. Distancias medias en función de diferentes espesores.

Año	Pozo	Máximo espesor (mm)	Máxima distancia a los espesores (m)				
			> 6.5mm	> 1.5 mm	> 1 mm	> 0.5 mm	> 0.1 mm
1	1	41	15	31	141	219	383
1	2	32	15	15	15	31	324
1	3	69	15	15	15	44	324
Suma		142	15	116	172	238	850
2	1	41	15	15	15	44	324
2	2	25	15	15	15	15	384
2	3	95	15	15	44	44	324
Suma		161	15	44	44	238	675

El área ocupada por espesores mayores a 6.5 mm es de 0.13 ha y se encuentra a una distancia de la fuente máxima de 15 m. El mayor espesor de recortes encontrado en el fondo del mar para un pozo individual es de 95 mm, y para la acumulación de los 3 pozos de 161 mm.

Las Figuras 4.2.2.4 a 4.2.2.15 presentan la distribución de masa y los espesores en el fondo marino luego de las simulaciones de los vertidos de recortes realizados durante las operaciones de perforación en los 3 pozos previstos y 2 años de diferentes corrientes.

Figura 4.2.2.4 Distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes durante la perforación en el pozo 1, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

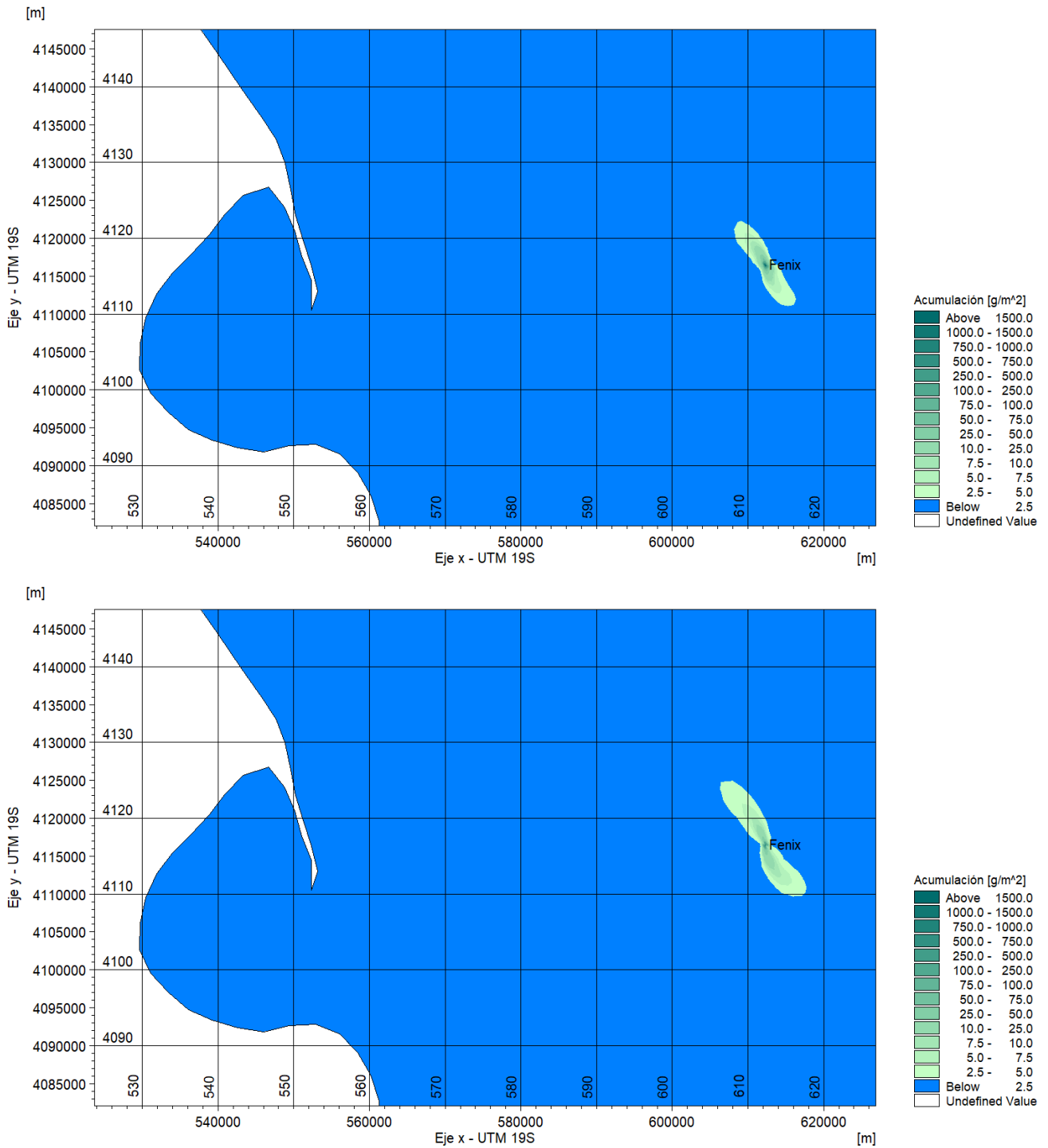


Figura 4.2.2.5 Distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes durante la perforación en el pozo 2, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

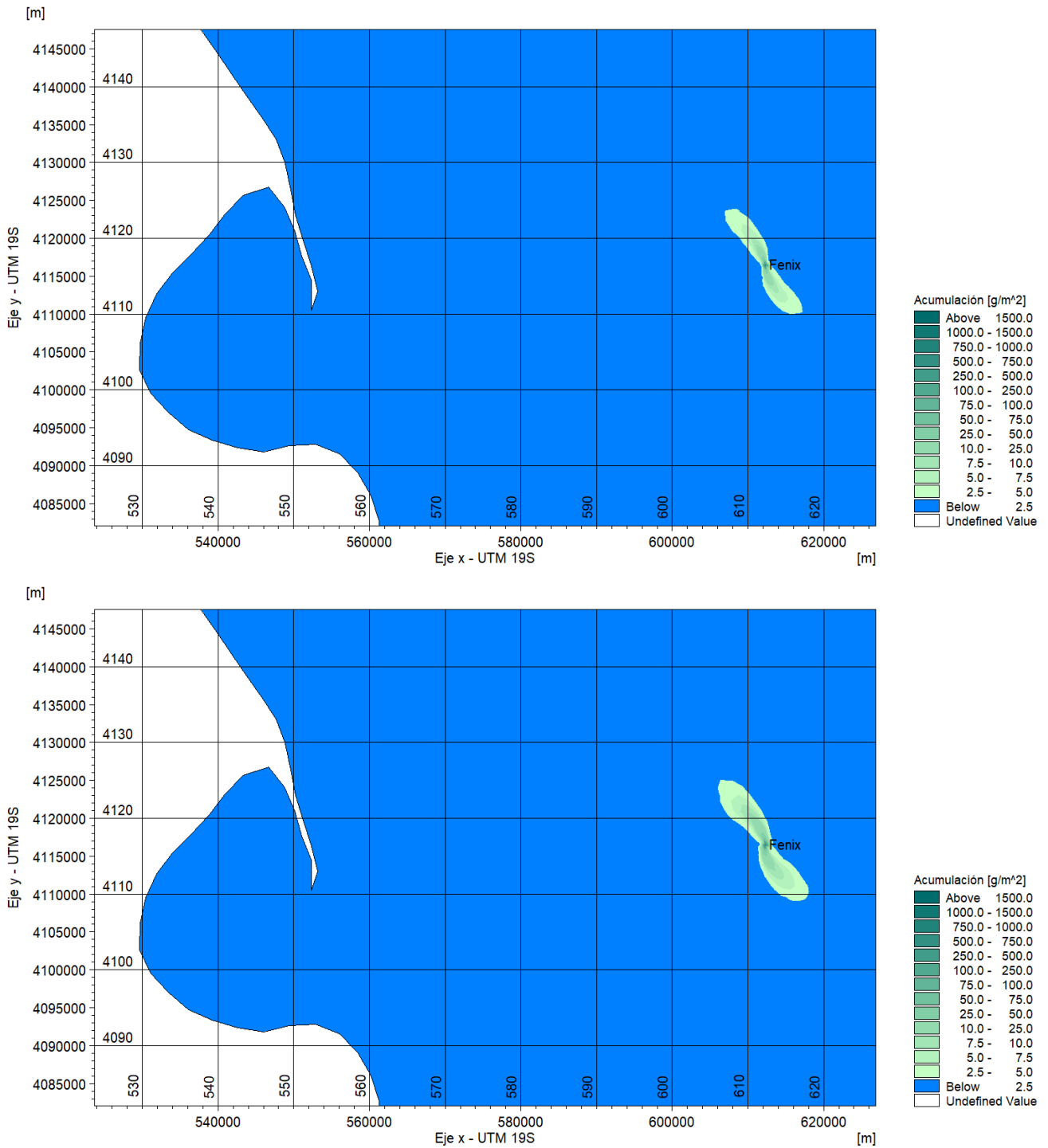


Figura 4.2.2.6 Distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes durante la perforación en el pozo 3, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

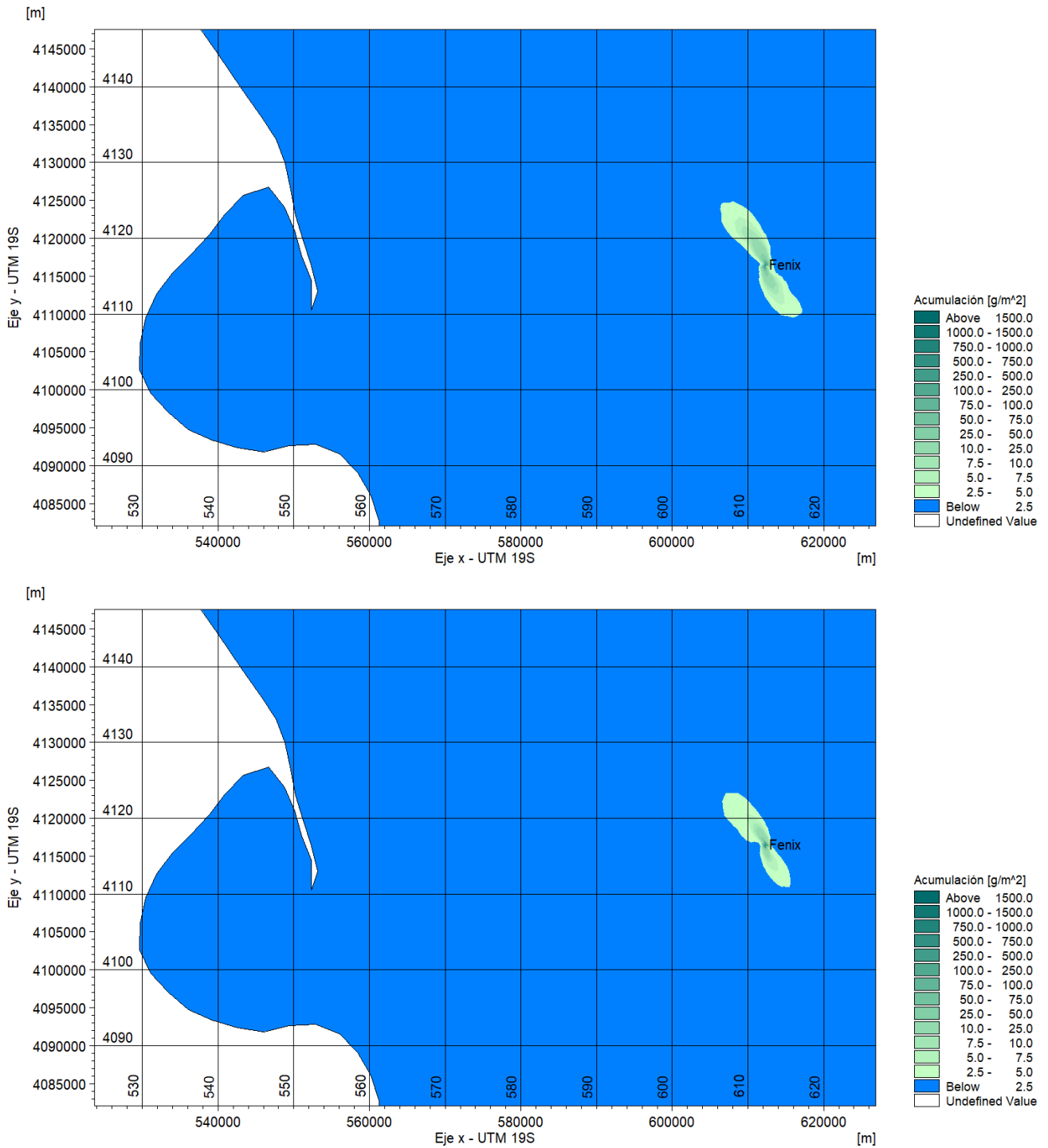


Figura 4.2.2.7 Distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes considerando la perforación en los 3 pozos, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

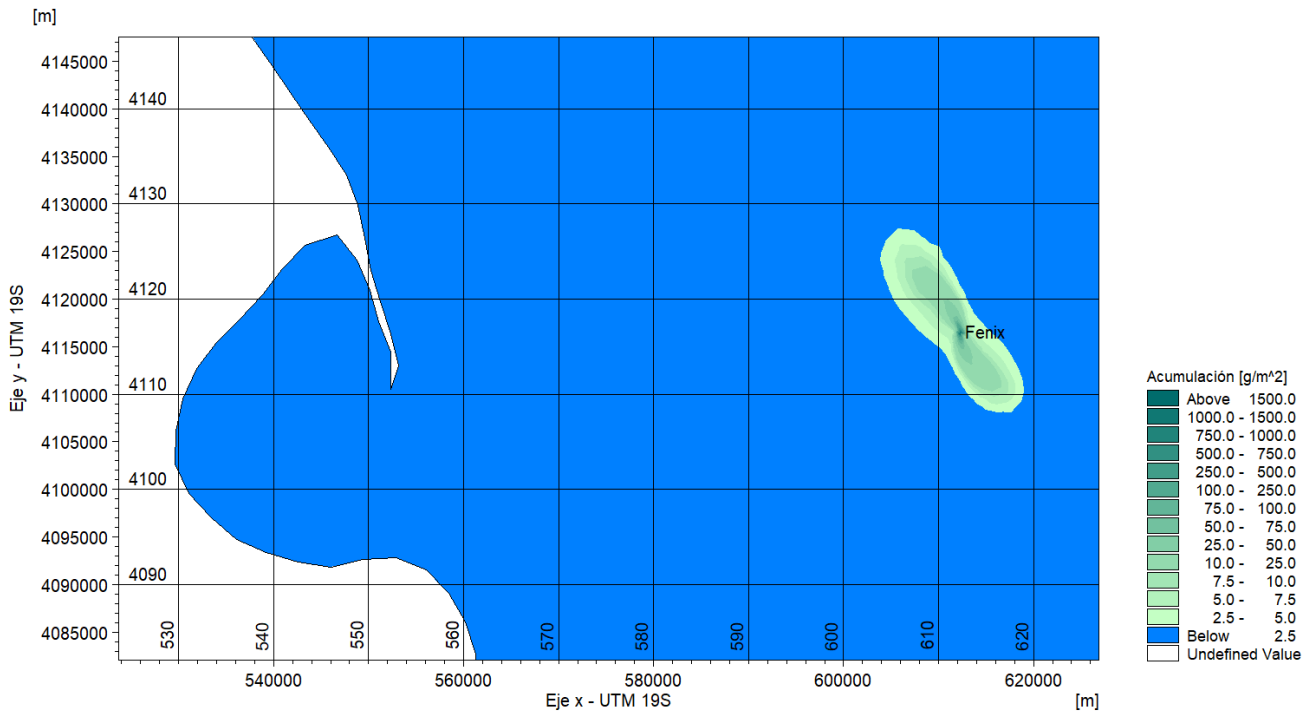
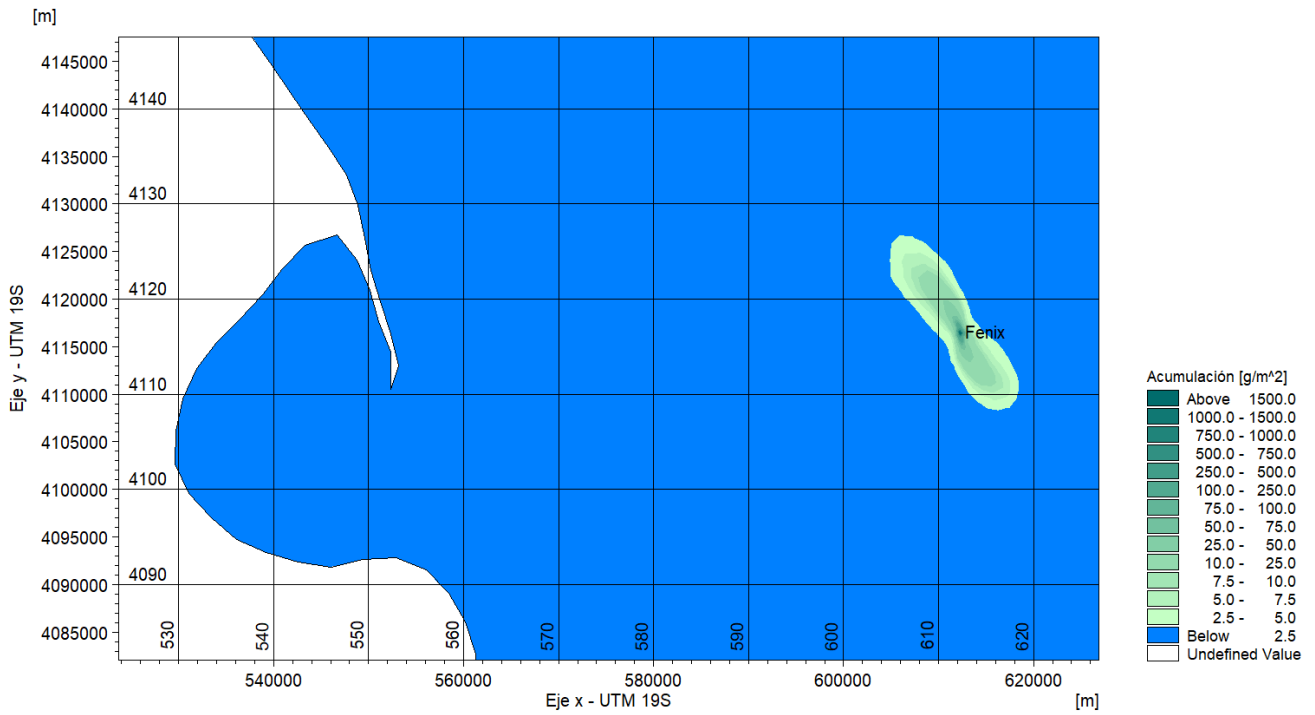


Figura 4.2.2.8 Acercamiento a la distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes durante la perforación en el pozo 1, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

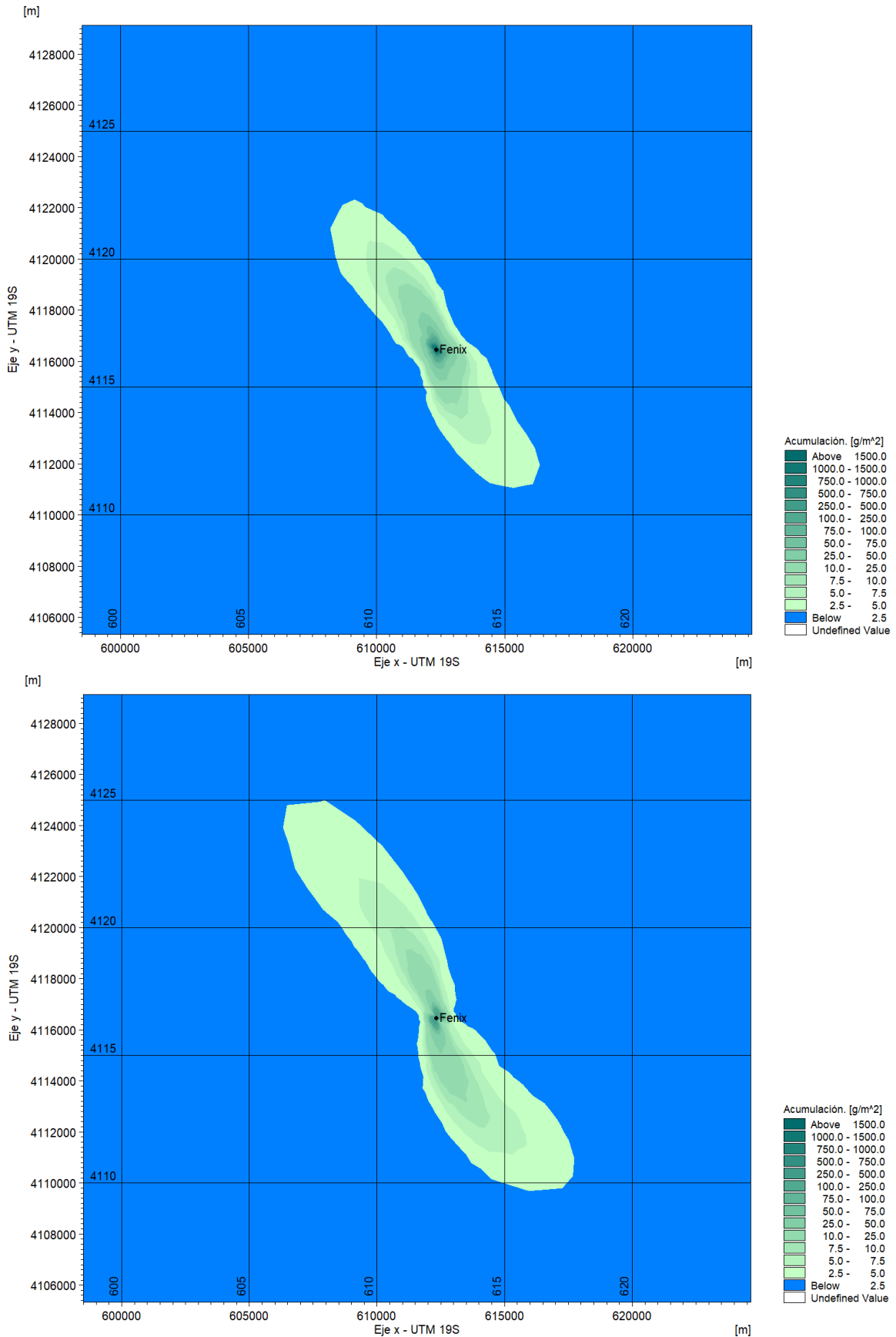


Figura 4.2.2.9 Acercamiento a la distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes durante la perforación en el pozo 2, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

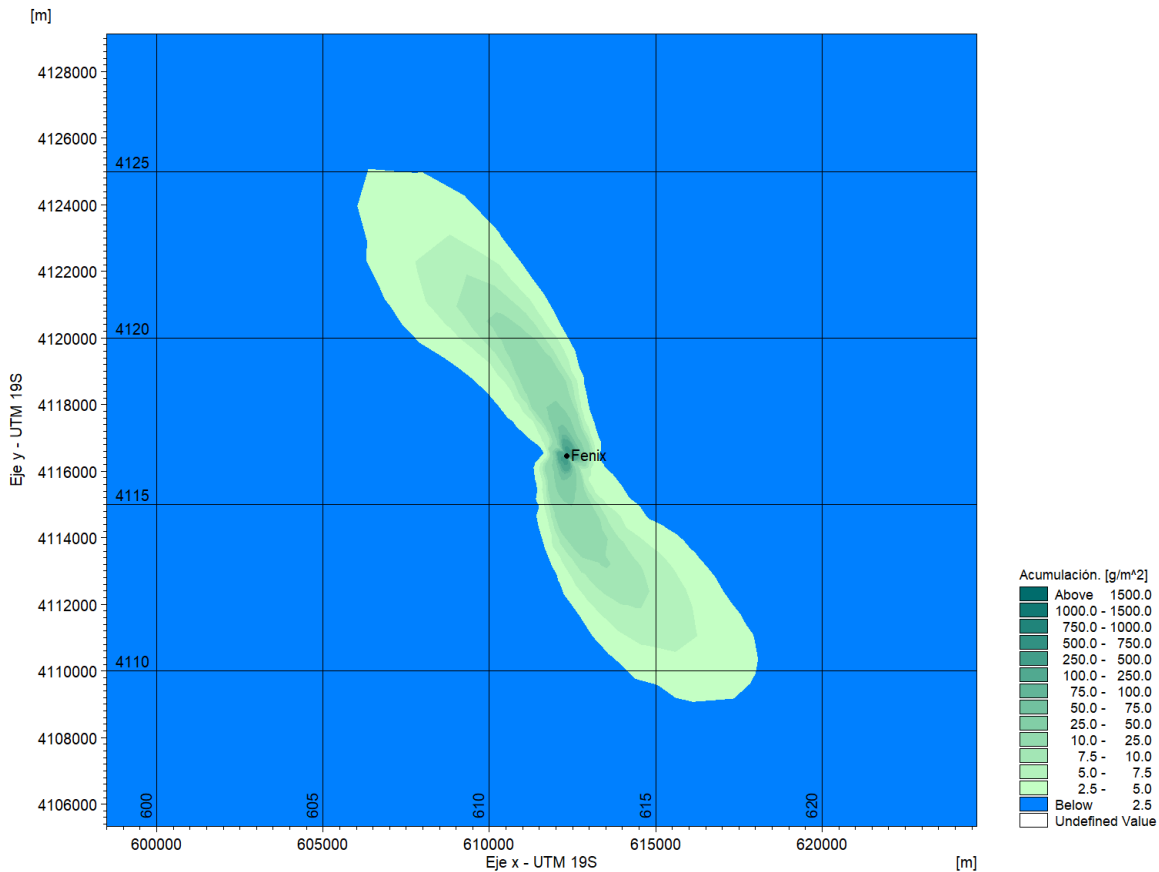
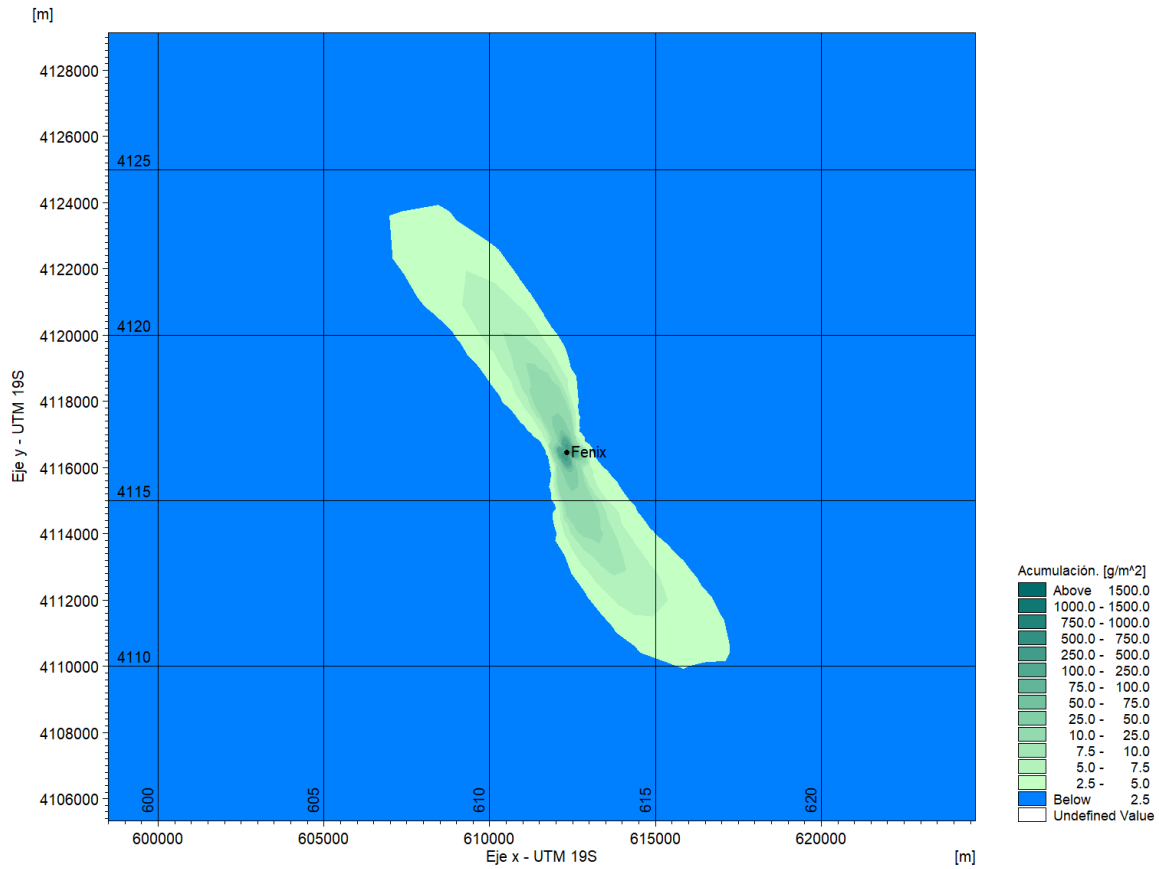


Figura 4.2.2.10 Acercamiento a la distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes durante la perforación en el pozo 3, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

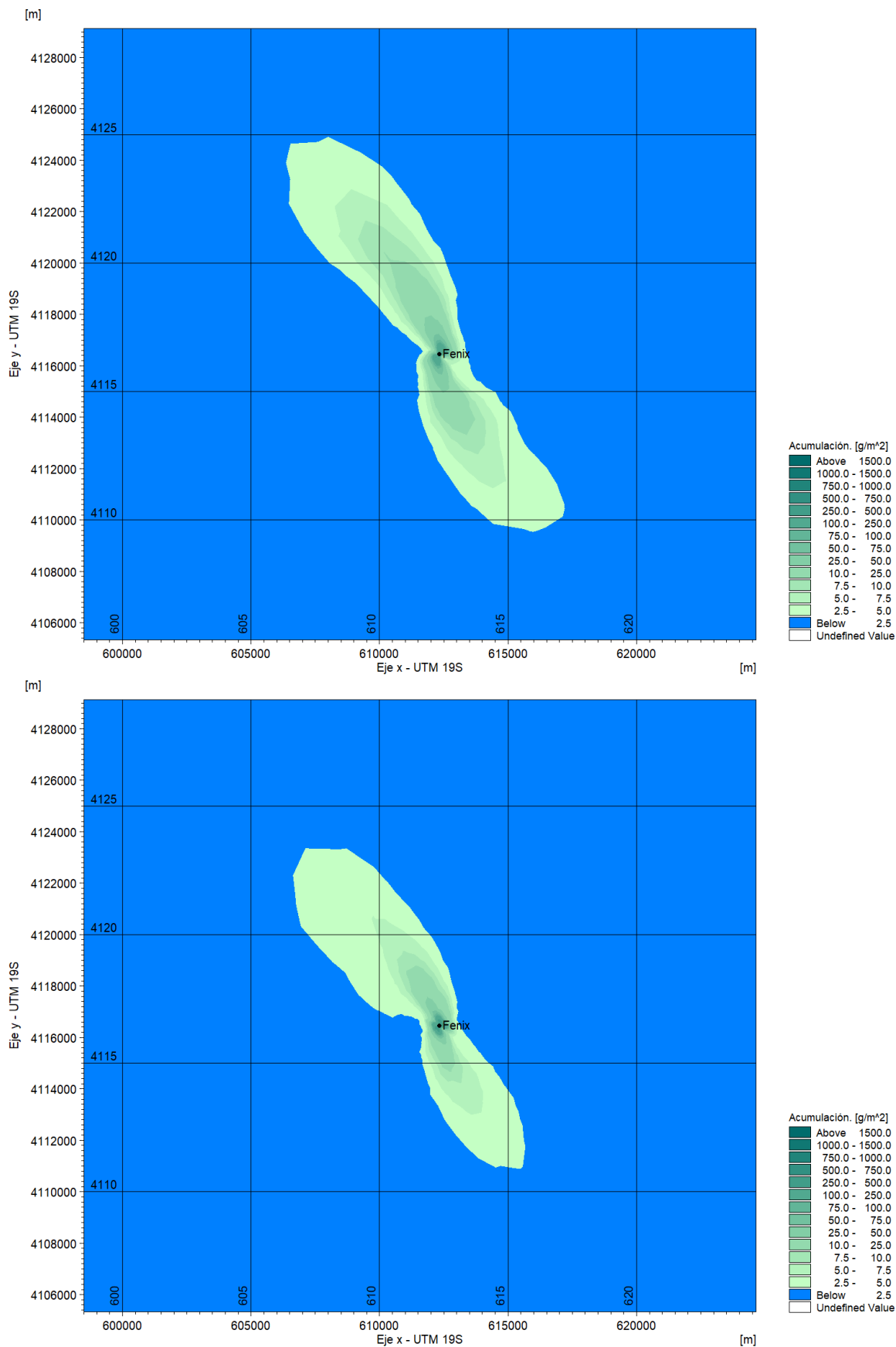


Figura 4.2.2.11 Acercamiento a la distribución espacial de la masa acumulada en el fondo del mar al cabo de la simulación del vertido de recortes considerando la perforación en los 3 pozos, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

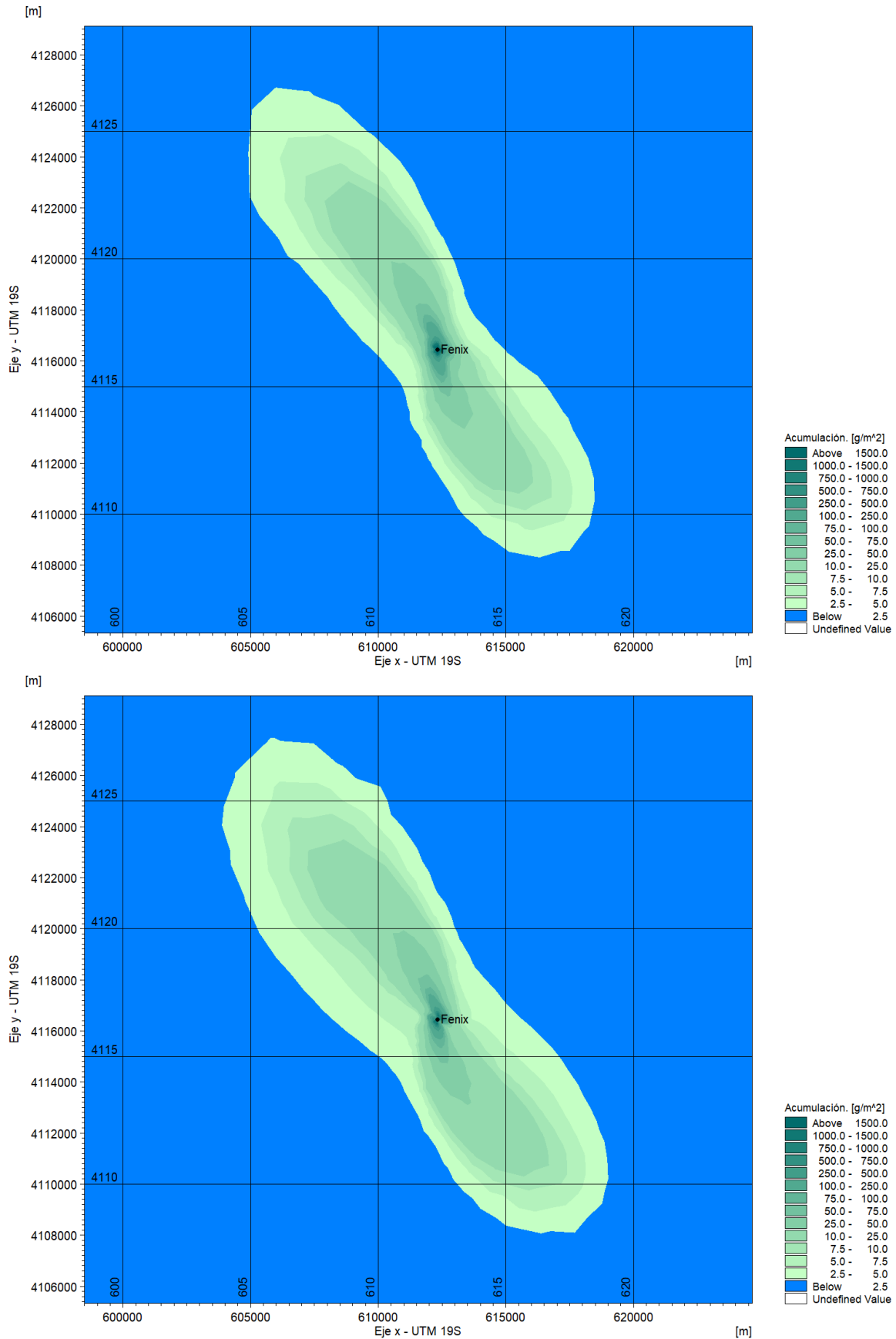


Figura 4.2.2.12 Distribución espacial de los espesores de los recortes depositados en el fondo del mar vertidos en el pozo 1, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

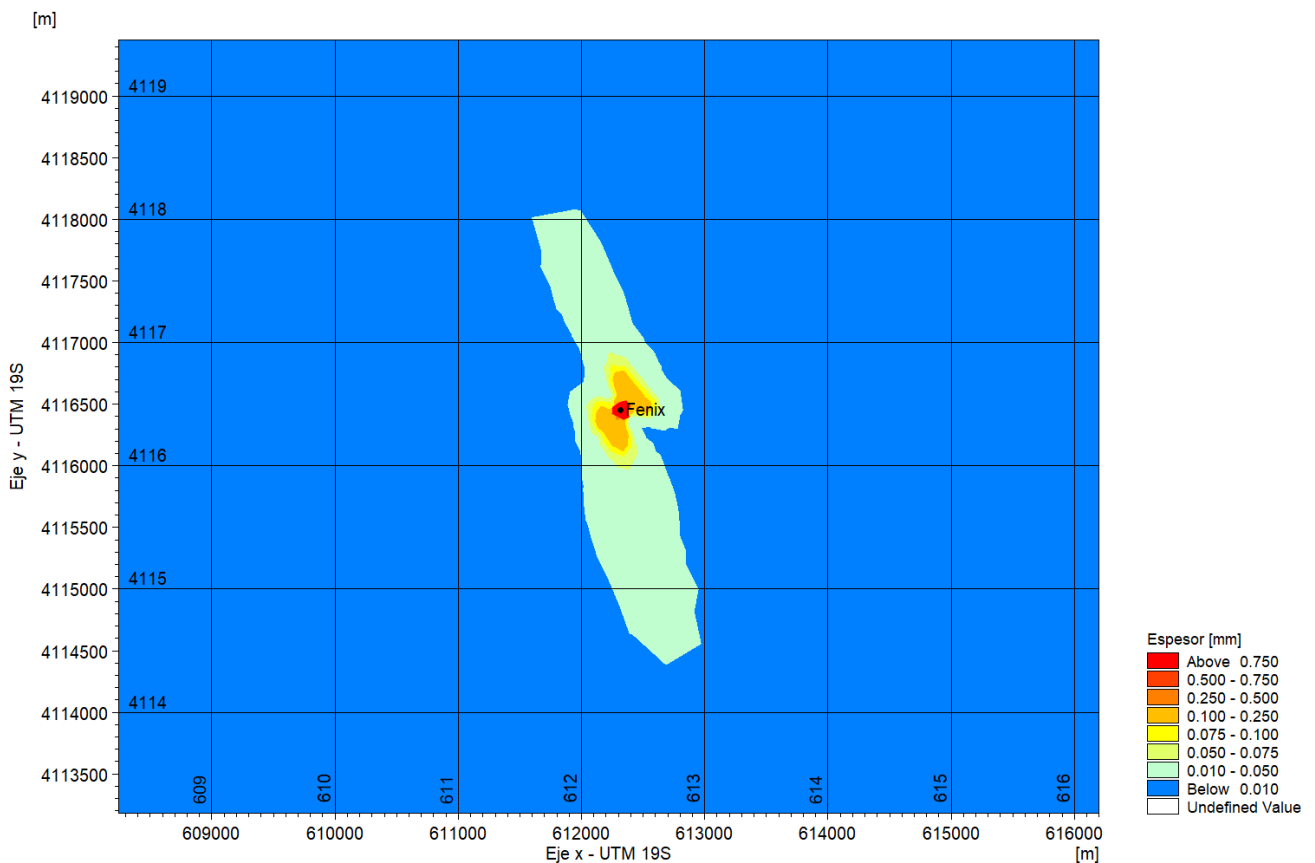
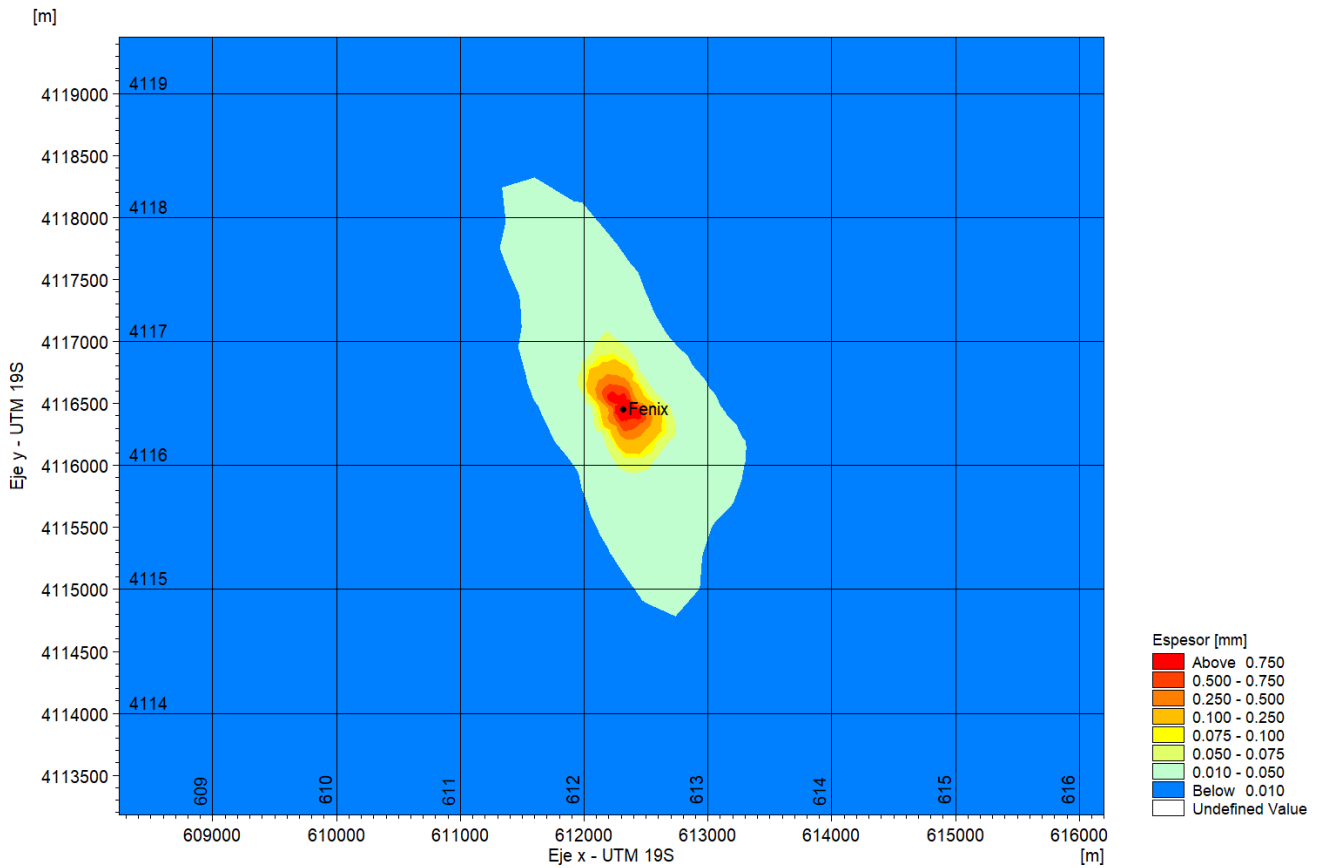


Figura 4.2.2.13 Distribución espacial de los espesores de los recortes depositados en el fondo del mar vertidos en el pozo 2, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

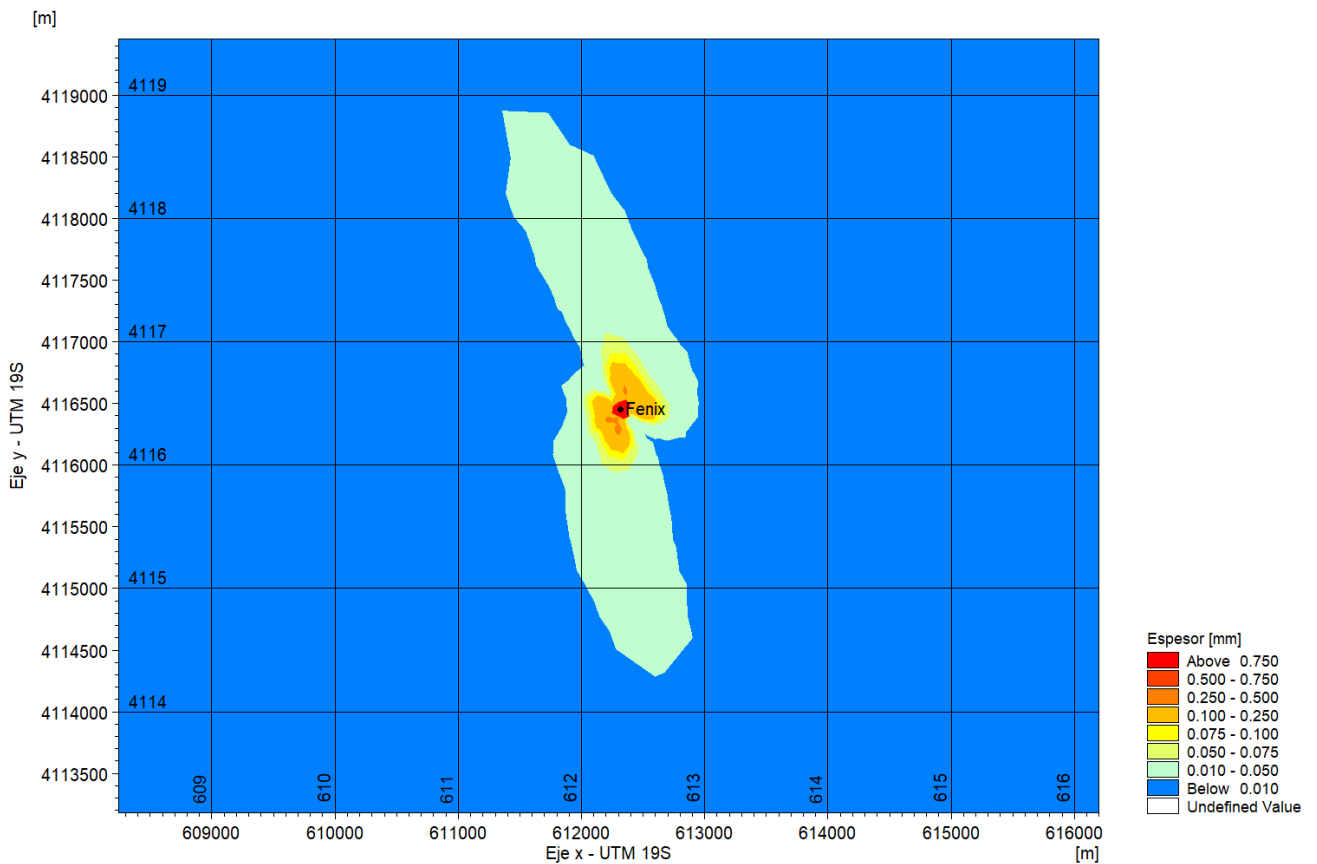
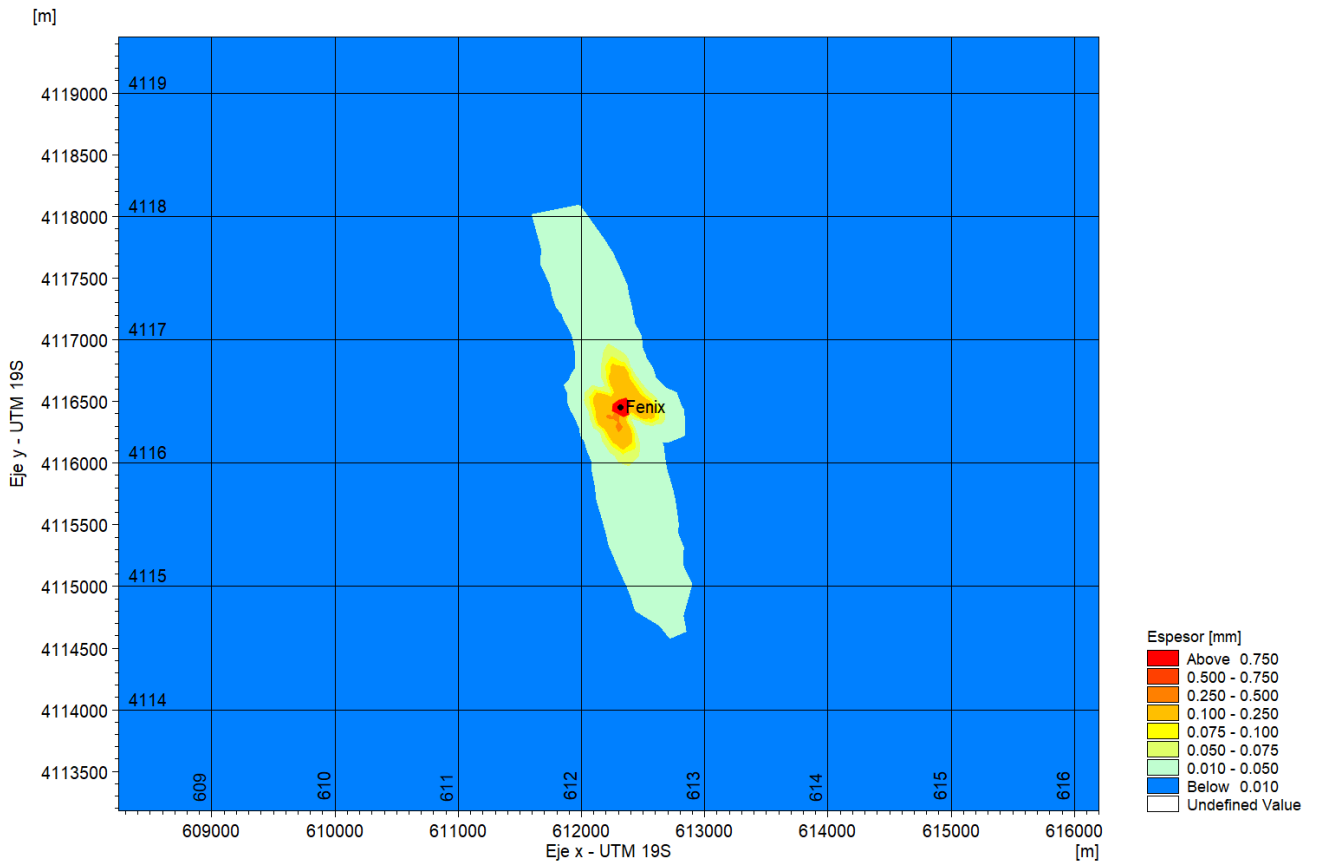


Figura 4.2.2.14 Distribución espacial de los espesores de los recortes depositados en el fondo del mar vertidos en el pozo 3, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).

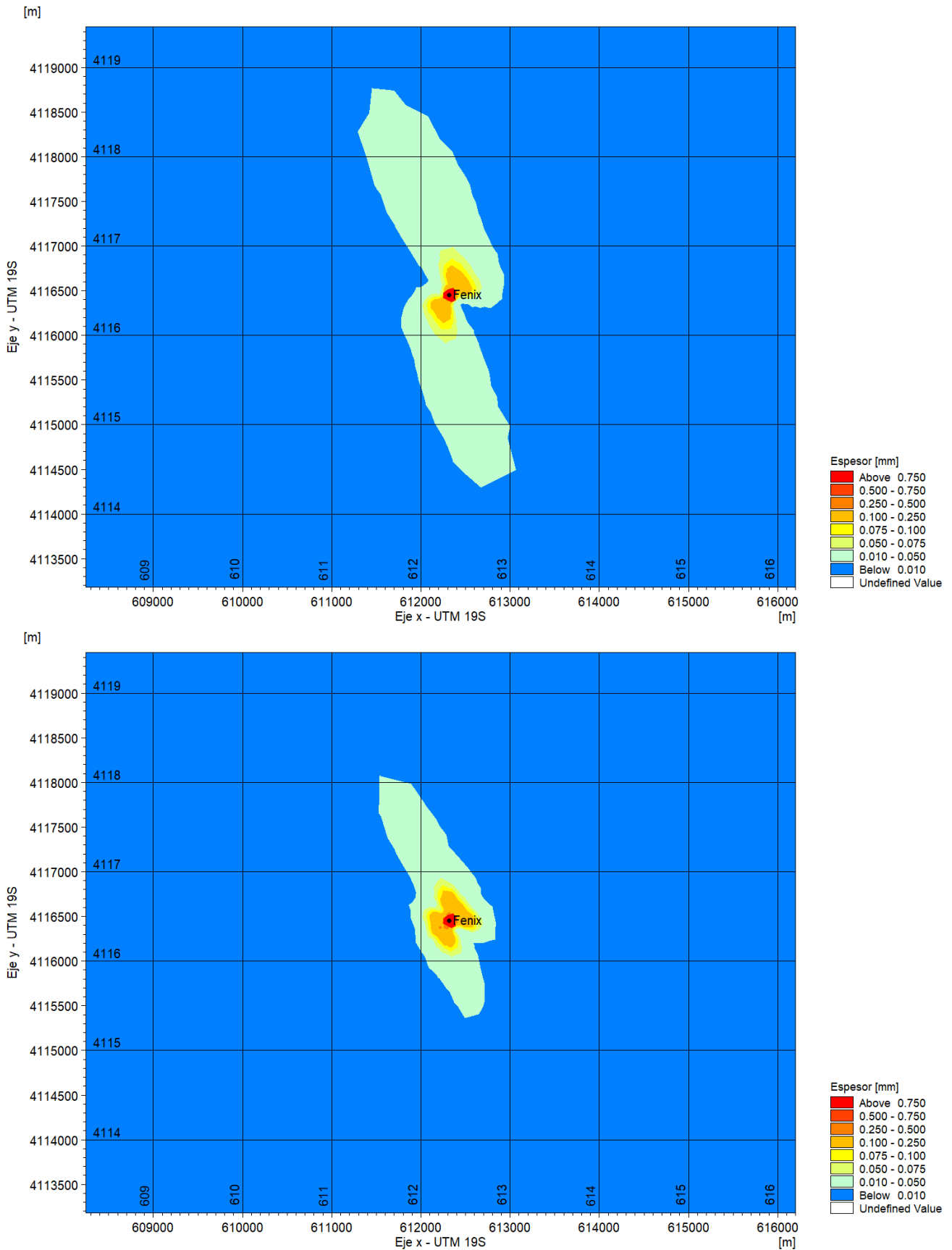
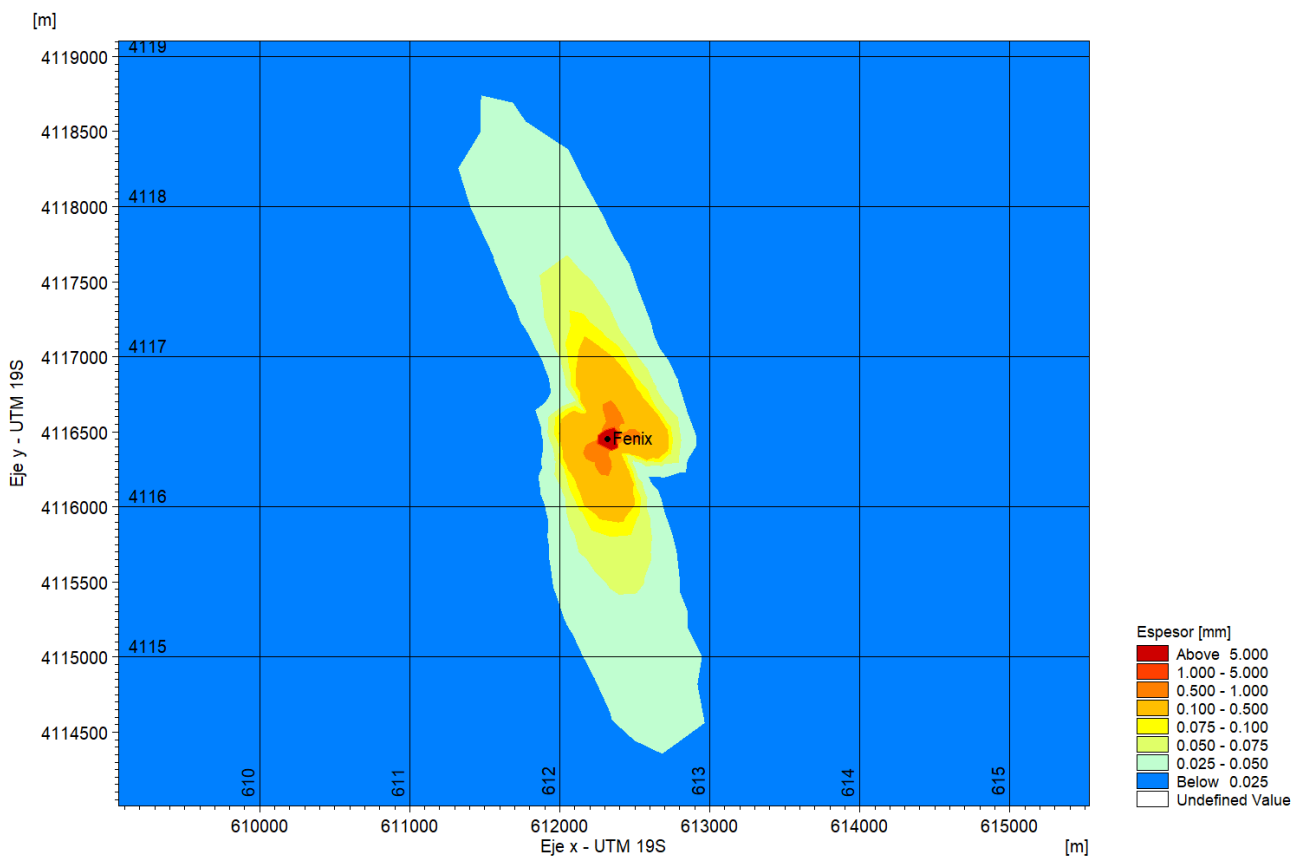
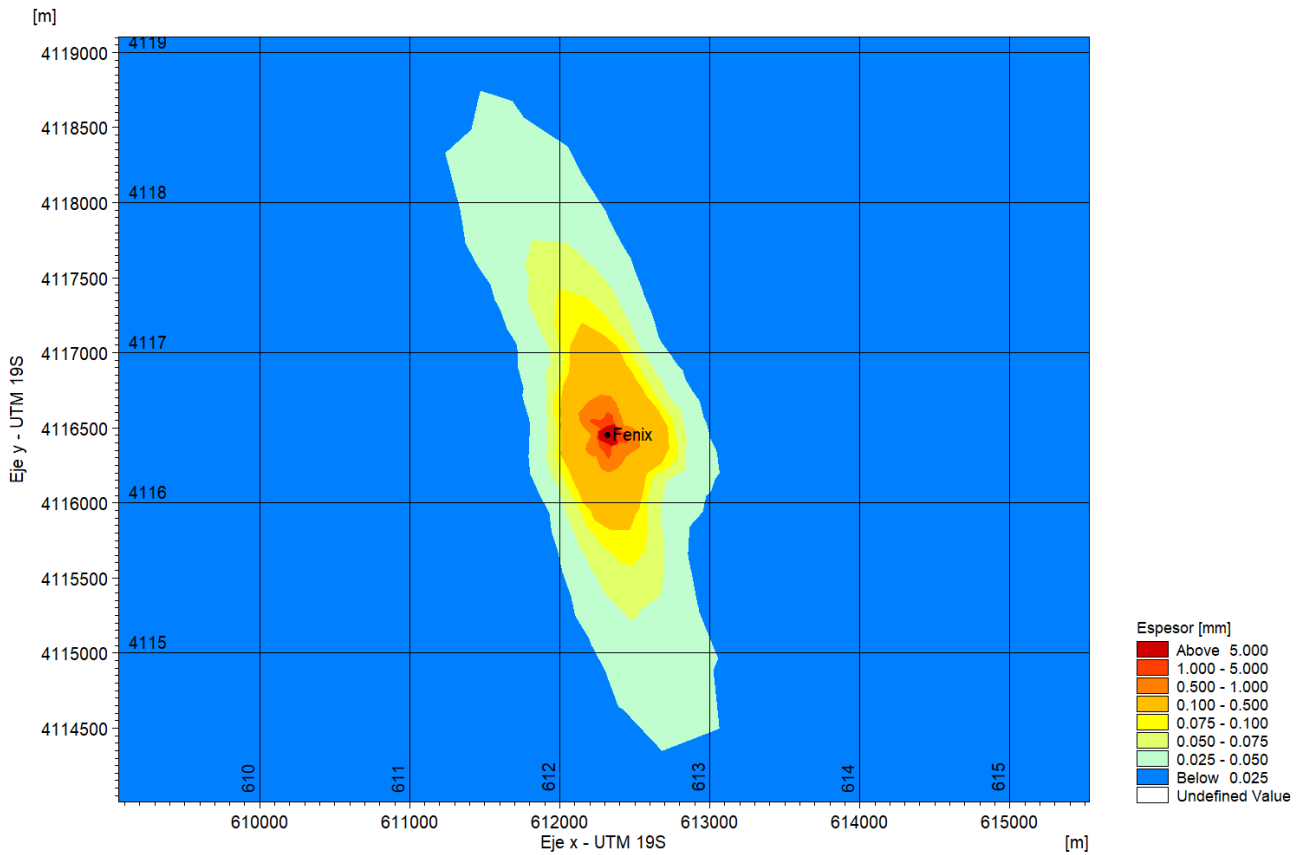


Figura 4.2.2.15 Detalles de la distribución y los espesores de los recortes depositados en el fondo para la suma de los vertidos en el pozo 1, 2 y 3, Detalles de los espesores de los recortes depositados en el fondo del mar vertidos en el pozo 1, para el año 1 (arriba) y el año 2 (abajo).



4.2.3. Vertidos de lodos de perforación (base agua)

Se ha considerado para las simulaciones del vertido de lodos de perforación (base agua) a los componentes mayoritarios de los mismos. Estos han sido considerados como trazadores para realizar las modelaciones numéricas asociados a cada una de las fases en las que éstos serán desechados al mar.

La Figura 4.2.3.1 representa la taza de vertido de Bentonita, Baritina y CaCO₃ asociados a los pozos a perforar. La Tabla 4.2.3.1 presenta las características de las partículas vertidas para cada uno de los componentes mayoritarios.

Figura 4.2.3.1 Taza y cronología de los vertidos de Bentonita, Baritina y CaCO₃ asociados a la perforación.

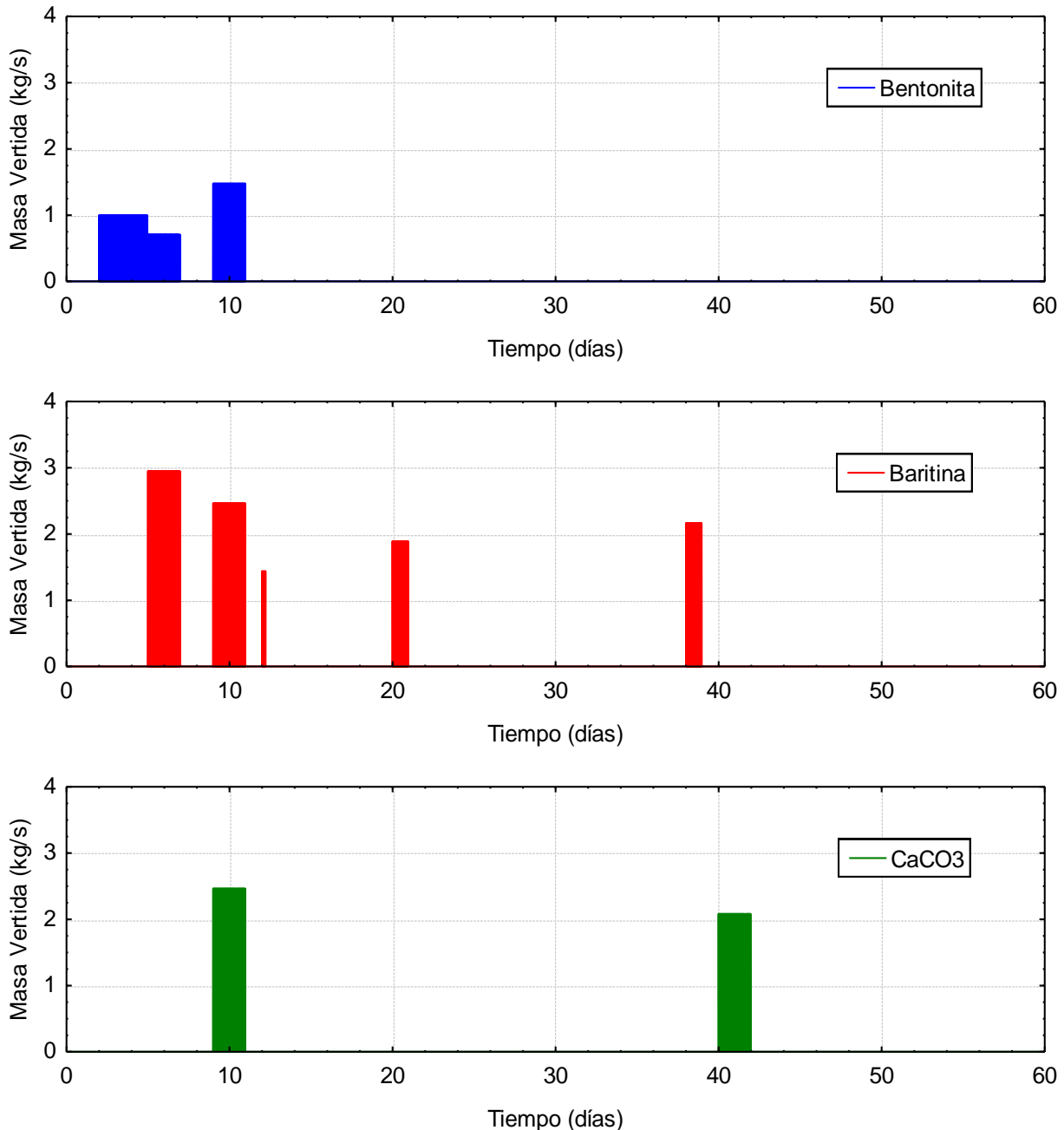


Tabla 4.2.3.1 Características de los componentes mayoritarios de los lodos de perforación (base agua): Bentonita, Baritina y CaCO₃.

Componente Mayoritario	D50 (mm)	Densidad (kg/m ³)	Número de Shields (-)	Velocidad de Caída (m/s)	Tensión de corte
Bentonita	0.004	2300	0.626	7.6×10^{-6}	0.070
Baritina	0.020	4200	0.051	4.7×10^{-4}	0.131
CaCO ₃	0.050	2700	0.043	1.6×10^{-3}	0.093

Fase 1 y 2 (Vertido de Bentonita)

Las Figuras 4.2.3.2 y 4.2.3.3 presentan las variaciones de las concentraciones máximas de Bentonita con el tiempo, para los días del vertido correspondiente a la Fases 1 y 2 de la perforación.

Para la Fase 1 el vertido de Bentonita se realiza en una capa cercana al fondo del mar. Las concentraciones máximas de Bentonita para todas las simulaciones son de 13 mg/l. El campo de corrientes variable en tiempo y espacio, principalmente asociado a las mareas dominantes en la zona, genera picos de concentraciones de Bentonita, como ilustran las estas figuras.

Para la Fase 2 el vertido de Bentonita se realiza en la superficie del mar. Las concentraciones máximas de Bentonita alcanzan los 19 mg/l en una capa superficial de 10 m de espesor. El campo de corrientes variable en tiempo y espacio, principalmente asociado a las mareas dominantes en la zona, genera picos de concentraciones de Bentonita. Para esta fase las concentraciones máximas se mantienen por debajo de los 25 mg/l.

Para ambas fases de la perforación, los vertidos puntuales e intermitentes generan plumas de sedimentos con concentraciones superiores a 1 mg/l cubriendo superficies de 1 ha aproximadamente. Estas concentraciones superiores a 1 mg/l ocurren en torno a la fuente (Fenix) se diluyen rápidamente, no se sostienen por más de media hora.

Los espesores generados por las máximas acumulaciones de Bentonita en el fondo están muy por debajo del 1 mm.

Fase 1, 2, 3 y 4 (Vertido de Baritina)

En la Figura 4.2.3.5 y 4.2.3.6 se presentan las variaciones de las concentraciones máximas de Baritina con el tiempo, para los días del vertido correspondiente a la Fases 1, 2, 3 y 4 de la perforación.

Para la Fase 1, el vertido de Baritina se realiza en una capa cercana al fondo del mar. Las concentraciones máximas de Baritina alcanzan los 40 mg/l en una capa profunda de unos 10 m de espesor. El campo de corrientes variable en tiempo y espacio, principalmente asociado a las mareas dominantes en la zona, genera picos de concentraciones de Baritina. Las concentraciones máximas caen por debajo de los 25 mg/l varias veces en los días considerados, como puede verse en las Figuras 4.2.3.5 y 4.2.3.6. En ningún caso las concentraciones máximas por sobre los 25 mg/l se sostienen por más de 1 h.

Para la Fase 2, el vertido de Baritina se realiza en la superficie del mar. Las concentraciones máximas alcanzan 41 mg/l asociados a una capa de unos 10 m de espesor, cercana a la superficie del mar. Este máximo se encuentra asociado al retorno de la lechada prevista para esta fase. El campo de corrientes variable en tiempo y espacio, principalmente asociado a las mareas dominantes en la zona, genera picos de concentraciones de Baritina. Las concentraciones máximas caen por debajo de los 25 mg/l varias veces por día, como puede verse en las Figuras 4.2.3.5 y 4.2.3.6. En ningún caso las concentraciones máximas por sobre los 25 mg/l se sostienen por más de 1 h.

Las concentraciones máximas de Baritina son de 100 mg/l y ocurren durante los vertidos en las Fases 3 y 4. Esto valores caen por debajo de los 25 mg/l 1 h después de iniciado el vertido. Esto resultados se presentan en las Figuras 4.2.3.5 y 4.2.3.6.

La acumulación de Baritina en el fondo del mar es pobre, como se observa en la Figura 4.2.3.7, se observa que, por las características de estas partículas tan finas, entre el 60 y 80 % de la masa vertida (variable dependiendo de las condiciones hidrodinámicas y el pozo perforado) permanece en suspensión o escapa del dominio de modelación con concentraciones despreciables. Potencialmente se espera que estas partículas se depositen en algún sitio fuera del dominio considerado generando acumulaciones sin significancia.

Para las 4 fases de la perforación, los vertidos puntuales e intermitentes generan plumas de sedimentos con concentraciones superiores a 1 mg/l cubriendo superficies de 15 ha aproximadamente. Estas concentraciones superiores a 1 mg/l ocurren en torno a la fuente (Fenix) y se diluyen rápidamente (no se sostienen por más de 1 hora).

La acumulación de Baritina en el fondo del mar es pobre, los espesores generados por las máximas acumulaciones en el fondo están muy por debajo de 1 mm.

Fases 2 y 5 (Vertido de CaCO₃)

En las Figuras 4.2.3.8 y 4.2.3.9 se presentan las variaciones de las concentraciones máximas de CaCO₃ con el tiempo, para los distintos períodos en los que se realizan vertidos durante las perforaciones en las Fases 2 y 5.

Las concentraciones máximas de CaCO₃ son de 33 mg/l y ocurren durante las Fases 2 y 5. Las concentraciones máximas caen por debajo de los 25 mg/l varias veces por día. En ningún caso las concentraciones máximas por sobre los 25 de mg/l se sostienen por más de media hora.

Para ambas fases de la perforación en las que se vierte CaCO₃, los vertidos puntuales e intermitentes generan plumas de sedimentos con concentraciones superiores a 1 mg/l cubriendo superficies de 1 ha aproximadamente. Estas concentraciones superiores a 1 mg/l ocurren en torno a la fuente (Fenix) y se diluyen rápidamente (no se sostienen por más de 1 hora).

La acumulación de CaCO₃ en el fondo del mar se presenta en la Figura 4.2.3.10. Se observa que, por las características de estas partículas, una importante cantidad de la masa vertida (entre el 40 y 75 %, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas y del pozo perforado) permanece en suspensión o escapa del dominio de modelación con concentraciones despreciables. Potencialmente se espera que estas partículas se depositen en algún sitio fuera del dominio considerado generando acumulaciones sin significancia.

La acumulación de CaCO₃ en el fondo del mar es pobre, los espesores generados por las máximas acumulaciones en el fondo están muy por debajo de 1 mm.

Figura 4.2.3.2 Vertido de Bentonita. Concentraciones máximas en función del tiempo para el vertido durante las Fases 1 y 2, para el año 1, pozo 1 (arriba), pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo).

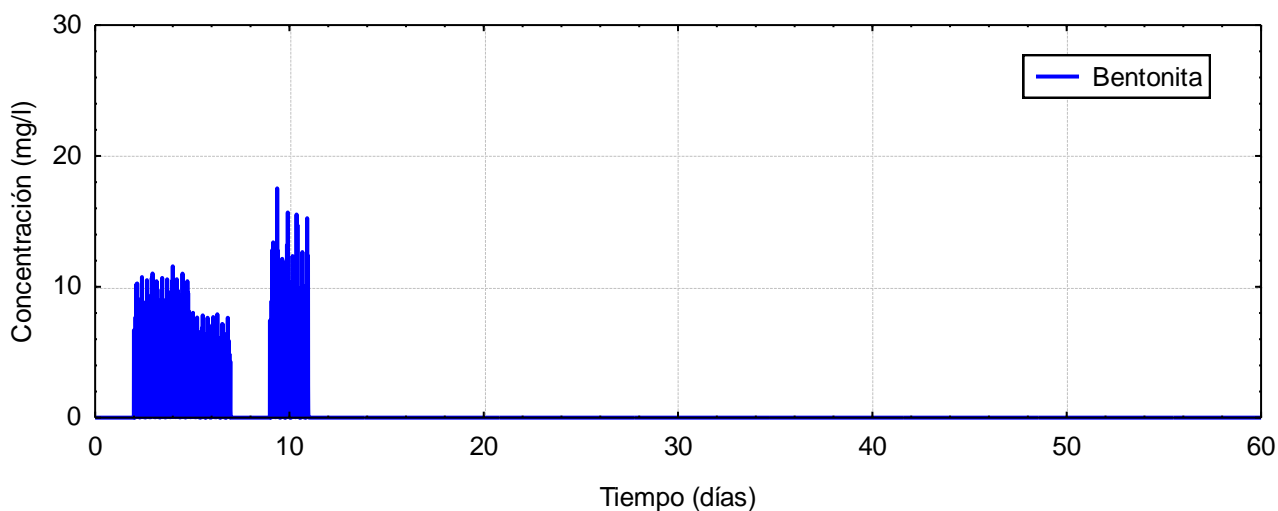
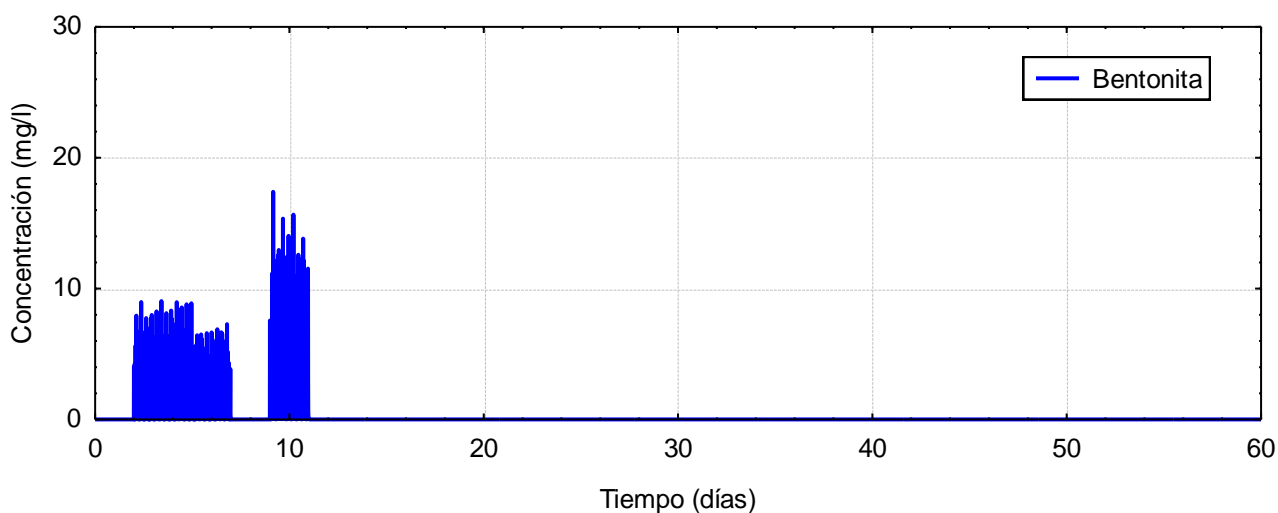
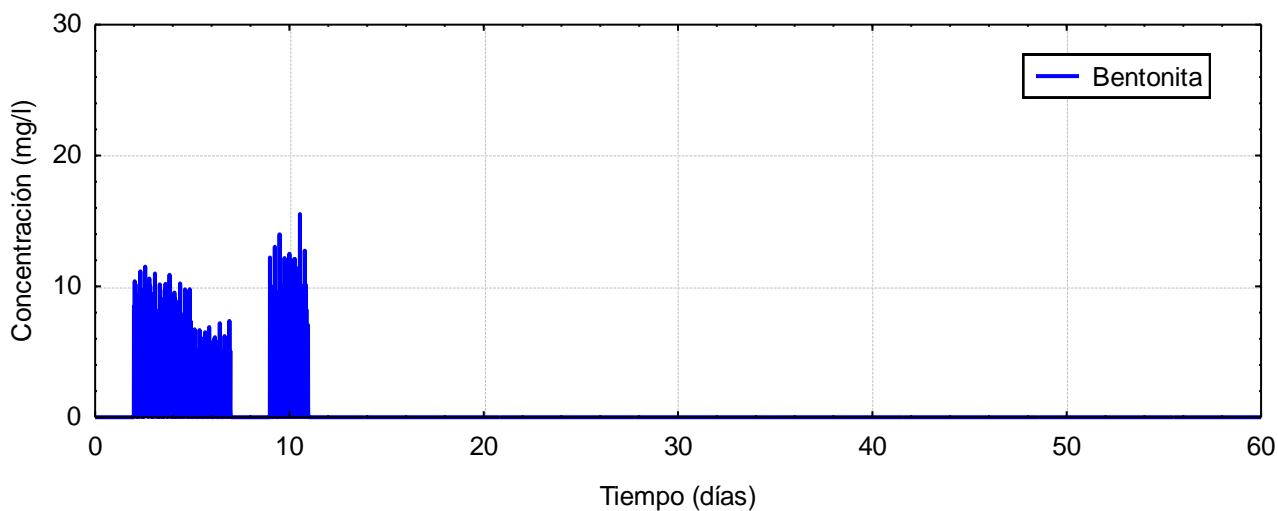


Figura 4.2.3.3 Vertido de Bentonita. Concentraciones máximas en función del tiempo para el vertido durante las Fases 1 y 2, para el año 2, pozo 1 (arriba), pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo).

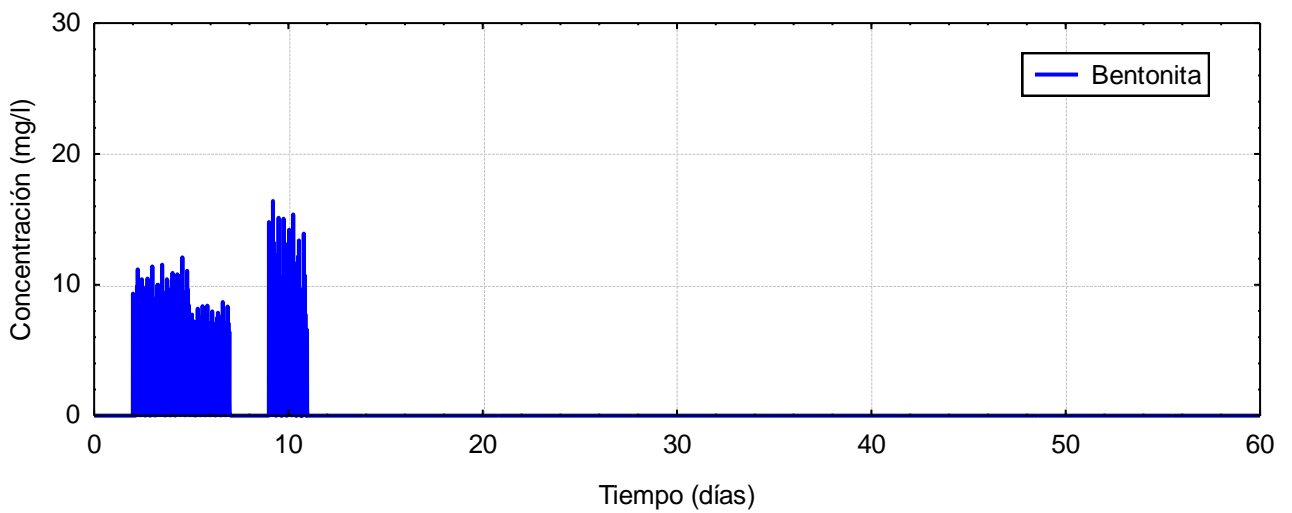
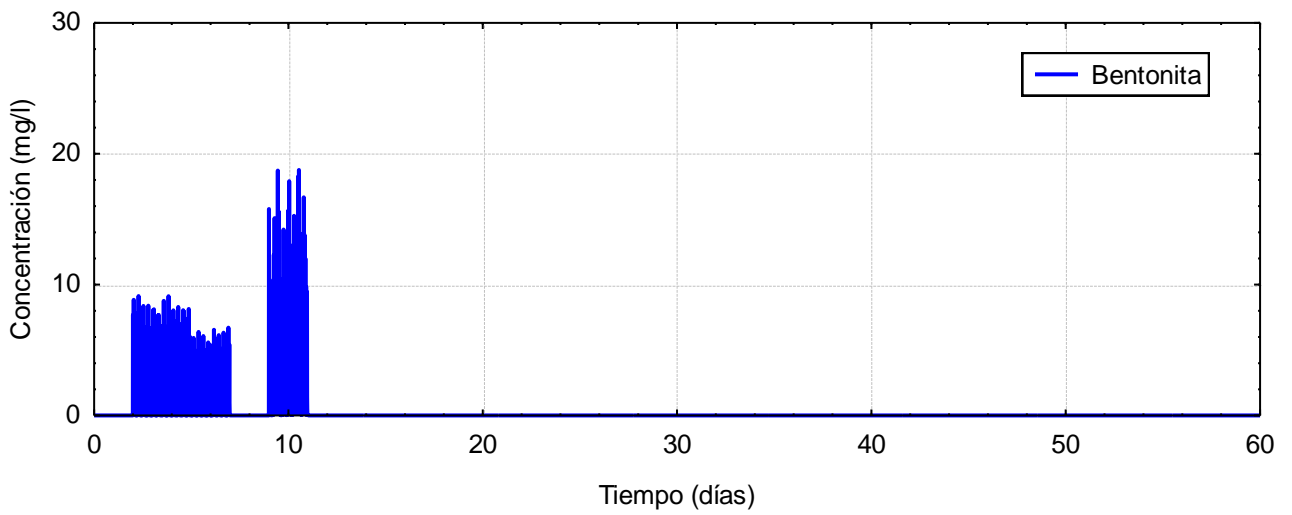
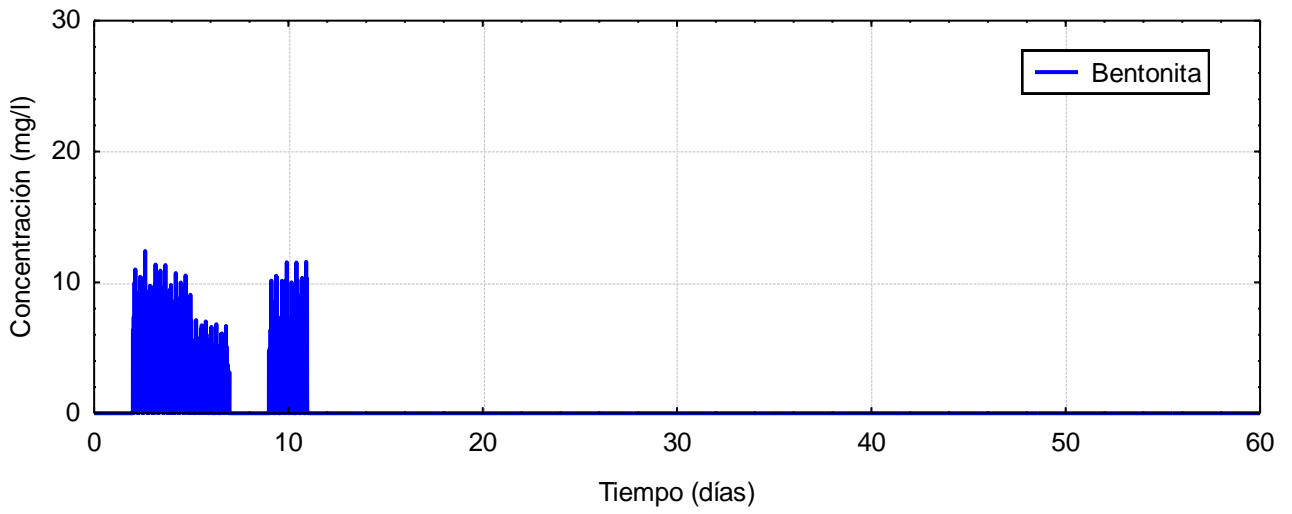


Figura 4.2.3.4 Vertido de Bentonita. Masa de lodo vertida y acumulada en el fondo. Para los 3 pozos y el año 1 (arriba) y para el año 2 (abajo). La masa acumulada vertida está referida al eje vertical de la izquierda y la depositada en el fondo al eje vertical de la derecha.

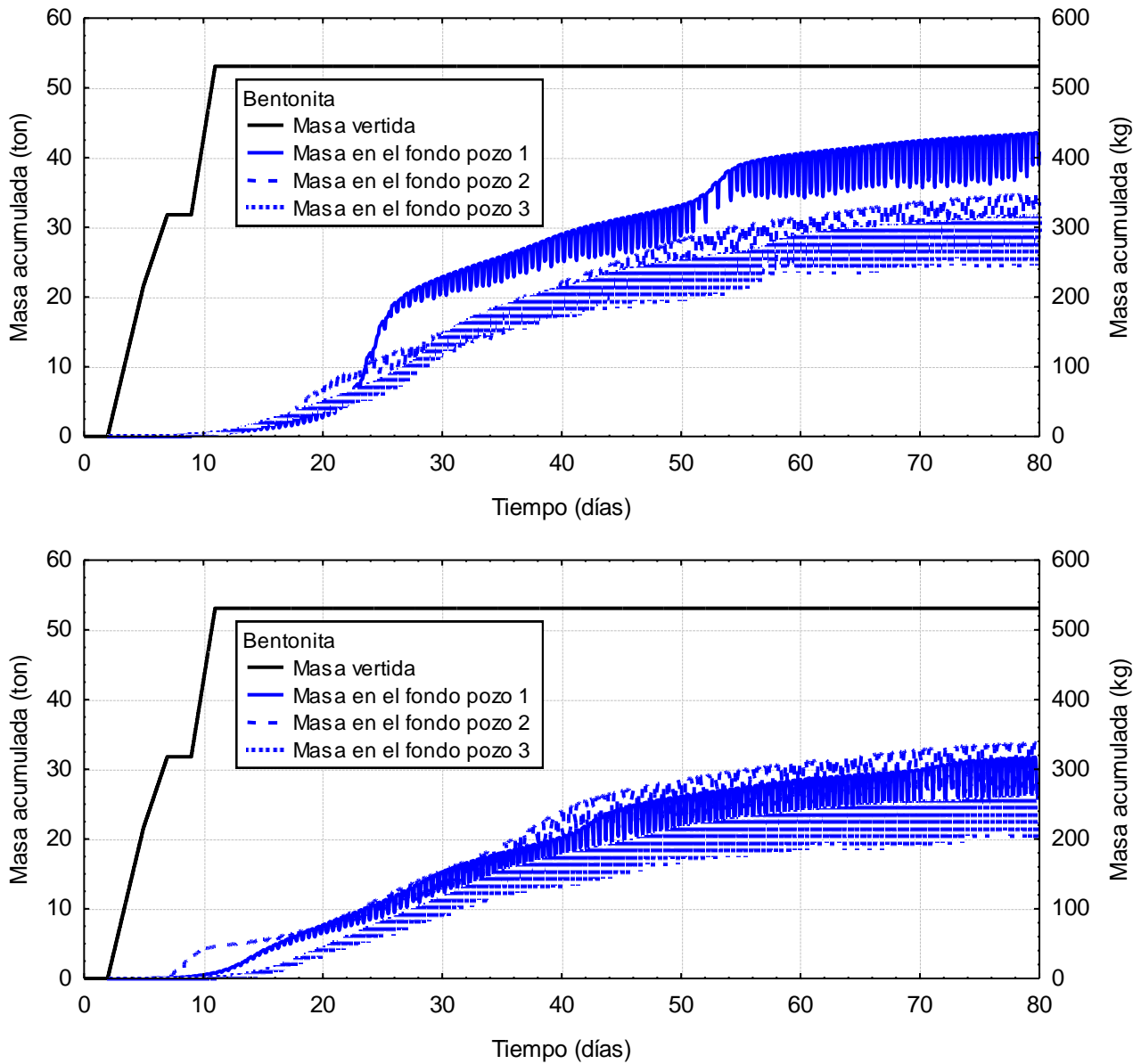


Figura 4.2.3.5 Vertido de Baritina. Concentraciones máximas en función del tiempo para el vertido durante las Fases 1, 2, 3 y 4 para el año 1, pozo 1 (arriba), pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo).

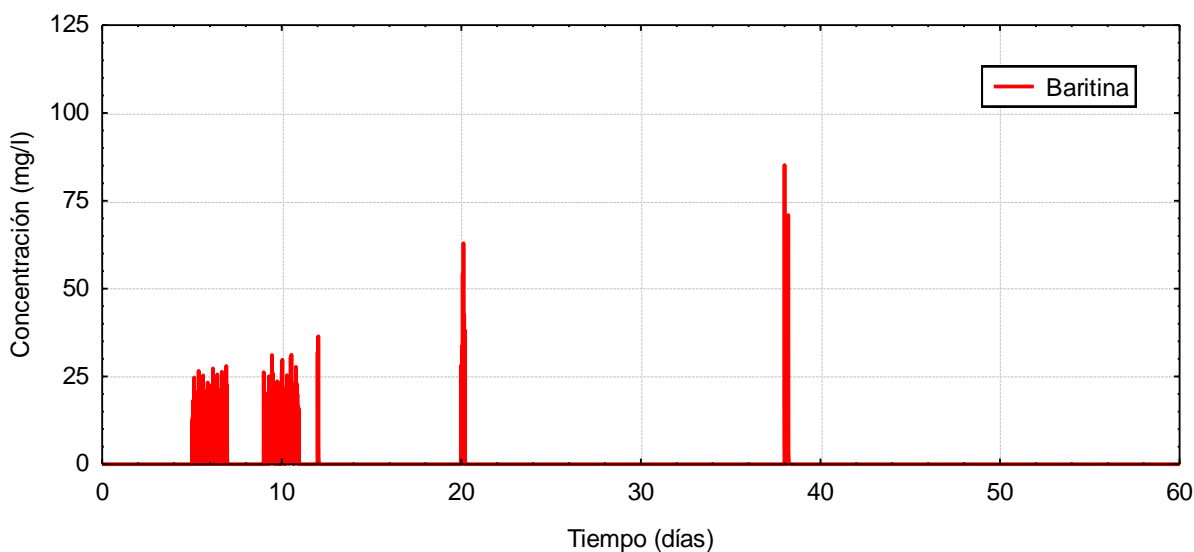
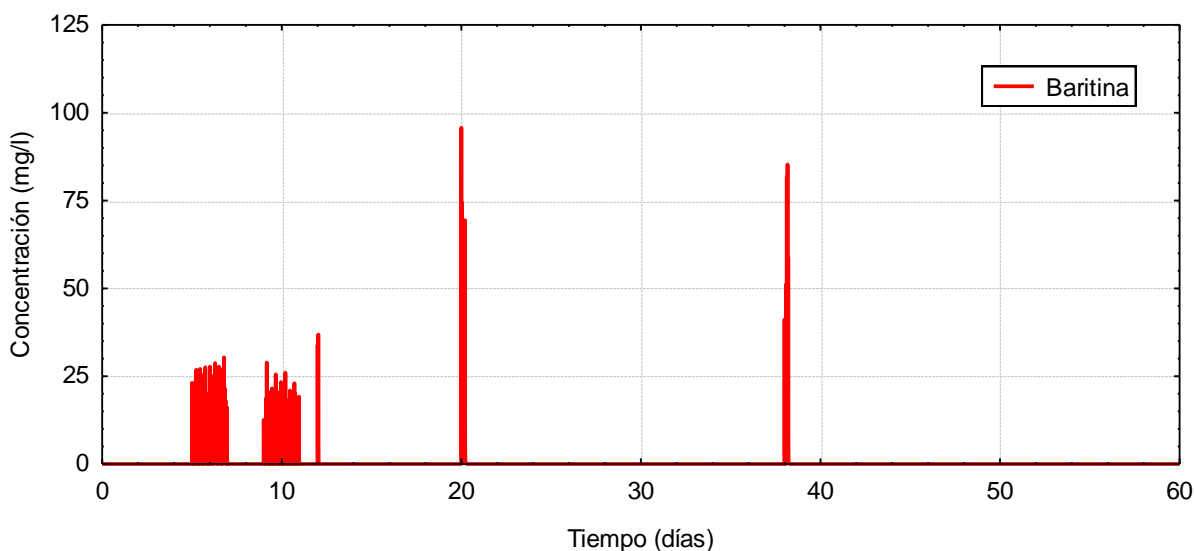
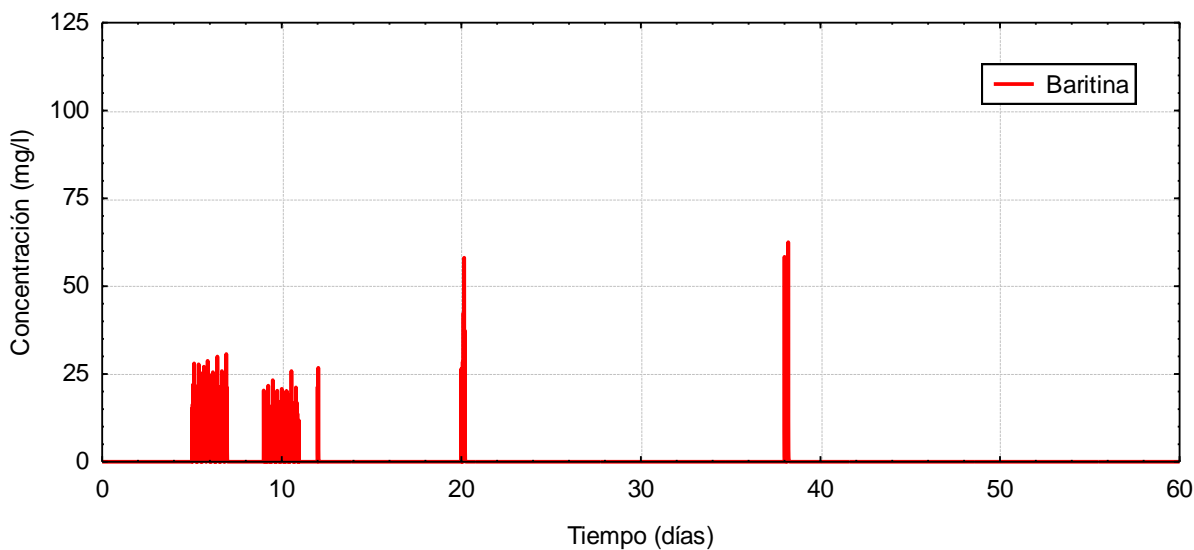


Figura 4.2.3.6 Vertido de Baritina. Concentraciones máximas en función del tiempo para el vertido durante las Fases 1, 2, 3 y 4 para el año 2, pozo 1 (arriba), pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo).

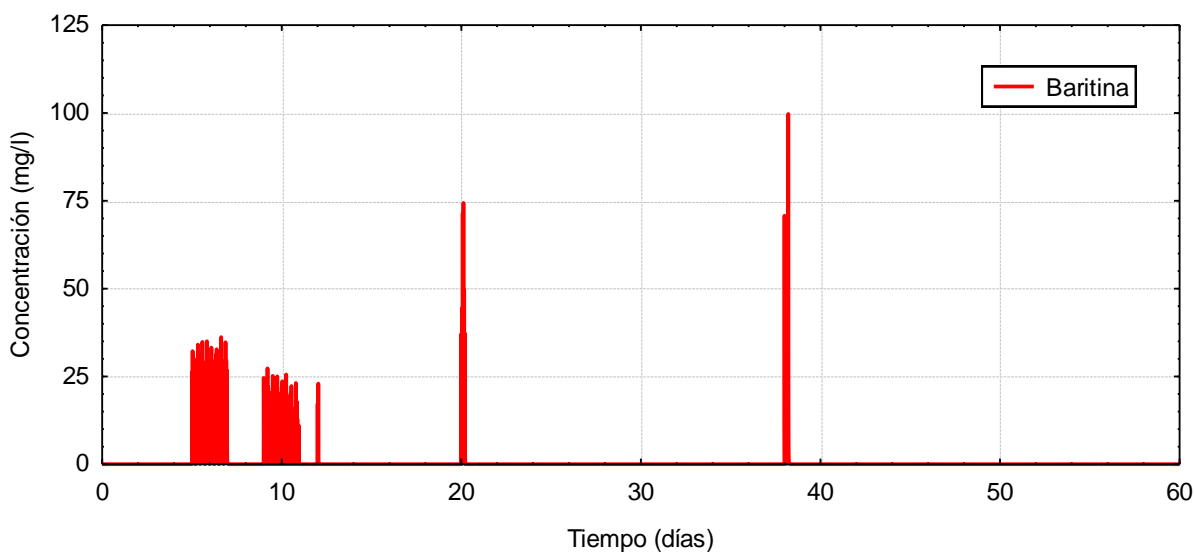
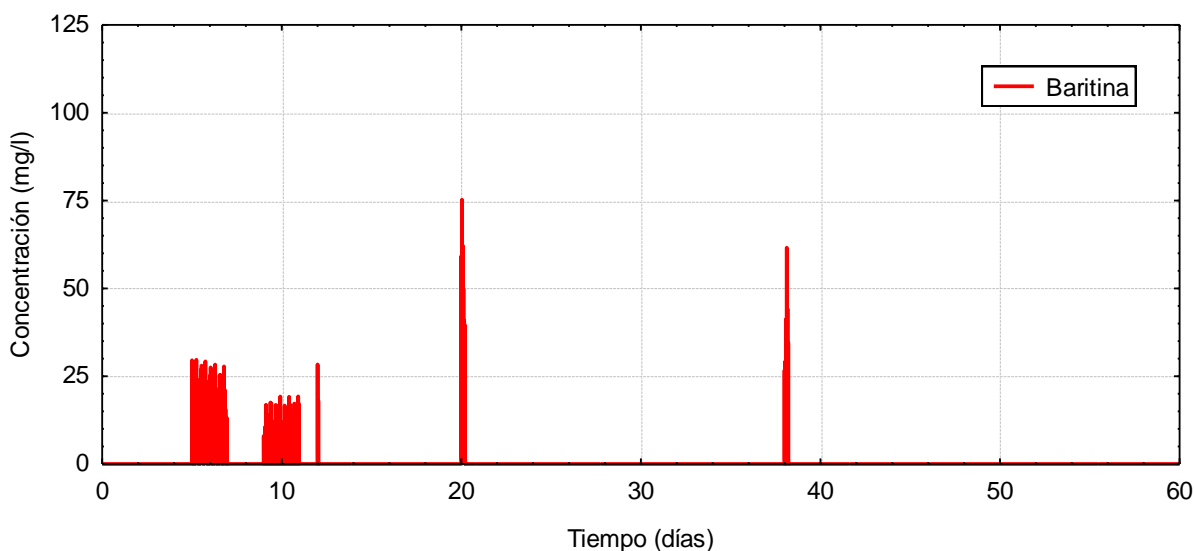
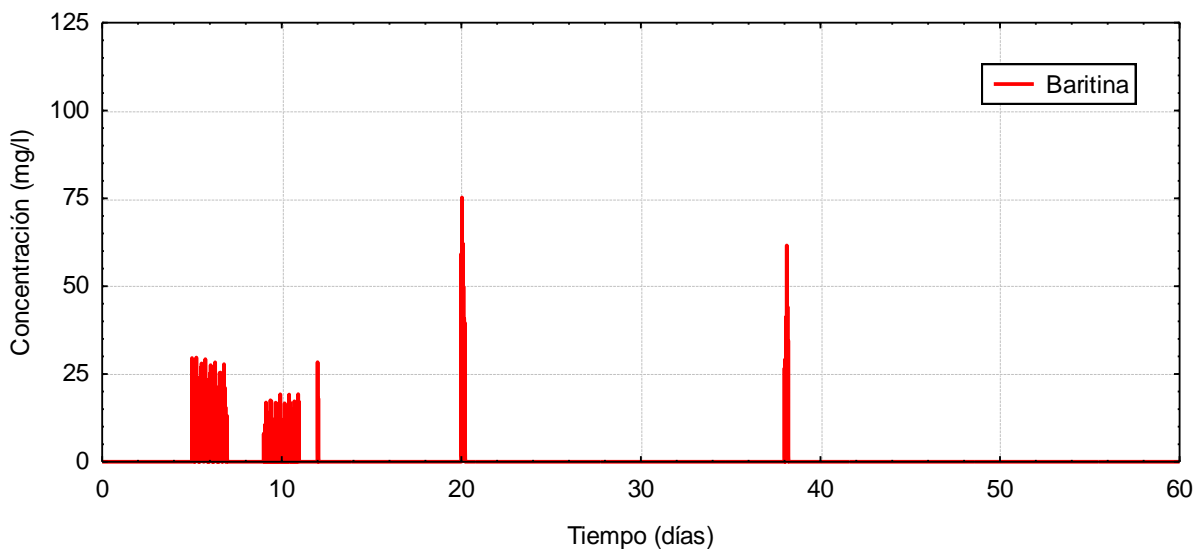


Figura 4.2.3.7 Vertido de Baritina. Masa de lodo vertida y acumulada en el fondo. Año 1 para los 3 pozos (arriba) y Año 2 para los 3 pozos (abajo).

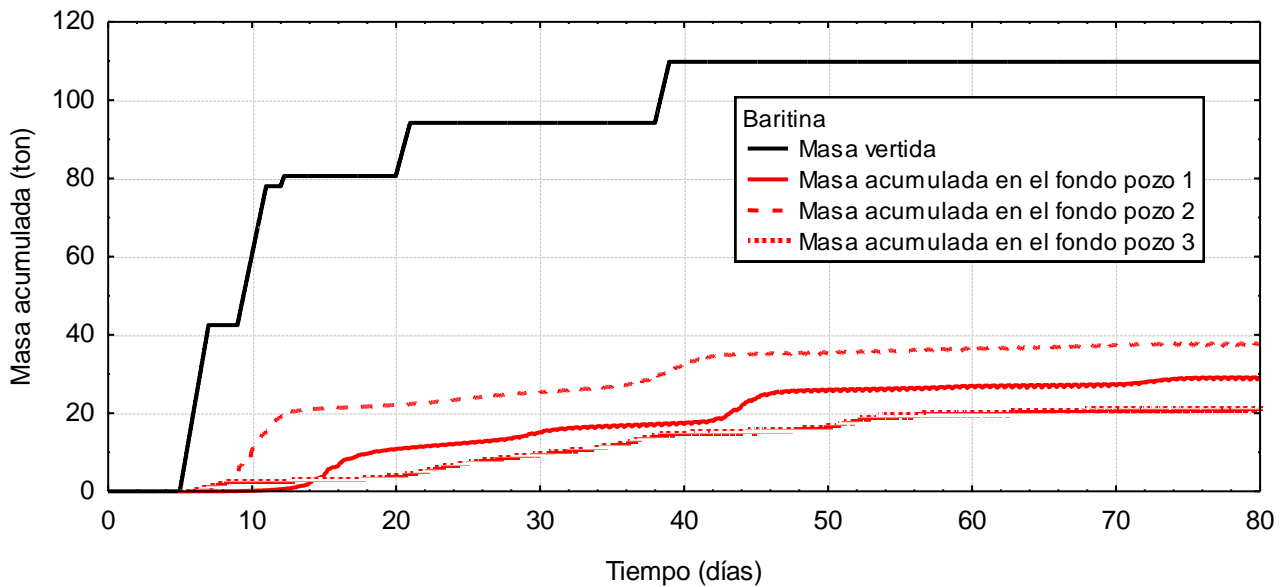
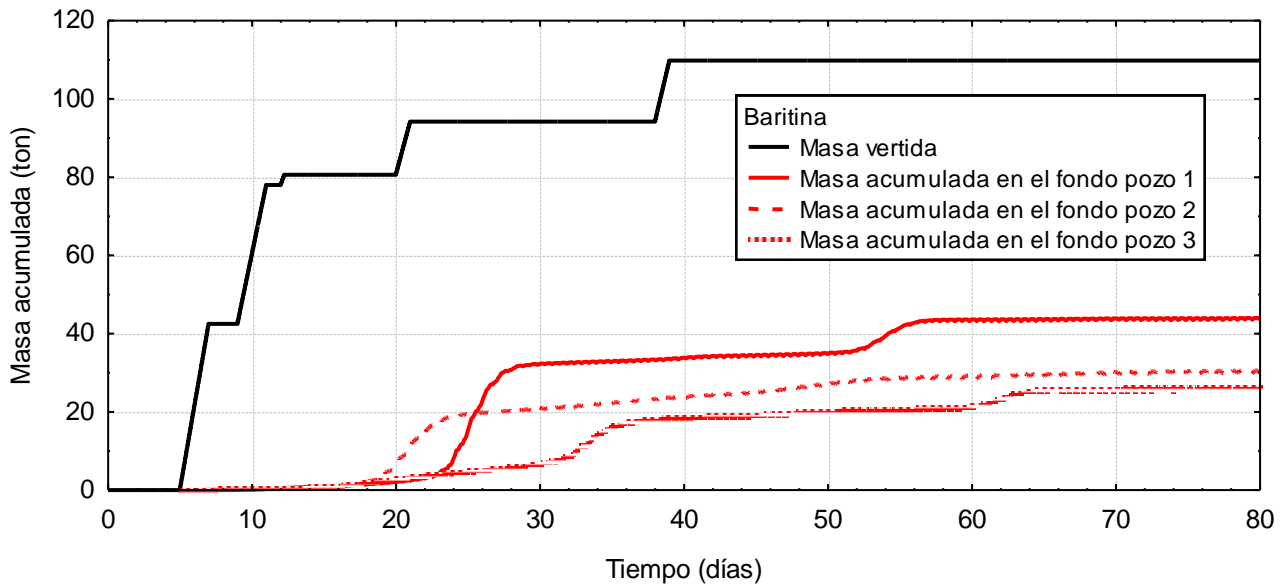


Figura 4.2.3.8 Vertido de CaCO₃. Concentraciones máximas en función del tiempo para el vertido durante la Fase 2 y 5

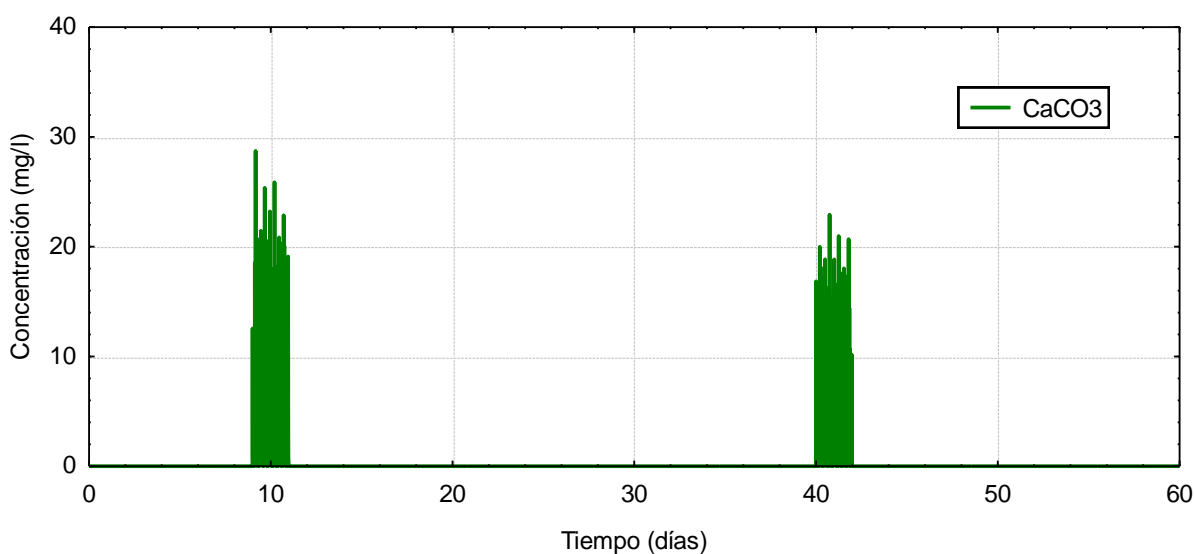
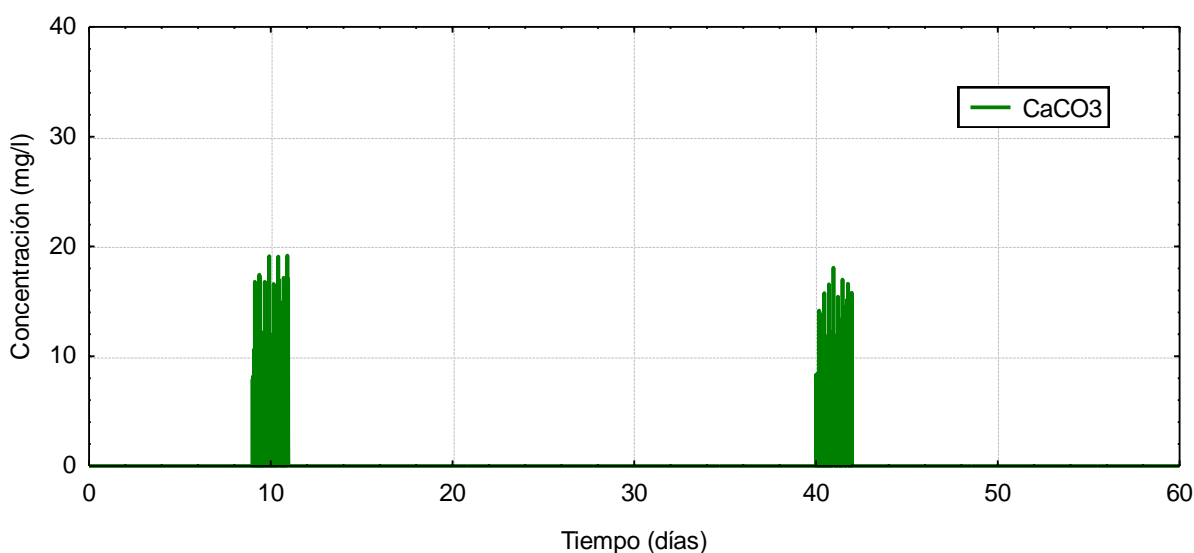
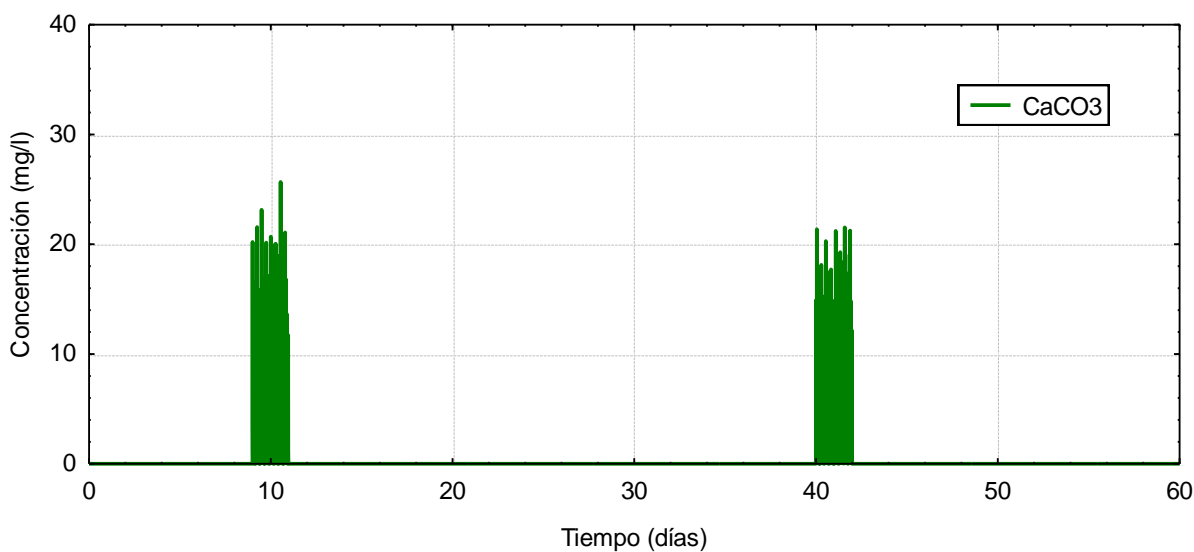


Figura 4.2.3.9 Vertido de CaCO₃. Concentraciones máximas en función del tiempo para el vertido durante la Fase 2 y 5

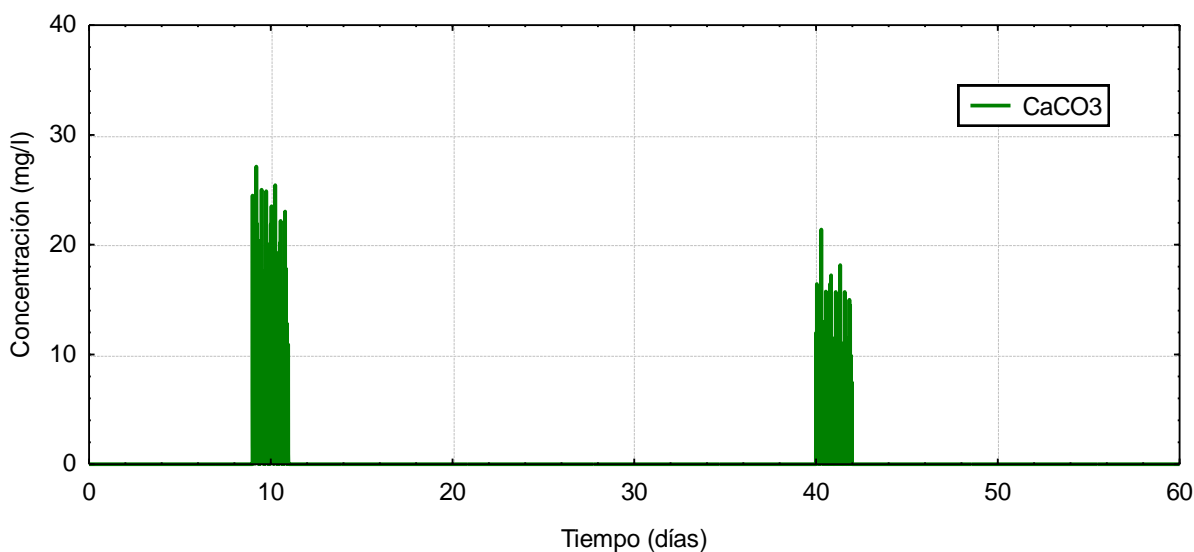
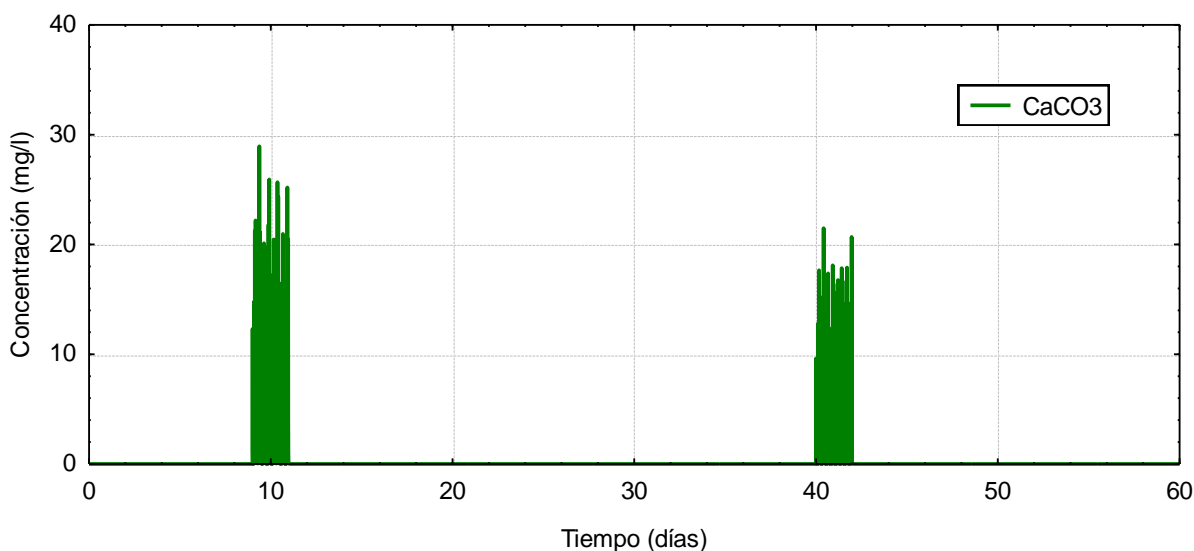
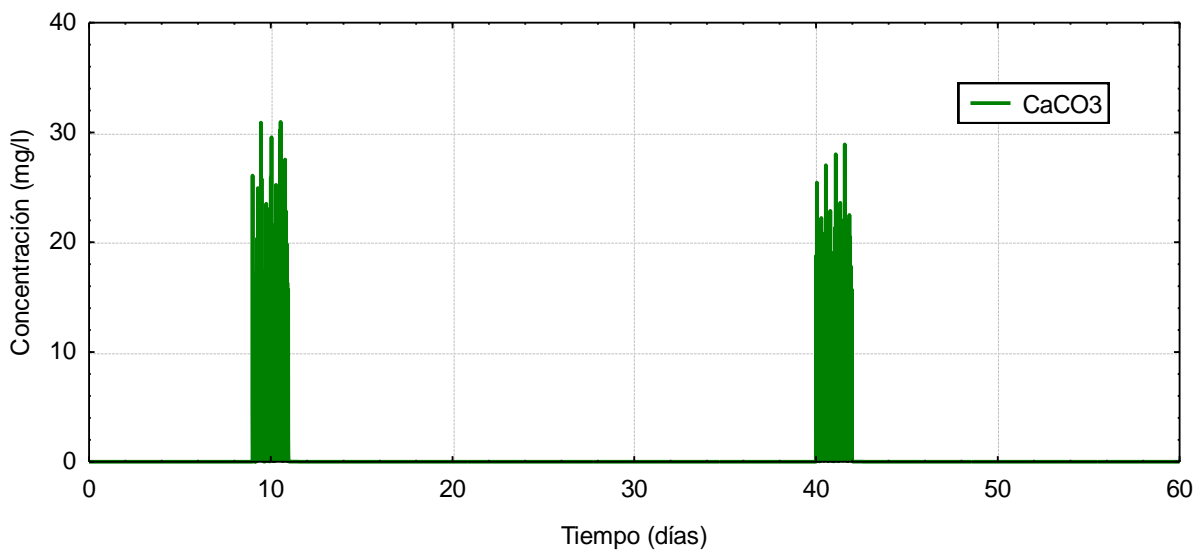
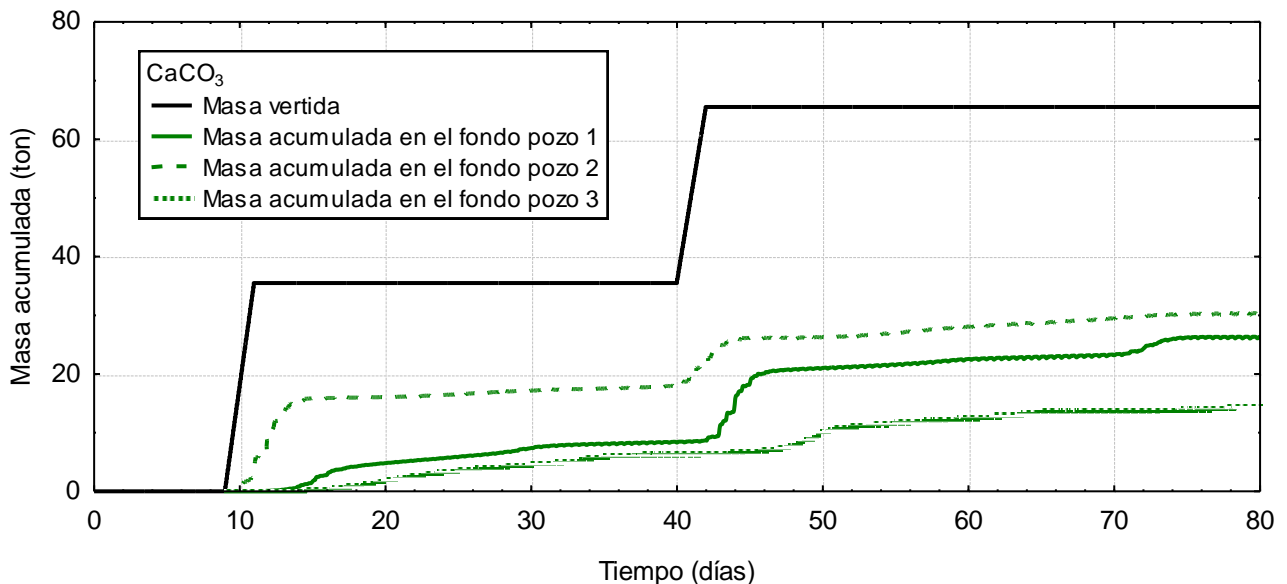
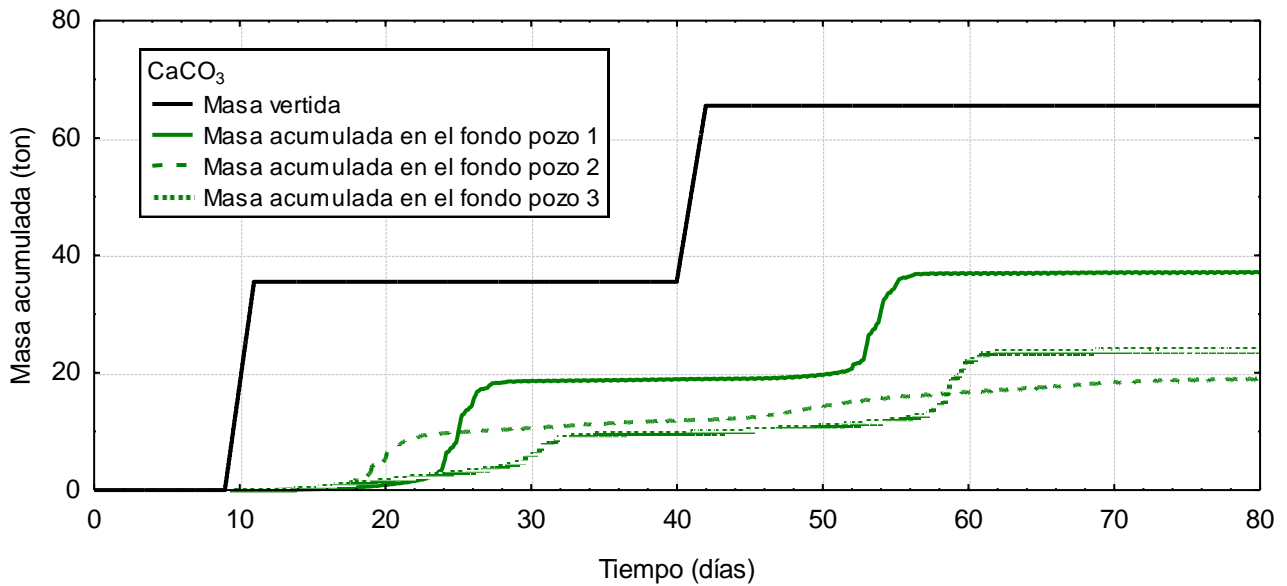


Figura 4.2.3.10 Vertido de CaCO₃. Masa de lodo vertida y acumulada en el fondo. Año 1 para los 3 pozos (arriba) y año 2 para los 3 pozos (abajo).



Fases 1, 2, 3, 4 y 5 (Vertido de Lodos)

A continuación, se presenta resultados de la simulaciones de los vertidos por compuesto y sin discriminar por estos. La Tabla 4.2.3.2 presenta los resultados de la máximas concentraciones, los volúmenes asociados a concentraciones superiores a 25 mg/l y las distancias a las que se observan los 25 mg/l.

Tabla 4.2.3.2 Concentraciones máximas, volúmenes asociados a concentraciones superiores a 25 mg/l y distancias a las que se observan los 25 mg/l, para cada compuesto simulado y para la suma de ellos.

Máxima	Año 1			Año 2		
	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3
Concentración de bentonita (mg/l)	16	17	18	12	19	16
Concentración de baritina (mg/l)	63	96	78	75	85	100
Concentración de CaCO ₃ (mg/l)	26	29	29	19	31	27
Concentración total (mg/l)	67	96	78	75	85	100
Volumen superior a 25 mg/l (m ³)	32135	52955	37859	32135	43837	43740
Distancia donde se observan 25 mg/l o superior (m)	44	127	172	44	172	146

En ninguno de los casos se observaron concentraciones superiores a 25 mg/l más allá de 172 m de la fuente. El máximo volumen ocurrido con concentraciones sumadas de los 3 componentes superiores a los 25 mg/l, es de 53000 m³. Para dar una referencia una plataforma cuadrada de 30 m de lado en un profundidad de 70 m, genera un volumen debajo de la plataforma de 63000 m³.

En la Figuras 4.2.3.11 y 4.2.3.12 se presentan la concentraciones máximas considerando el vertido de los 3 compuestos mayoritarios vertidos al mar para las diferentes fases de perforación. La máxima acumulación de los componentes mayoritarios por unidad de área ocurrida considerando las 3 perforaciones previstas por Total Austral fue de 6.7 g/m², (con un área de cobertura de 1325 m²), que genera espesores que están muy por debajo de 1 mm. La distribución espacial de los lodos en el fondo se presenta en la Figura 4.2.3.13 y 4.2.3.14. Para dar una referencia, el área ocupada con una densidad superior a 1 g/m² es de 2.25 ha. En promedio para estas 2.25 ha el modelo predice unos 2 g/m². Ejemplos de las pluma de Bentonita, Baritina y CaCO₃ pueden verse en las Figuras 4.2.3.15 a 4.2.3.17.

Figura 4.2.3.11 Concentraciones máximas considerando los 3 componentes mayoritarios de los lodos (base agua), para la operación en el pozo 1 (arriba), pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo), durante el año 1.

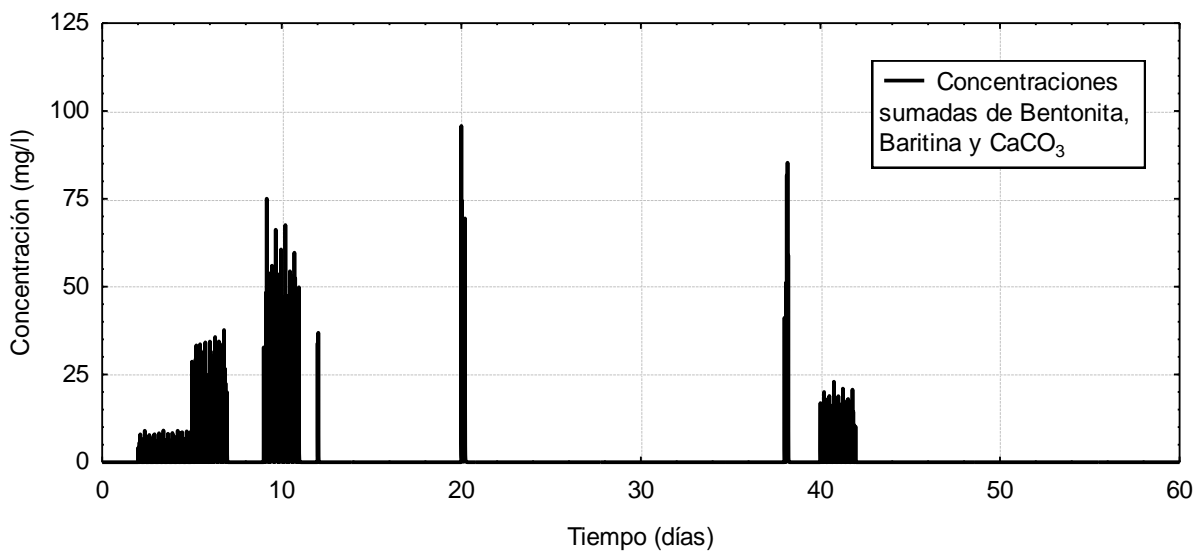
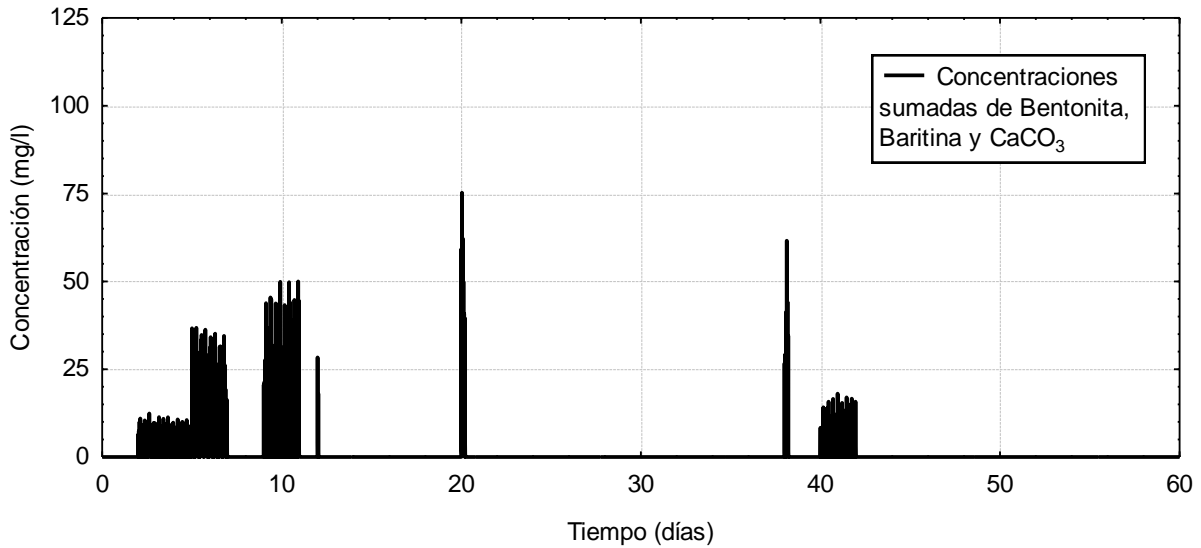
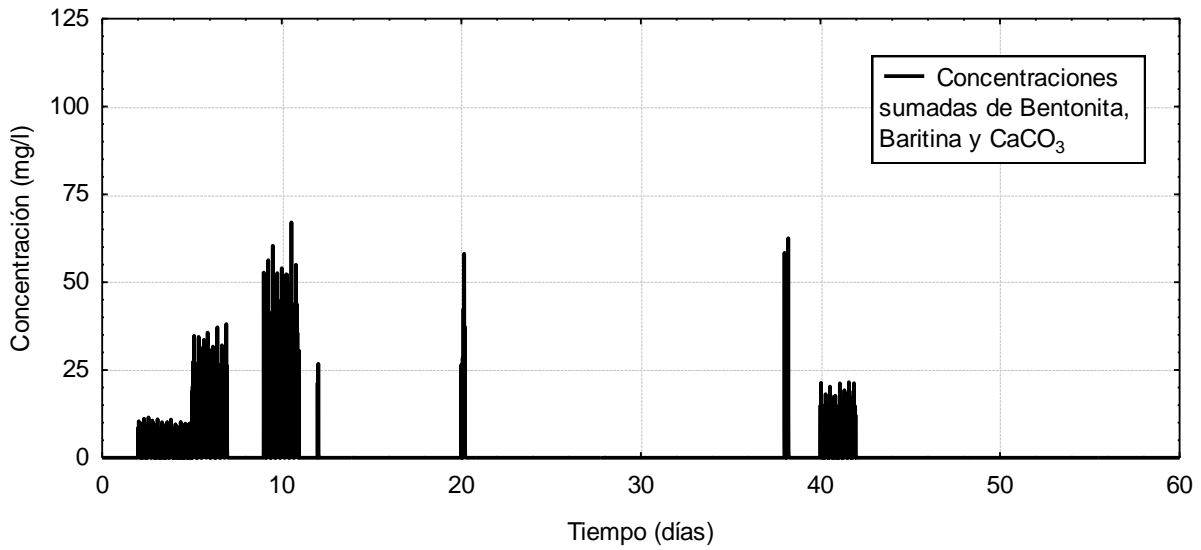


Figura 4.2.3.12 Concentraciones máximas considerando los 3 componentes mayoritarios de los lodos, para la operación en el pozo 1 (arriba), pozo 2 (medio) y pozo 3 (abajo), durante el año 2.

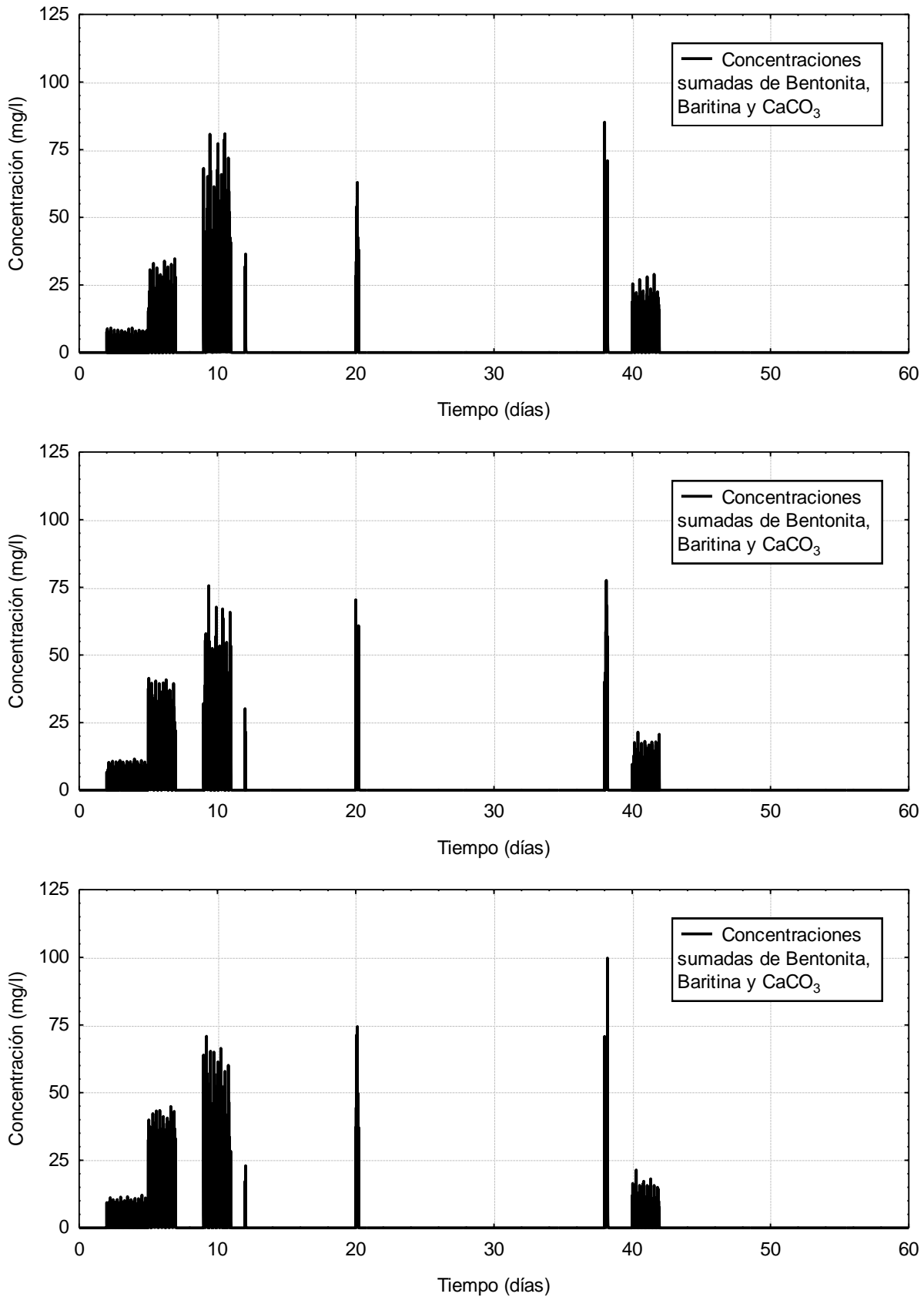


Figura 4.2.3.13 Distribución espacial de los lodos en el fondo. Resultados acumulados de las simulaciones de los vertidos de bentonita, Baritina y CaCO₃, considerando las 3 perforaciones previstas por Total Austral, para el año 1. Abajo se presenta un acercamiento en torno a Fenix. Notar que para mostrar una mejor definición gráfica las escalas de ambas figuras son diferentes.

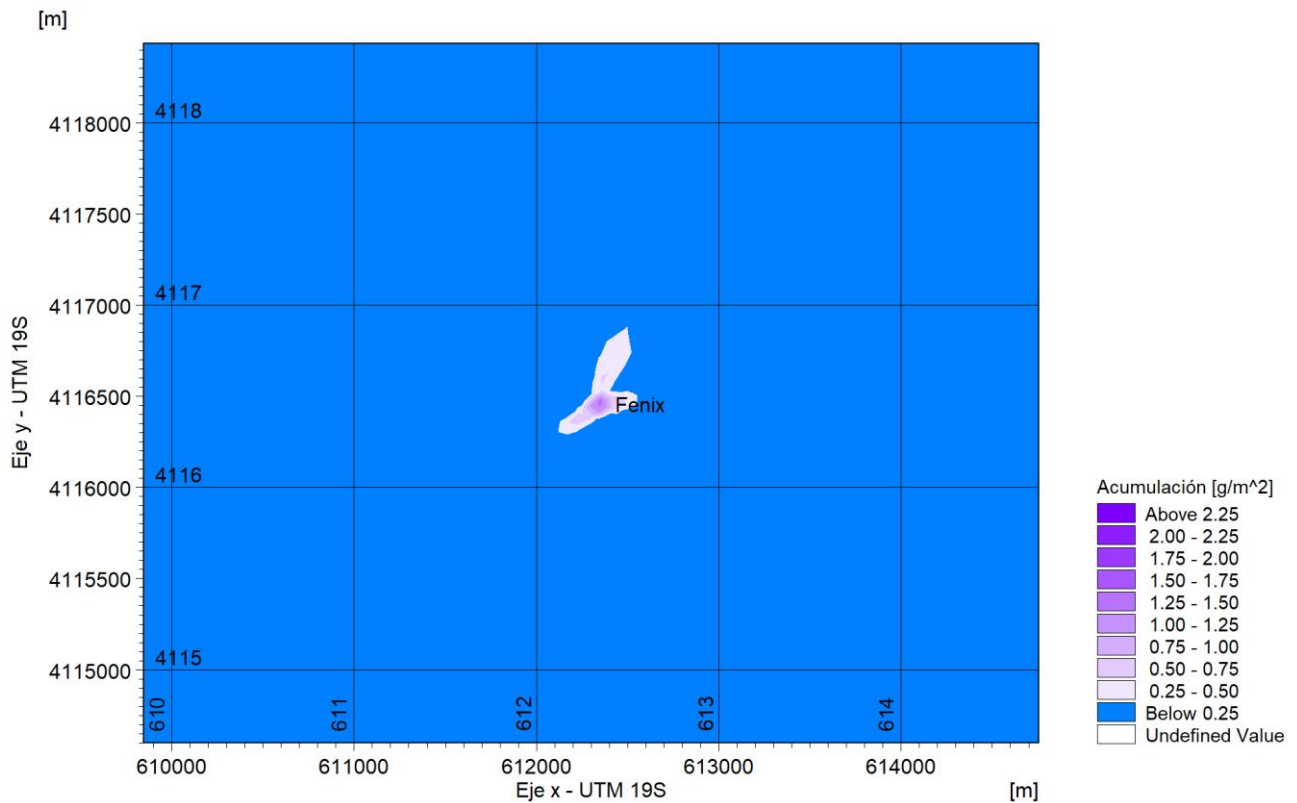
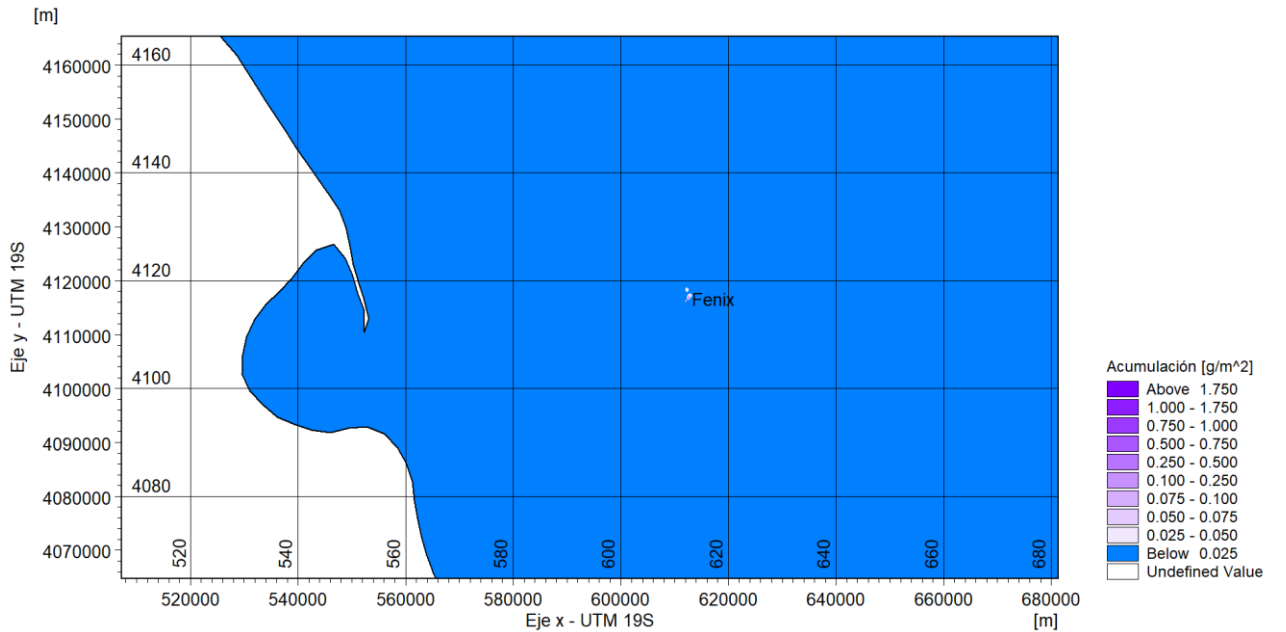


Figura 4.2.3.14 Distribución espacial de los lodos en el fondo. Resultados acumulados de las simulaciones de los vertidos de bentonita, Baritina y CaCO₃, considerando las 3 perforaciones previstas por Total Austral, para el año 2. Abajo se presenta un acercamiento en torno a Fenix. Notar que para mostrar una mejor definición gráfica las escalas de ambas figuras son diferentes.

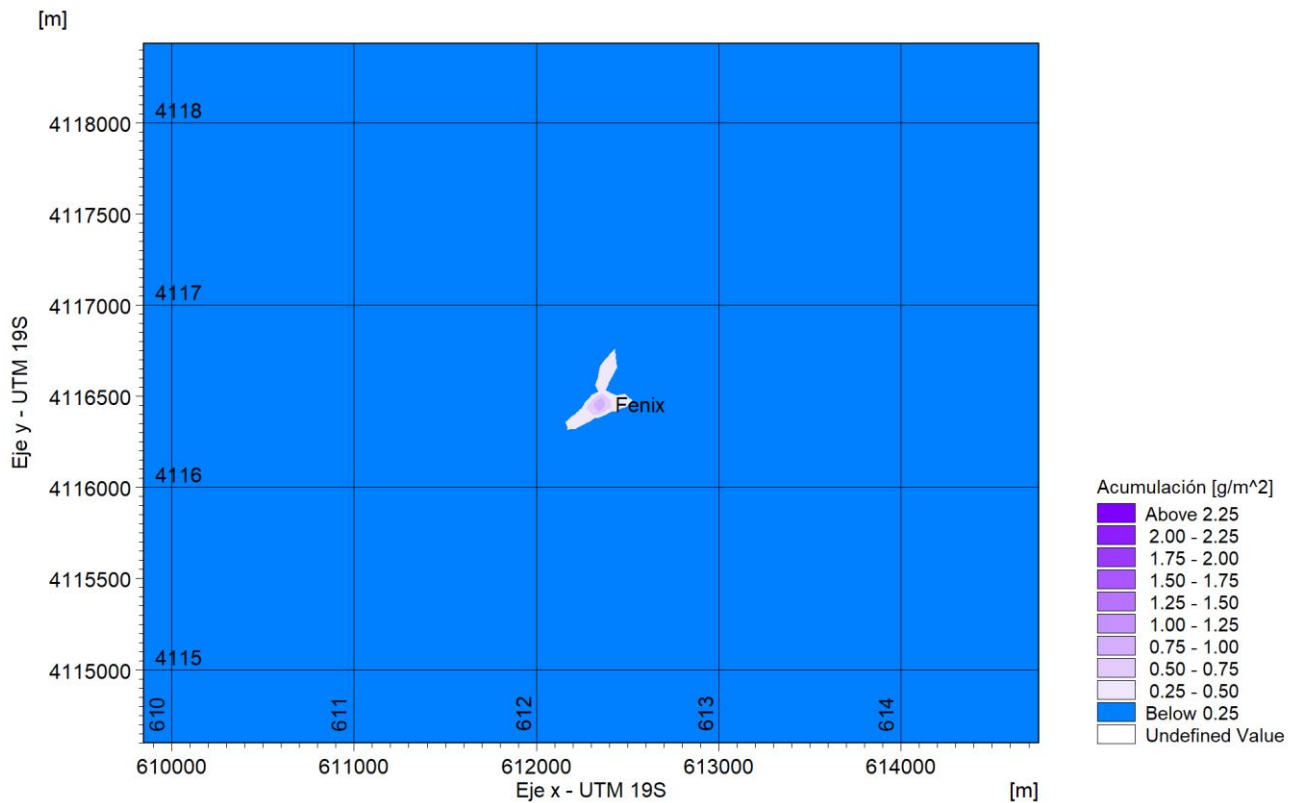
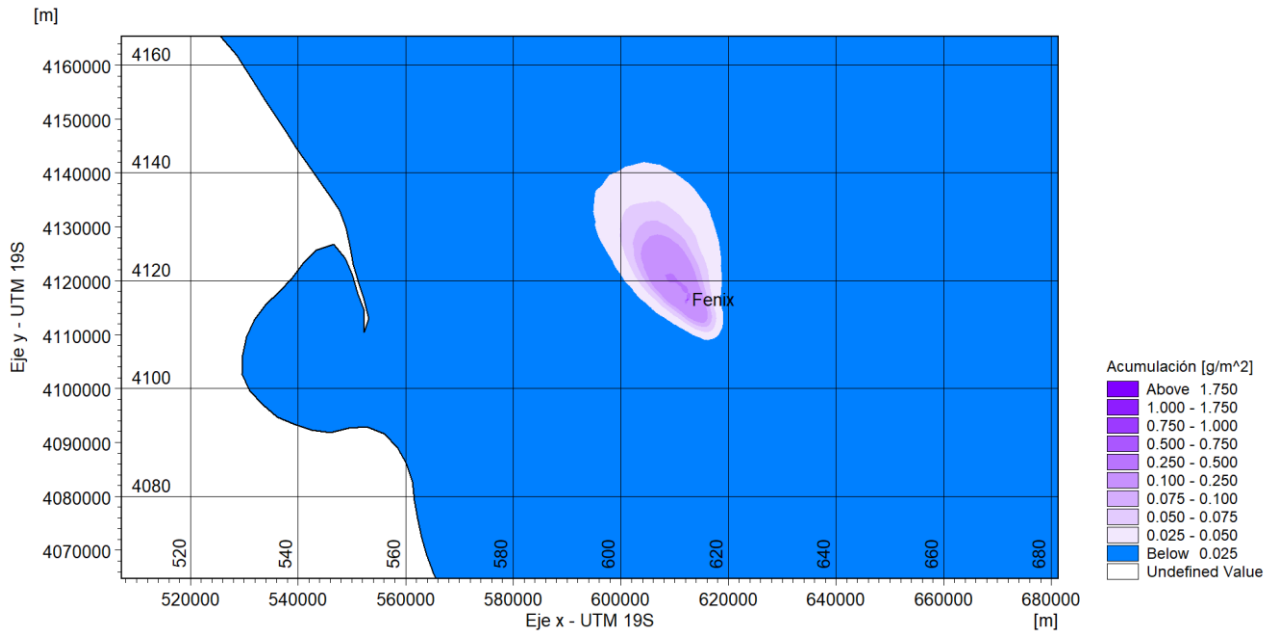


Figura 4.2.3.15 Ejemplo de la pluma de concentraciones durante el vertido de Bentonita.

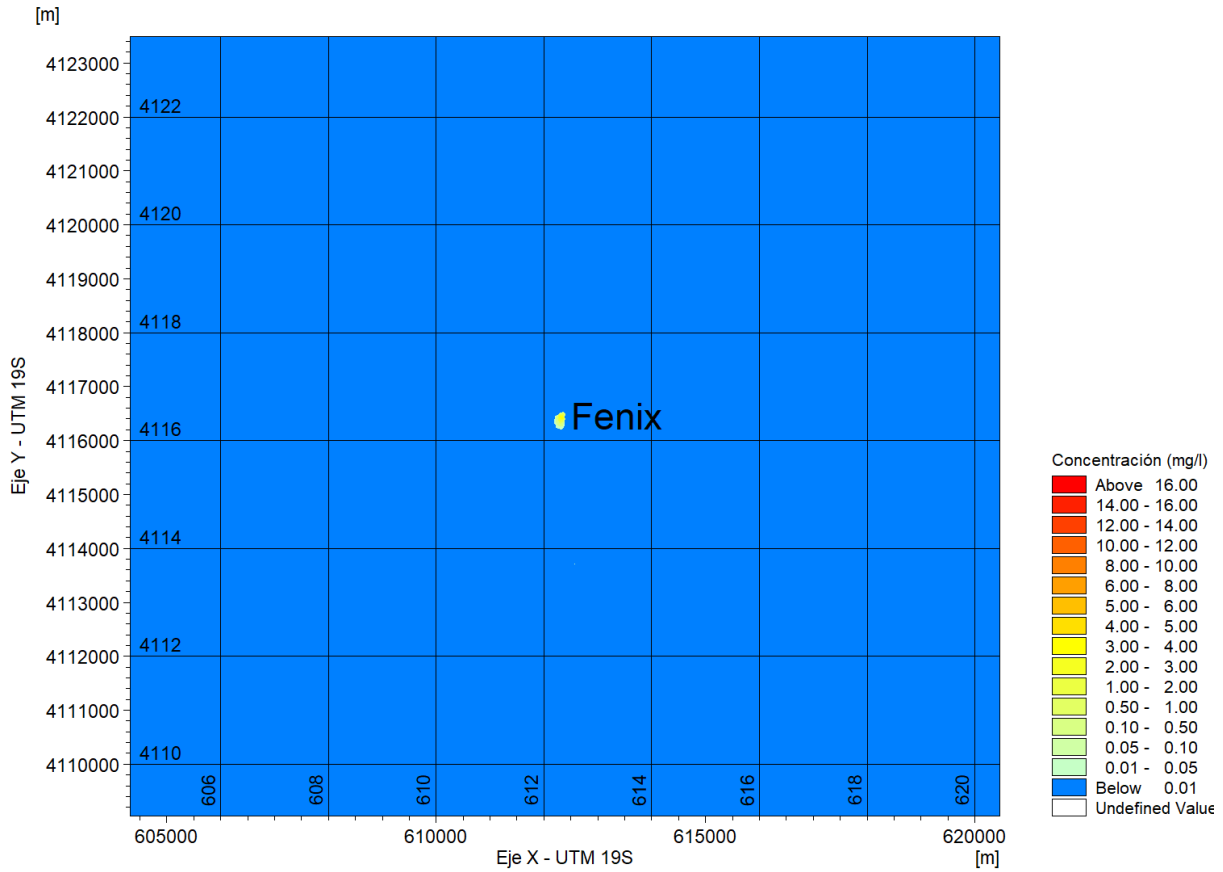


Figura 4.2.3.16 Ejemplo de la pluma de concentraciones durante el vertido de Baritina.

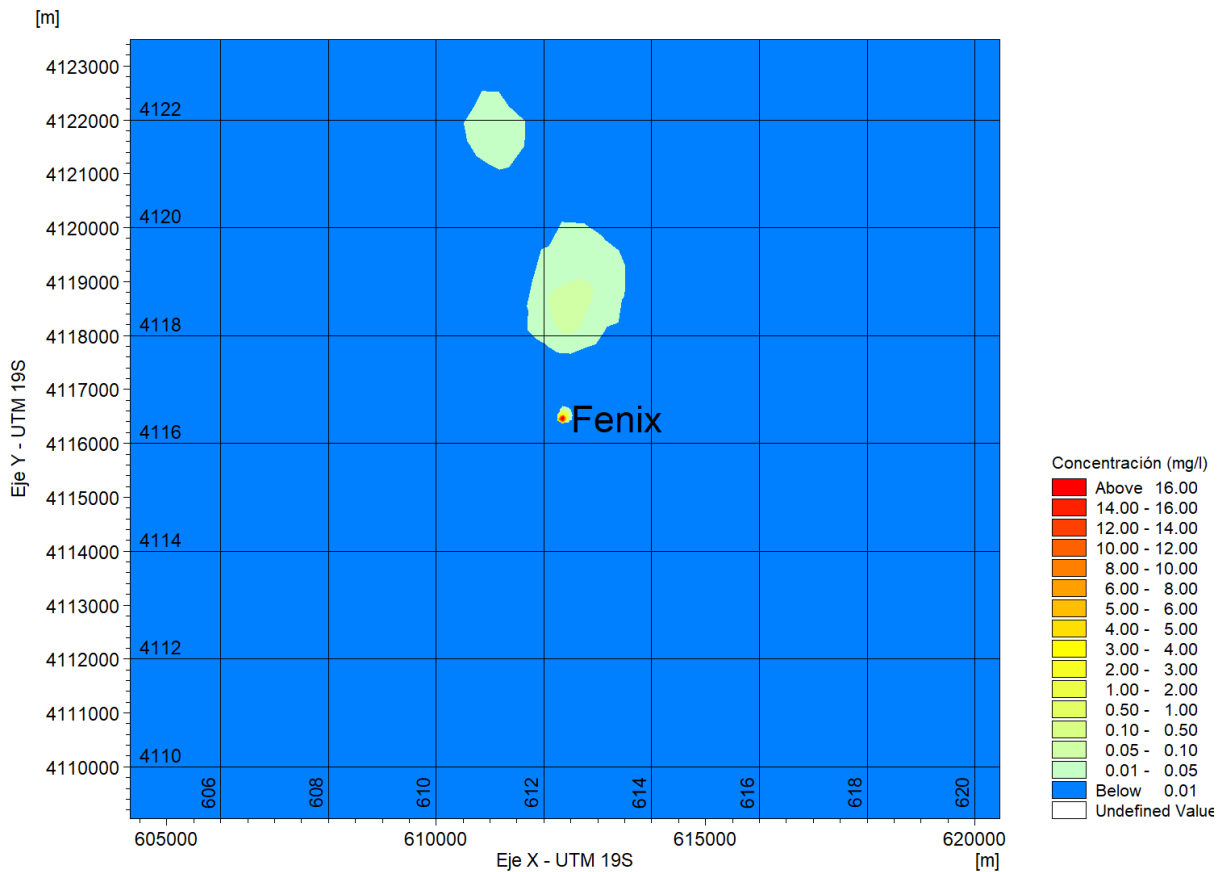
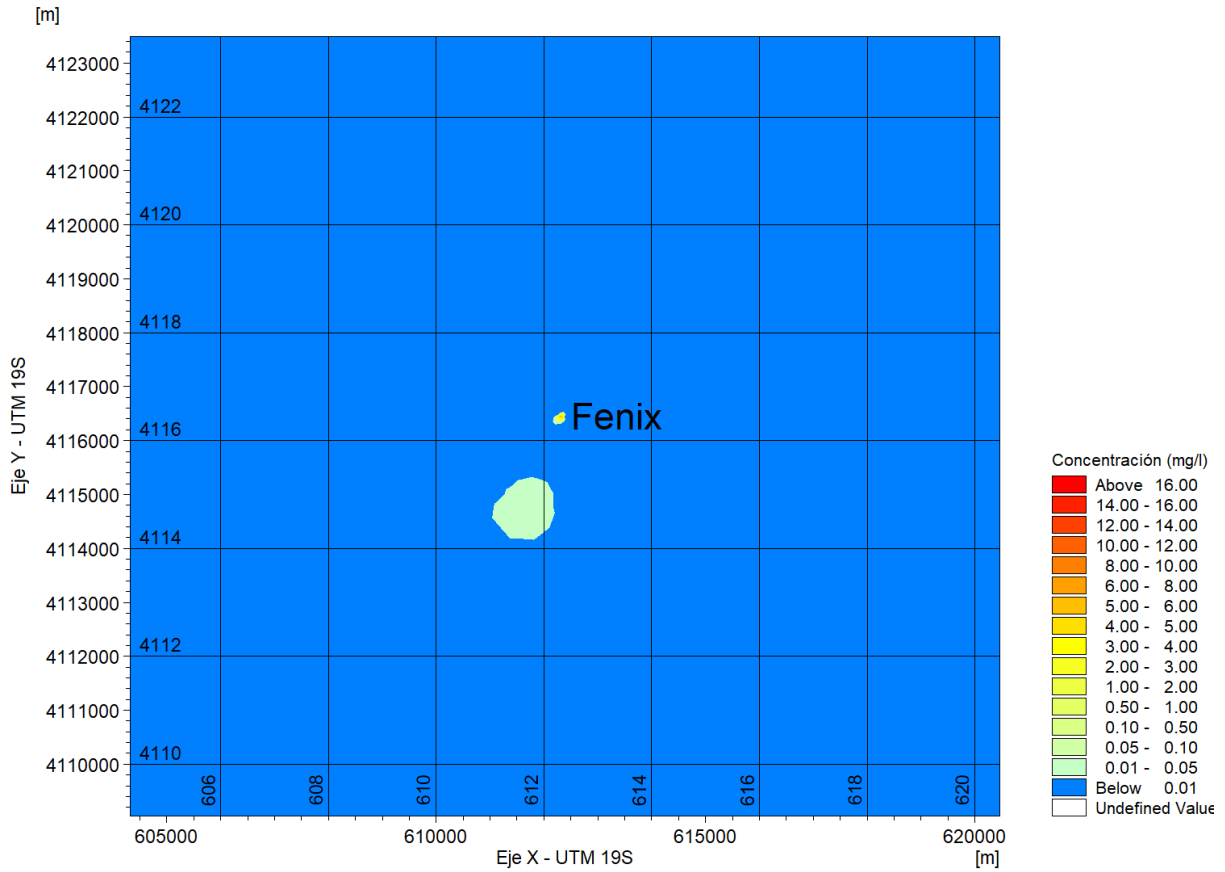


Figura 4.2.3.17 Ejemplo de la pluma de concentraciones durante el vertido de CaCO₃.

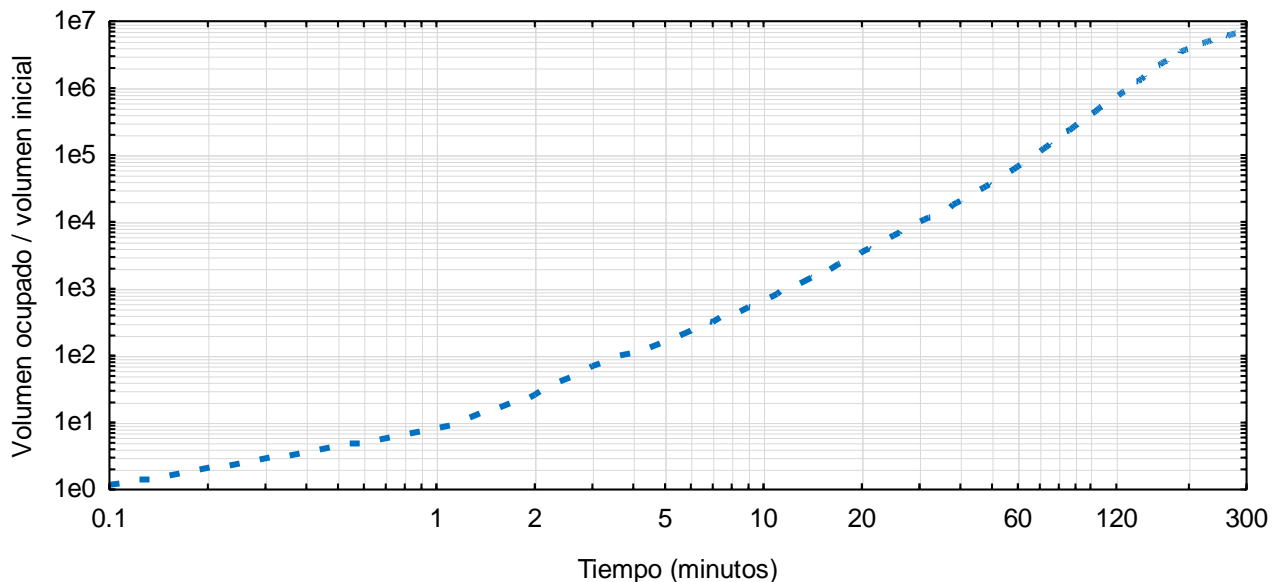


5. DISPERSIÓN DEL MEDIO

La modelación matemática suministra información sobre la dispersión del medio una vez que las partículas de lodos han ingresado en la columna de agua. Para ello se ha considerado condiciones hidrodinámica estándar con marea entre medias y cuadraturas, y vientos del oeste de entre 7 y 8 m/s de intensidad. El volumen inicial de agua, correspondiente al mínimo elemento de la grilla del modelo, posee un volumen de 14500 m³ (triángulo de 1325 m² de superficie por unos 10.9 m de profundidad de la capa) y es ocupado enteramente por las partículas del producto vertido. El modelo ha calculado el volumen alcanzado por el vertido en función del tiempo y se presenta en la Figura 5.1.

Luego, en base a la información de los lodos que serán utilizados en cada fase de las perforaciones, se calculó la masa de cada compuesto que será vertido al mar. De manera conservadora se ha asumido que todo el lodo utilizado en cada proceso de la perforación será vertido al mar en un instante y que ocupará el volumen mínimo del elemento de la grilla del modelo, esto es 14500 m³. Este resultado, la masa sobre el volumen, corresponde a la concentración inicial considerada para estudiar el tiempo en el que se alcanzan las concentraciones asociadas a los niveles guía.

Figura 5.1 Resultados de la modelación. Crecimiento del volumen de agua ocupado por partículas desde el momento de su vertido al mar, en función del tiempo.



También se realizó una simulación considerando las características de la liberación en el fondo del mar del contenido de la tubería que une a Vega Pleyade y Fenix, una vez concluida la prueba hidráulica. Para ello se consideró un volumen de 30000 m³ liberados en un período de 7 días en la posición de Fenix. La densidad del fluido liberado es la del agua de mar por las escasas concentraciones de los líquidos presentes. La Tabla 5.1 presenta estos datos.

Tabla 5.1. Productos y concentraciones asociadas a la prueba hidráulica

Función	Nombre del producto	Dosis (ppm)	Densidad (g/cm ³)
Secuestrante de oxígeno	SO4345	12	Densidad: 1.37
Biocida	BIOC30095NR	100	Densidad: 1.37 – 1.44

El modelo se dejó evolucionar para estas condiciones y condiciones hidrodinámicas variables. La Figura 5.2 presentan las diluciones promedio en el tiempo para todo el período de descarga del contenido de la tubería (7 días).

Las Figuras 5.3 y 5.4 presentan la mínima dilución posible en función de la distancia la fuente. La primera de estas posee una alcance espacial de 40 km y la segunda un acercamiento a los primeros 500 m de distancia a la fuente.

Figura 5.2 Dilución promedio en el período de descarga

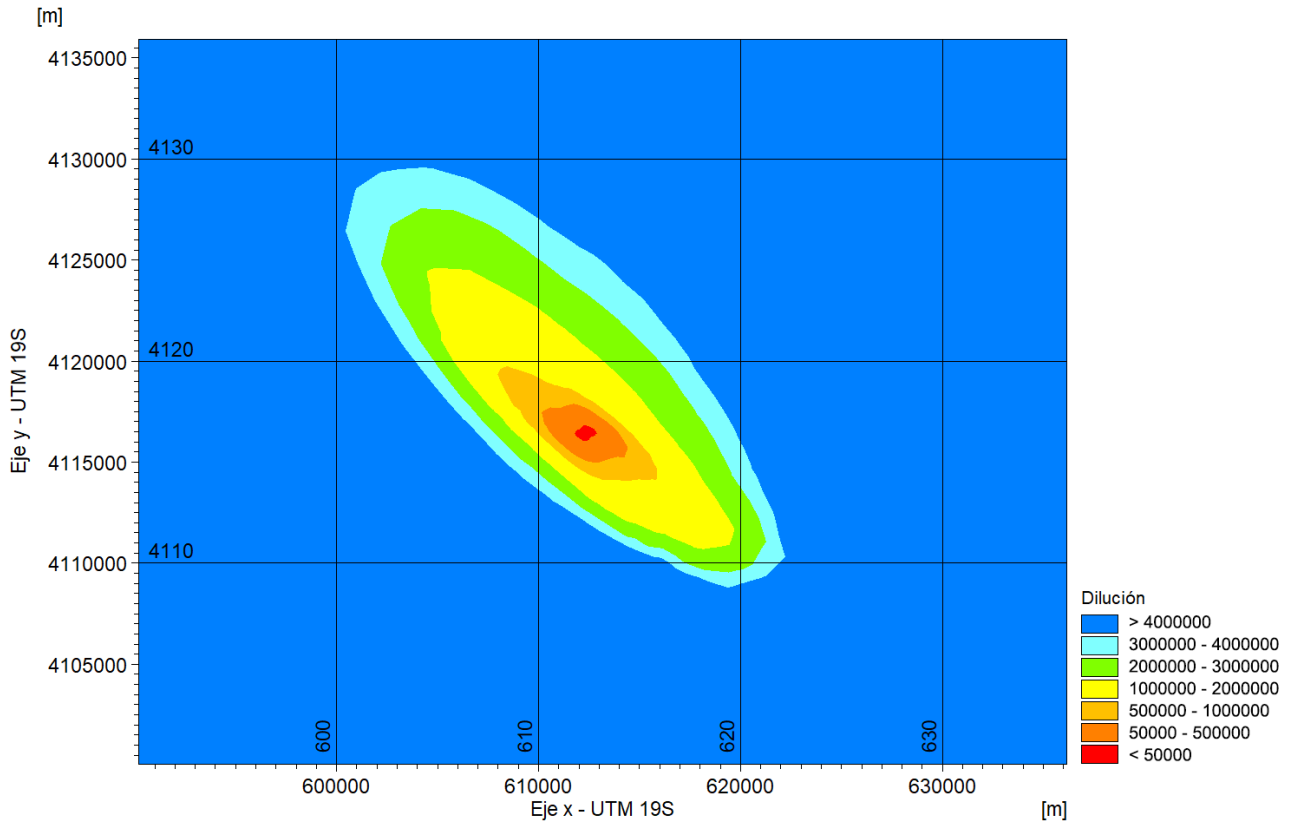


Figura 5.3 Mínima dilución asociada a la distancia a la fuente.

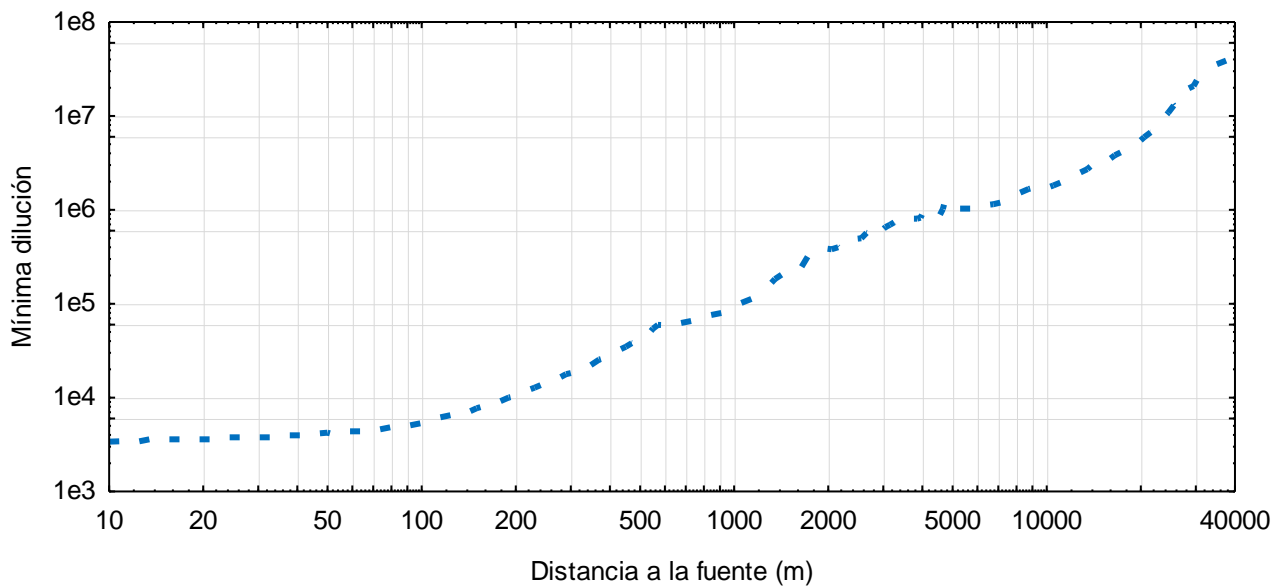


Figura 5.4 Mínima dilución asociada a la distancia a la fuente Acercamiento de la Figura 5.3 a los primeros 500 m desde la fuente.

