



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**Supervisión del dragado de mantenimiento del canal
de acceso y dársena y rehabilitación de la línea de
costa con material producto de dragado en el puerto de
El Cuyo, estado de Yucatán.**

TESIS

Como requisito para obtener el título de:

Ingeniero Civil

**Presenta:
ROBERTO PAZ GARCÍA**

DIRECTOR DE TESIS:

M. I. JUAN CARLOS FERNÁNDEZ CASILLAS



MEXICO, D.F.

ENERO 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/024/03

Señor
ROBERTO PAZ GARCÍA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. JUAN CARLOS FERNÁNDEZ CASILLAS, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"SUPERVISIÓN DEL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DEL CANAL DE ACCESO Y DÁRSENA Y REHABILITACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA CON MATERIAL PRODUCTO DE DRAGADO EN EL PUERTO DE EL CUYO, ESTADO DE YUCATÁN"

- INTRODUCCIÓN
- I. GENERALIDADES
 - II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
 - III. IMPACTO AMBIENTAL
 - IV. ESTUDIOS PRELIMINARES
 - V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
 - VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 6 Marzo 2003.

EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

AGRADECIMIENTOS

Con amor dedico este trabajo a mi madre, por el cariño que siempre me tuvo, por los esfuerzos que hizo y los sacrificios que soportó para que yo llegara a ser la persona que soy ahora, y por que a punto de ver realizada una de sus ilusiones, se me ha ido, dejando mi vida llena de sus enseñanzas sus recomendaciones y sus ejemplos,... pero muy triste por no haber alcanzado a darle la alegría que por ello se merecía. TE EXTRAÑO MAMA

A mi Papá por ser un ejemplo de rectitud, constancia y honradez, por apoyarme a seguir adelante y por ser un padre ejemplar en todos los sentidos. TE QUIERO.

A mis hermanas Xóchitl y Betzabé por su apoyo en todo momento además de su comprensión, a mi cuñado Mauricio Ayala, por la ayuda a la realización de este trabajo, y muy especial a mi sobrino Maui por que su inocencia y verlo crecer día a día, fortalece mi esperanza en el mañana.

A José Luis ya que desde el principio tuvimos un mismo objetivo, y nos esforzamos a seguir adelante, tu y yo no somos buenos amigos sino te considero como el hermano que nunca tuve.

A Cristina por el apoyo y cariño que me tienes, tu has sido parte importante de este logro, gracias a impulsarme a seguir adelante, fue una bendición el haberte conocido, gracias por compartir conmigo tu tiempo, tus sueños y tu amor.

A mi asesor y amigo Ing. Juan Carlos Fernández Casillas, por todo el apoyo, la confianza, la paciencia y comprensión que me brindaste durante el desarrollo y culminación de este trabajo, por todas las facilidades que me otorgaste, así como de tu amistad.

A mis sinodales Ing. Alejandro Murillo Bagundo, Ing. José Francisco Téllez Granados, Ing. Javier Gutiérrez Reynoso, Ing. Agustín Deméneghi Colina, agradezco sus consejos y comentarios.

De manera muy especial quiero agradecer al Ing. Alejandro Murillo Bagundo, las ideas, observaciones, y correcciones, durante la elaboración del presente trabajo.

A la Dirección General de Puertos en especial a la Dirección de Dragado, por el apoyo incondicional proporcionado para la realización de este trabajo.

Al Ing. José Luis Chávez Torres, agradezco infinitamente por su apoyo y asesoría que me ha brindado desde mi servicio social y enriquecimiento de este trabajo.

Al Arq. Arturo Pérez Castro, por haberme transmitido conocimientos y valores y por su apoyo para mejorar este trabajo.

A todas las personas pertenecientes a esta Dependencia, Ing. Enrique Álvarez, Ing. Sergio García, Ing. Prieto, Lic. Humberto Campos, Carlos Feria, José Solís, Genaro Díaz, Fernando Méndez, Jesús López (Marino), Lupita, Rosy y Rebeca

Finalmente quiero expresar la satisfacción y agradecimiento tan grande que tengo con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, la que nunca dejará ser mi casa y de la que siempre me sentiré orgulloso y con la gran responsabilidad de poner en alto su nombre a donde quiera que la vida me lleve.

INDICE

Capítulo I	Generalidades	1
I.1	Condiciones Físico Geográficas	1
1.1.1	Localización Geográfica	1
I.2	Climatología	2
I.2.1	Clima	2
I.2.2	Temperatura Promedio	2
I.2.3	Precipitación promedio anual	2
I.2.4	Presión Atmosférica	3
I.2.5	Dirección de vientos dominantes	3
I.2.6	Ciclones y Huracanes	3
I.2.7	Nortes	4
I.2.8	Calidad del aire	4
I.3	Hidrología superficial y subterránea	4
I.3.1	Hidrología regional	4
I.3.2	Drenaje subterráneo	5
I.4	Oceanografía	5
I.4.1	Mareas	6
I.4.2	Corrientes	6
I.4.3	Oleaje	6
I.5	Batimetría	7
I.5.1	Composición de sedimentos	7
I.5.2	Arrecifes bajos fondos	7
I.6	Infraestructura del puerto	8
I.6.1	Obras de protección	8
I.6.2	Áreas de agua	8
I.6.3	Señalamiento marítimo	9
I.6.4	Obras de atraque	9
I.6.5	Edificios	10
I.6.6	Localización del puerto	11

Capítulo II	Descripción del Proyecto	12
II.1	Descripción general	12
II.1.1	Tipo de Obra	13
II.1.2	Políticas de crecimiento a futuro	14
II.1.3	Naturaleza del proyecto	14
II.2	Descripción de Obras y actividades principales del proyecto	14
II.2.1	Características particulares del proyecto	14
II.2.2	Descripción de Obras Civiles	14
II.2.2.1	Diseño Construcción y Operación	14
II.2.2.2	Infraestructura	15
II.3	Justificación del Proyecto	15
II.3.1	Objetivo Técnico	15
II.3.2	Objetivo Económico	16
II.3.3	Objetivo social	16
II.4	Programa general de trabajo	16
II.4.1	Selección del sitio	16
II.4.2	Preparación del sitio	17
II.4.3	Operación y mantenimiento	19
II.4.4	Situación legal del predio	19
II.4.5	Sitios alternativos	19
II.4.6	Superficie total requerida	19
Capítulo III	Impacto Ambiental	20
III.1	La legislación actual	20
III.2	Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática detectada en el área de estudio del proyecto.	20
III.2.1	Descripción de la estructura del sistema.	20
III.2.2	Análisis de los componentes ambientales relevantes y/o críticos.	21
III.2.3	Diagnóstico ambiental	21
III.3	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.	22
III.3.1	Método para evaluar los impactos ambientales.	22
III.3.1.1	Método de Leopold	22
III.3.1.2	Característica grado valor significado	23

III.3.2	Impactos ambientales generados	25
III.3.2.1	Construcción del escenario modificado por el proyecto.	26
III.3.2.2	Identificación de las afectaciones al sistema ambiental	27
III.3.2.3	Caracterización de impactos	27
III.4	Identificación de indicadores de impactos ambientales.	27
III.5	Impactos ambientales identificados	28
III.5.1	Alteración de la cubierta vegetal marina	28
III.5.2	Alteración de la cubierta bentónica.	28
III.5.3	Generación de ruido	29
III.5.4	Cambios físicos en la columna de agua	29
III.5.5	Efectos sobre el fondo marino del canal de acceso	29
III.5.6	Impactos en sitio de depósito	30
III.6	Evaluación de los impactos	31
III.6.1	Etapas de preparación de sitio	31
III.6.2	Operación y mantenimiento	32
III.7	Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales	33
III.7.1	Cubierta vegetativa	33
III.7.2	Alteración de la población animal	33
III.7.3	Alteraciones en la atmósfera	33
III.7.4	Columna de agua	34
III.7.5	Sitios de depósito	34
III.7.6	Dragado	34
III.8	Descripción de la medida o sistema de medidas de mitigación.	35
III.8.1	Etapas de preparación de sitio y obra	35
III.8.2	Etapas de operación y mantenimiento	36
III.9	Pronósticos ambientales y, evaluación de alternativas.	36
Capítulo IV	Estudios Preliminares	37
IV.1	Levantamientos Topohidrográficos	37
IV.1.1	Levantamientos de Verificación Inicial	37
IV.1.1.1	Posicionamiento y Control Terrestre	37
IV.1.1.2	Programación de Rutas de Navegación	38
IV.1.1.3	Instalación y Posicionamiento de equipo GPS Base	38
IV.1.1.4	Equipo Utilizado	38
IV.1.1.5	Instalación y Posicionamiento de Equipo GPS Móvil	39

IV.1.1.6	Lectura de Regla de Mareas	39
IV.1.1.7	Postproceso de Datos	40
IV.1.1.8	Resultados	40
IV.1.1.9	Cuantificación del Volumen Teórico	41
IV.1.2	Levantamiento Topográfico	43
IV.1.3	Levantamiento de Verificación después del Huracán Isidoro	44
IV.2	Estudios de Mecánica de Suelos	47
IV.2.1	Geomorfología y Geología	47
IV.2.1.1	Geología General	47
IV.2.2	Descripción breve de las características del relieve.	48
IV.2.3	Muestreo de los materiales por dragar.	48
IV.2.4	Sondeos para determinar la profundidad de la capa de caliche costera.	49
IV.3	Selección del Equipo de Dragado	50
IV.3.1	Clasificación de las Dragas	50
IV.3.1.1	Dragas Mecánicas	51
IV.3.1.1.1	Dragas de Rosario	51
IV.3.1.1.2	Dragas de Grúa	53
IV.3.1.1.3	Dragas de Cucharón	55
IV.3.1.2	Dragas Hidráulicas	56
IV.3.1.2.1	Dragas Hidráulicas Usuales	57
IV.3.1.2.2	Dragas Autopropulsadas	58
IV.3.1.2.3	Dragas Estacionarias	60
IV.3.2	Draga a usarse en el proyecto de dragado de mantenimiento Del Puerto de El Cuyo, estado de Yucatán.	63
IV.3.2.1	Diferentes tipos de trenes de dragado	64
IV.3.2.2	Selección del cortador según el suelo dragado.	66
IV.3.3	Datos técnicos de la Draga Makax	68
IV.3.3.1	Bomba de dragado	69
IV.3.3.2	Fuente de Potencia auxiliar	69
IV.3.3.3	Instalación eléctrica	69
IV.3.3.4	Cortador	69
IV.3.3.5	Winches	70
IV.3.3.6	Zancos	70
IV.3.3.7	Maza de la elevación de los zancos	70
IV.4	Características generales de los movimientos ondulatorios.	71
IV.4.1	Agua oceánicas	71
IV.4.2	Zona Costera	71

IV.4.2.1 La costa	72
IV.4.2.2 La Playa	73
IV.4.3 Corrientes	74
IV.4.3.1 Corrientes oceánicas	74
IV.4.3.2 Corrientes inducidas por viento	75
IV.4.3.3 Corrientes de marea	76
IV.4.3.4 Corrientes producidas por oleaje	77
IV.4.3.4.1 Corrientes normales a la costa	77
IV.4.3.4.2 Corrientes paralelas a la costa	78
IV.4.4 Mareas	78
IV.4.4.1 Marea astronómica	78
IV.4.4.2 Marea de tormenta	82
IV.4.4.3 Marea hidráulica	82
IV.4.5 Vientos	83
IV.4.5.1 Factores que afectan el movimiento del aire	83
IV.4.5.2 Clasificación de los vientos	84
IV.4.6 Oleaje	87
IV.4.6.1 Teorías del oleaje	88
IV.4.6.2 Tipos de oleaje	91
IV.4.6.2.1 Oleaje tipo SEA	91
IV.4.6.2.2 Oleaje tipo SWELL	92
IV.4.6.3 Deformaciones del oleaje	93
IV.4.6.3.1 Refracción	93
IV.4.6.3.2 Difracción de las olas	95
IV.4.6.3.3 Reflexión	96
IV.5 Estudios de Proceso Litoral	98
IV.5.1 Generalidades	98
IV.5.2 Métodos para cuantificar el transporte litoral	98
IV.5.3 Determinación del transporte litoral	99
IV.5.3.1 Fórmula de Caldwell	99
IV.5.3.2 Fórmula del CERC	100
IV.5.3.3 Fórmula de Larras	101
IV.5.3.4 Fórmula de Pichkyne	102
IV.5.3.5 Fórmula de Springall	102
IV.6 Condiciones del medio físico del lugar en el Puerto de El Cuyo.	103
IV.6.1 Análisis estadístico del oleaje	103
IV.6.2 Transporte litoral	106
IV.6.3 Análisis estadístico del viento	107
IV.6.4 Mareas	108
IV.6.5 Corrientes de marea	109

IV.7 Valuación del transporte litoral en la costa del Puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán	111
Capítulo V Procedimiento Constructivo	112
V.1 Operación inicial de trabajos para la rehabilitación de la línea de costa en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.	112
V.1.1 Excavación en zona adyacente a la escolera oriente y deposito en la escolera poniente.	113
V.1.2 Cálculo de cantidades	122
V.2 Operación inicial de dragado	123
V.2.1 Trabajos preliminares	126
V.2.1.1 Primer Muestreo y análisis de agua y sedimentos (Inicial)	126
V.2.1.2 Lugar de descarga	127
V.2.1.3 Manejo de la tubería flexible y rígida	127
V.2.1.4 Situación del lugar de operación	132
V.3 Operación de dragado	133
V.3.1 Avance o paso de la draga	135
V.3.2 Movimiento de los anclotes	139
V.3.3 Retroceso del frente de corte	139
V.4 Partes principales de la Draga Estacionaria con cortador " Makax "	140
V.4.1 El casco	140
V.4.2 La escala	141
V.4.3 Bomba centrífuga de dragado	143
V.4.4 Componentes de una bomba de succión	143
V.4.5 Impelente	144
V.4.6 Envolvente	142
V.4.7 Tapas de la bomba	146
V.4.8 Ejes	146
V.4.9 Zancos	146
V.4.10 Winches	148
V.4.11 Cortador	149
V.5 Elaboración de formatos	150
V.6 Bitácora de obra	150

V.7 Levantamiento de verificación final	152
V.7.1 Volúmenes finales	155
V.7.2 Segundo Muestreo y análisis de agua y sedimentos (Final)	159
Capítulo VI Conclusiones	160
Bibliografía	

LISTAS DE TABLAS

Capítulo I Generalidades

Tabla 1.1	Trayectoria de los huracanes que han afectado a la reserva de 1957 a 2002	4
Tabla 1.2	Corrientes obtenidas en el Puerto de El Cuyo.	6
Tabla 1.3	Características significantes de oleaje en régimen anual	7
Tabla 1.4	Obras de Protección Puerto El Cuyo, Yucatán	8
Tabla 1.5	Áreas de agua Puerto El Cuyo, Yucatán	8
Tabla 1.6	Señalamiento marítimo Puerto El Cuyo, Yucatán	9
Tabla 1.7	Obras de atraque Puerto El Cuyo, Yucatán	9
Tabla 1.8	Edificios Puerto El Cuyo, Yucatán	10

Capítulo III Impacto Ambiental

Tabla 3.1	Características grado valor significado	23
Tabla 3.2	Etapas de preparación del sitio.	31
Tabla 3.3	Operación y mantenimiento.	32
Tabla 3.4	Etapas de preparación del sitio y obra	35
Tabla 3.5	Etapas de operación y mantenimiento.	36

Capítulo IV Estudios Preliminares

Tabla 4.1	Cálculo del volumen de dragado, respecto al levantamiento inicial, en el canal de acceso y dársena en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.	43
Tabla 4.2	Cálculo del volumen de dragado, respecto al levantamiento intermedio hecho en octubre del 2002, en el canal de acceso y dársena en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.	46
Tabla 4.3	Tipo de Draga versus Tipo Material (Para la elección de la Draga adecuada)	65
Tabla 4.4	Relación de velocidad del viento. Rossby y Montgomery.	75
Tabla 4.5	Valores aproximados de mareas en diferentes puertos nacionales	82
Tabla 4.6	Condiciones de oleaje (marejada) que corresponden a las frecuencias anuales observadas.	104
Tabla 4.7	Condiciones de oleaje (mar) que corresponden a las frecuencias anuales observadas.	105
Tabla 4.8	Vientos estadístico presentando en la zona de la costa yucateca.	108
Tabla 4.9	Planos de marea referidos al nivel de bajamar media.	108
Tabla 4.10	Calculo del Transporte Litoral en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.	111

Capítulo V Proceso Constructivo

Tabla 5.1	Cálculo de volumen de excavación en la playa oriente del Puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán.	123
Tabla 5.2	Tabla de las áreas dragadas en el Puerto de El Cuyo	156
Tabla 5.3	Tabla de las áreas sobredragadas en el Puerto de El Cuyo	158

LISTAS DE TABLAS

Capítulo I Generalidades

Tabla 1.1	Trayectoria de los huracanes que han afectado a la reserva de 1957 a 2002	4
Tabla 1.2	Corrientes obtenidas en el Puerto de El Cuyo.	6
Tabla 1.3	Características significantes de oleaje en régimen anual	7
Tabla 1.4	Obras de Protección Puerto El Cuyo, Yucatán	8
Tabla 1.5	Áreas de agua Puerto El Cuyo, Yucatán	8
Tabla 1.6	Señalamiento marítimo Puerto El Cuyo, Yucatán	9
Tabla 1.7	Obras de atraque Puerto El Cuyo, Yucatán	9
Tabla 1.8	Edificios Puerto El Cuyo, Yucatán	10

Capítulo III Impacto Ambiental

Tabla 3.1	Características grado valor significado	23
Tabla 3.2	Etapas de preparación del sitio.	31
Tabla 3.3	Operación y mantenimiento.	32
Tabla 3.4	Etapas de preparación del sitio y obra	35
Tabla 3.5	Etapas de operación y mantenimiento.	36

Capítulo IV Estudios Preliminares

Tabla 4.1	Cálculo del volumen de dragado, respecto al levantamiento inicial, en el canal de acceso y dársena en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.	43
Tabla 4.2	Cálculo del volumen de dragado, respecto al levantamiento intermedio hecho en octubre del 2002, en el canal de acceso y dársena en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.	46
Tabla 4.3	Tipo de Draga versus Tipo Material (Para la elección de la Draga adecuada)	65
Tabla 4.4	Relación de velocidad del viento. Rossby y Montgomery.	75
Tabla 4.5	Valores aproximados de mareas en diferentes puertos nacionales	82
Tabla 4.6	Condiciones de oleaje (marejada) que corresponden a las frecuencias anuales observadas.	104
Tabla 4.7	Condiciones de oleaje (mar) que corresponden a las frecuencias anuales observadas.	105
Tabla 4.8	Vientos estadístico presentando en la zona de la costa yucateca.	108
Tabla 4.9	Planos de marea referidos al nivel de bajamar media.	108
Tabla 4.10	Calculo del Transporte Litoral en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.	111

Capítulo V Proceso Constructivo

Tabla 5.1	Cálculo de volumen de excavación en la playa oriente del Puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán.	123
Tabla 5.2	Tabla de las áreas dragadas en el Puerto de El Cuyo	156
Tabla 5.3	Tabla de las áreas sobredragadas en el Puerto de El Cuyo	158

LISTA DE FOTOS

Capítulo IV Estudios Preliminares

Foto 4.1	Grupo de batimetría tomando acuerdos para proseguir los trabajos, checando la profundidad con escandallo	39
Foto 4.2	Foto Aérea del Huracán Isidore que pego el día 22 de septiembre del 2002 en las costas de la península Yucateca.	44
Foto 4.3	Draga Estacionaria con Cangilones o de Rosario	53
Foto 4.4	Draga estacionaria de grúa que va a descargar los productos dragados en el gánguil de la izquierda	54
Foto 4.5	Draga Cornelius (Draga de cuchara "backhoe")	55
Foto 4.6	Draga Puebla (Draga de Tolva Autopropulsada)	58
Foto 4.7	Reparación del Cortador Escala de la Draga Makax,	66
Foto 4.8	Foto de la Draga Makax, realizando pruebas de dragado dentro del canal de acceso del Puerto de El Cuyo, Yucatán	68

Capítulo V Proceso Constructivo

Foto 5.1	Letrero de obra colocado en el sitio indicado	112
Foto 5.2	Inicio de la excavación playa Este.	113
Foto 5.3	Primeras cargas a camión playa Este.	114
Foto 5.4	Excavación y carga, transporte de material. Playa Este.	115
Foto 5.5	Excavación y retro apilando (marea alta).	116
Foto 5.6	Borde de protección en la playa Este	117
Foto 5.7	Depósito en el área indicada, playa Oeste. Descarga en el cadenamiento 0 + 90	117
Foto 5.8	Empuje del material de depósito playa Oeste.	118
Foto 5.9	Tiro de material, dragado formándose la playa Oeste.	118
Foto 5.10	Carga material de excavación	119
Foto 5.11	Tendido de material, en la playa oeste	119
Foto 5.12	Oleaje en ataque de borde de protección de playa.	120
Foto 5.13	Rotura del borde de la defensa playero roto por racha y oleaje.	121
Foto 5.14	Reparación de rotura del borde de playa.	121
Foto 5.15	Patio de maquinaria. Tubería de succión a bordo en transito al Cuyo Taller de la empresa constructora, Mérida Yucatán	124
Foto 5.16	Caseta de control de la Draga " Makax "	125
Foto 5.17	Obtención de muestras de sedimentos en el eje del canal de navegación	126
Foto 5.18	Tubería rígida Extrupack 16" en el patio de maniobras	128
Foto 5.19	Conexión de la tubería flexible a la descarga de la draga estacionaria con cortador " Makax "	129
Foto 5.20	Equipo para la unión de la tubería. Obsérvese, plancha de termofusión. Motor generador y cortador de tubería.	130
Foto 5.21	Conexión de tubería flexible de 18" a tubería rígida 16".	131
Foto 5.22	Draga situada en el canal de acceso para su operación	132
Foto 5.23	Descarga de material en la playa oeste del canal de acceso.	134
Foto 5.24	Descarga de material (obsérvese la socavación ocasionado por el lodo).	136

Foto 5.25	Draga con problemas con la succión, encontrándose material orgánico, como sargazo redes, etc.	137
Foto 5.26	Disminución de velocidad de descarga debido al taponamiento de succión en la draga ocasionado por el sargazo.	137
Foto 5.27	Sondeo en el canal de acceso	138
Foto 5.28	Vista desde la caseta de operación, Draga Makax operando en el canal de acceso.	139
Foto 5.29	Cuerpo de draga, maquinas reparación general de draga	140
Foto 5.30	Escala de la Draga Makax,	141
Foto 5.31	Bomba de Succión, Draga Makax,	144
Foto 5.32	Vista de los Zancos de la Draga Makax,	147
Foto 5.33	Winches de la Draga Makax,	148
Foto 5.34	Cortador de la Draga Makax,	149
Foto 5.35	Plancha de chequeo tradicional utilizado para verificar profundidades	153
Foto 5.36	Brigada de Batimetría realizando el levantamiento en el canal de navegacion, recorridos perpendicular al eje del canal.	154

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I	Generalidades	
Figura 1.1	Localización de Puerto El Cuyo	1
Figura 1.2	Croquis de la localización de la infraestructura del Puerto El Cuyo	11
Capítulo II	Descripción General	
Figura 2.1	Proyecto Geométrico del Dragado de Puerto El Cuyo, Yucatán	12
Capítulo IV	Estudios Preliminares	
Figura 4.1	Profundidad de capa de caliche en el Puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán	49
Figura 4.2	Cadena de Cangilones	52
Figura 4.3	Descripción Gráfica de los términos utilizados en la zona costera.	71
Figura 4.4	Zona de rompientes.	77
Figura 4.5	Onda de Marea.	80
Figura 4.6	Definición de las características del oleaje.	87
Figura 4.7	Refracción de un tren de olas.	93
Figura 4.8	Ejemplo de Difracción del oleaje.	95
Figura 4.9	Ejemplo de Reflexión del oleaje.	97
Capítulo V	Proceso Constructivo	
Figura 5.1	Colocación de las anclas de los traveses al comenzar la operación de la draga	133
Figura 5.2	Al quedar a popa las anclas de los traveses, deben enmendarse para evitar que la draga se retire del corte o se tuerzan los zancos.	135
Figura 5.3	Bosquejo de la draga Makax, para calcular la profundidad de dragado	142

INTRODUCCIÓN

Debido a la gran importancia que representa el mantener una constante y eficiente comunicación con el mar en desembocaduras de ríos, esteros y puertos, es necesario que esas zonas observen condiciones óptimas de funcionalidad, evitando los fenómenos de erosión y azolve de material sólido los cuales son causados principalmente por oleaje y corrientes.

La existencia de problemas en los puertos, por la formación de “bajos” en sus rutas de entrada y salida de embarcaciones, como consecuencia natural de las corrientes marítimas, ocasionando los llamados azolves de puertos o acumulación de arena; los contratiempos a los que enfrentan las embarcaciones, al dificultarse su entrada a los puertos, o lo que es peor, cuando estos encallan por atorarse el casco en algún “bajo” que hubiese en el puerto, son razones por las cuales el dragado es fundamental para el buen funcionamiento de los puertos que prestan resguardo y servicio a las embarcaciones. La periodicidad con que deba efectuarse el dragado en un puerto, depende de la capitania de puertos, o en su defecto de las cooperativas de pescadores, que son los encargados de solicitarlo, a la dependencia encargada.

Los puertos constituyen uno de los servicios auxiliares más importantes, ya que son el punto de intercambio y de enlace entre el transporte marítimo y terrestre, ambos inciden directamente en el resultado final de la operación portuaria y del intercambio comercial.

Un elemento fundamental para fomentar sobre bases sólidas el desarrollo económico, es el apoyo de una infraestructura de comunicaciones y transportes, eficiente y con capacidad suficiente para atender las necesidades del crecimiento de la región.

El éxito del desarrollo industrial, se ha sustentado principalmente en el bajo costo de la mano de obra, así como una vigorosa intervención del Estado en la estructuración de la economía del impulso del interés privado y el control de la participación política de los sectores populares.

De ahí la importancia de que los puertos cuenten con todo lo necesario y sobre todo tengan las profundidades adecuadas para poder recibir embarcaciones y permitir de esta manera el crecimiento de la economía, para tener o conservar los calados se necesita de efectuar un buen dragado.

Actualmente, la generalidad de los puertos, cuentan con recursos para hacer posible que cumplan con el cometido para el cual han sido diseñados, pudiendo mencionar entre otros a las escolleras, los rompeolas, espigones o bien dragados,

Este trabajo de tesis tiene como objetivo, dar la pauta necesaria para conocer la operación en el campo de una obra de dragado, y la rehabilitación de la línea de costa del Puerto de El Cuyo, en el estado de Yucatán, así como su supervisión; como parte de la administración general, así, considerando que el dragado de mantenimiento tiene gran importancia en la planeación de los puertos.

En el dragado las operaciones deben cumplir con una doble función, la de extraer el material de la zona deseada y transportarlo hasta la zona de descarga, estas operaciones se llevan a cabo cuando se crea o aumenta la profundidad requerida para la navegación de la flota pesquera.

Existen dos tipos de dragados, el de conservación que consiste en retirar los azolves que originan el oleaje, corrientes, que producen acarrees litorales, etc. caso del Puerto de El Cuyo, y el de construcción (dragados nuevos), que consiste en crear o aumentar profundidades, para poder recibir buques de un determinado calado.

Para el dragado de conservación o mantenimiento, que es el objetivo a este tema de tesis, se describirá en los siguientes capítulos tomando como ejemplo el Puerto Pesquero de El Cuyo en el Estado de Yucatán, se debe de tener en cuenta una serie de datos como: Planeación de la obra, justificación del proyecto, impacto ambiental, estudios preliminares, así como el proceso de construcción.

CAPITULO I.
GENERALIDADES

CAPÍTULO I GENERALIDADES

I.1 Condiciones físico-geográficas

I.1.1 Localización geográfica

El puerto de El Cuyo está situado en la parte final del litoral del estado de Yucatán, en una playa tendida y abierta a los $21^{\circ} 16' 20''$ de latitud norte y a los $89^{\circ}39'40''$ de longitud oeste, a 100 Km. al norte de la Ciudad de Tizimín. El Estado de Yucatán, limita al norte y al noroeste con el golfo de México, al este y sureste con el estado de Quintana Roo y al suroeste con el de Campeche.

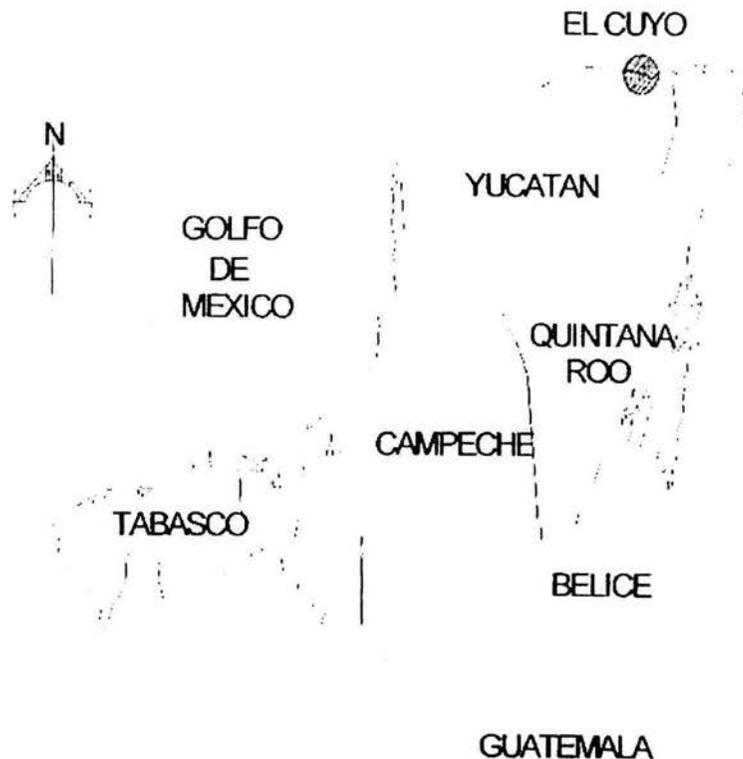


Fig.1.1 Localización de Puerto El Cuyo

I.2 Climatología

I.2.1 Clima

El Cuyo se encuentra dentro de la Reserva de la Ría Lagartos en la parte Este; se ve afectado por diferentes patrones de circulación atmosférica debida a su situación geográfica y proximidad con el mar. Estos son: los vientos alisios dominantes, los “nortes”, los cuales son masas de aire polar modificado y las corrientes convectivas que ocasionan lluvias. Se presentan dos estaciones de lluvia, claramente marcadas; la primera de junio a noviembre, y representa el 70% de la lluvia total anual, el 30% restante llueve en la época de secas de diciembre a mayo. Los “nortes” inciden de septiembre a octubre y de marzo a abril.

En la región del Cuyo, se presenta un clima Ax'(wo)iw”, el cual corresponde al mas seco de los cálidos húmedos, con lluvias repartidas a lo largo del año. El porcentaje de precipitación invernal respecto al total anual es mayor al 18%; es un clima de transición entre los de lluvia en verano y los de lluvias en invierno, la temperatura media anual es mayor a los 22°C y la temperatura del mes más frío es mayor a los 18°C, es isotermal con oscilación anual con relación a las temperaturas medias mensuales menor a 5°C y presenta influencia de la canícula.

I.2.2 Temperatura promedio

La temperatura promedio señaladas, corresponden a los registros tomados de la información meteorológica de la Comisión Nacional del Agua.

De acuerdo a dicha fuente la temperatura media mensual es de 26.4°C. los meses mas fríos son enero y febrero con 25.6°C, los meses más calientes son junio y agosto con 27°C y la oscilación térmica es de 3°C.

I.2.3 Precipitación promedio anual

En el Cuyo la precipitación total anual es de 696.2 mm. El mes más seco es abril con 15.3 mm y el más lluvioso es septiembre con 118.2 mm; el 16.1% de la precipitación total es invernal. La relación P/T es de 26.3 entre los meses de mayo-octubre se presentan de 30 a 59 días con lluvia apreciable (superior a 0.1 mm), en cambio, entre los meses de abril a noviembre se presentan hasta 29 días con lluvia apreciable y la canícula se presenta en julio y agosto.

I.2.4 Presión atmosférica

La presión atmosférica media anual para el área costera de acuerdo a los datos de la Comisión Nacional del Agua es de 1,007 mm Hg, con notable disminución durante la época de huracanes.

I.2.5 Dirección de vientos dominantes

Los vientos dominantes durante la mayor parte del año, son los alisios con dirección preferencial de noreste-suroeste, estos se internan con una gran cantidad de humedad. En los meses de noviembre a agosto, se presentan vientos moderados, sin embargo, a partir de septiembre-octubre comienza la época de nortes y huracanes, con vientos que llegan alcanzar rachas por arriba de los 120 km/hr, sin embargo, no todos los años tocan tierra con gran intensidad.

Las direcciones que presentan un mayor porcentaje de ocurrencia en el área de estudio son aquellas provenientes del Este y Noreste con un porcentaje de acción del 31.75% y 21.73%, respectivamente, siendo las que le siguen en importancia la procedente del Sudeste y Norte con porcentajes de acción del 14.75% y 11.01%, respectivamente. Las direcciones restantes son ocasionales correspondiéndoles valores menores al 10% de incidencia en la zona.

I.2.6 Ciclones y huracanes

La zona del Cuyo, se encuentra en una zona de alto riesgo, ya que se encuentra dentro de la trayectoria de los huracanes que se originan en el Caribe y el Atlántico oriental. Se han presentado en los últimos 88 años, 13 huracanes tropicales que han impactado la peninsular, el mas reciente Isidoro que pego en la zona de la costa yucateca el 23 de septiembre del 2002 afectando muchas poblaciones.

Estos fenómenos han afectado a la región en mayor o menor medida de acuerdo con la frecuencia e intensidad con la que se presentan.

AÑO	NOMBRE	CATERGORIA
1957	AUDREY	HURACAN
1961	CARLA	HURACAN
1965	V-1	HURACAN
1967	BEULAH	HURACAN
1970	V-7	HURACAN
1972	AGNES	HURACAN
1973	BRENDA	HURACAN
1974	V-8	HURACAN
1975	ELOISE	HURACAN
1988	GILBERTO	HURACAN
1996	ROXANA	HURACAN
1996	OPAL	HURACAN
2002	ISIDORE	HURACAN

Tabla 1.1 Trayectoria de los huracanes que han afectado al Estado de Yucatán de 1957 a 2002

I.2.7 Nortes

Los “nortes” constituyen otro fenómeno meteorológico, que ocasiones se presentan con fuertes lluvias y marejadas que provocan inundaciones y abren bocas a través de la duna costera.

I.2.8 Calidad del aire

Debido a la ausencia de montañas, el nivel de dispersión de contaminantes en el aire se considera bueno.

I.3 Hidrología superficial y subterránea

I.3.1 Hidrología regional

La península esta formada por una plataforma sedimentaria de roca caliza porosa que le da características hidrológicas únicas, no existe un sistema superficial de corrientes de agua dulce de carácter permanente, sino un flujo muy particular de agua subterránea, por la fácil filtración del agua pluvial a través de la roca caliza superficial es disuelta por efecto del agua, causan la bóveda que lo cubre, origina los cenotes o dolinas.

Una capa delgada de caliza recristalizada confinada al acuífero a lo largo de la costa de la Península de Yucatán. En la costa occidental esta capa confinada se extiende por casi 20 Km. hacia tierra adentro y en la costa norte.

1.3.2 Drenaje Subterráneo

Las corrientes de agua provenientes del sur de la península, se dirigen hacia el norte propiciando la existencia de una red hidrológica subterránea en el manto freático, que en ocasiones surge como fuentes en el fondo del estero. La calidad del agua subterránea es similar a la que se presenta en Río Lagartos

1.4 Oceanografía

La península de Yucatán por tres costados se encuentra bañada por el mar, dividido por la propia península en dos grandes porciones, el Golfo de México y el Caribe, que se intercambian a través del Canal de Yucatán de 160 Km de ancho, que separa a Cuba del territorio Mexicano.

En el Golfo de México la plataforma continental se prolonga a gran distancia de la costa y en ningún otro punto tiene menos de 50 Km. de ancho. Al occidente de la Península, en aguas del estado de Campeche alcanza 200 Km., mientras que frente a Yucatán se extiende por 250 Km.

El sistema de la Ría Lagartos presenta una serie de cuencas: Río Lagartos, Las Coloradas y El Cuyo comunicadas entre sí por estrechos naturales de El Puente y La Angostura. Dentro de la cuenca de Las Coloradas se presenta el estrecho de San Fernando, que aparentemente juega un papel importante en el flujo de agua dentro de esta cuenca y entre ésta y la del El Cuyo.

El escaso intercambio con el agua de mar abierto y el hecho de que la evaporación supera a la precipitación ocasiona que las aguas relativamente inmóviles del estero aumenten su salinidad con el paso del tiempo. Con la época de lluvias y en los "nortes", la salinidad disminuye dentro de la laguna, lo que permite una mayor oxigenación y un enfriamiento relativo del agua, así como un aumento del nivel de ésta en la laguna. En la zona de humedales de la Reserva, existen irregularidades topográficas que varían entre 1 y 3 metros. Es estos lugares aflora agua dulce de muy baja salinidad (2ppm)

Por fenómenos meteorológicos como el caso del Huracán Isidore, se presenta una pérdida de playa de entre 5 a 10 metros.

I.4.1 Mareas

En el puerto de El Cuyo se presentan marcas de tipo DIURNO con un pleamar y un bajamar en un lapso de 24 horas y con los siguientes planos referidos al nivel de bajamar media.

Pleamar Máxima Registrada	1.550 m
Nivel de pleamar media	0.548 m
Nivel medio del mar	0.299 m
Nivel Bajamar Media	0.000 m
Bajamar Mínima Registrada	-0.520 m

Estos datos, publicados en las Tablas de Mareas de la Dirección General de Oceanografía Naval.

I.4.2 Corrientes

Con base en las investigaciones realizadas durante los tres últimos años mediante el empleo de corrientógrafos de alta precisión, se ha concluido que las corrientes son favorables para el acceso de embarcaciones al Puerto.

Estación	Porcentaje de acción	Dirección	Velocidad en m/s
Primavera	25 a 50	Este-oeste	0.31 a 0.26
Verano	25 a 50	Este-oeste	0.41 a 0.26
Otoño	25 a 50	Este-oeste	0.26 a 0.11
Invierno	25 a 50	Este-oeste	0.46 a 0.20

Tabla 1.2 Corrientes obtenidas en el Puerto de El Cuyo.

I.4.3 Oleaje

Estos datos estadísticos son el resultado de investigaciones realizadas "in situ" con ológrafo, durante 3 años a partir de enero de 1985 y validados por comparación con la información de la Oficina Hidrográfico de los Estados Unidos de América con base en observaciones que incluyen dirección, rango de altura y periodos para el oleaje oceánico (SEA) y para el distante (SWELL).

Dirección	Oleaje local	Oleaje distante	Periodo
	$H_{\frac{1}{3}}$ (m)	$H_{\frac{1}{3}}$ (m)	$T_{\frac{1}{3}}$ (seg)
Noreste	2.73	2.78	7.5
Este	2.94	2.72	8
Norte	2.93	3.06	8

Tabla 1.3 Características significantes de oleaje en régimen anual

1.5 Batimetría

1.5.1 Composición de sedimentos

En forma particular para el Estado de Yucatán y su plataforma continental, el fondo está dominado por sedimentos carbonatados y consolidados.

Por lo que se refiere al proyecto, el área es de fondo denominado “arenoso”, ya que el tamaño de la partícula predominante en el sitio se le denomina arena gruesa con diámetros de entre 2.0 a 0.2 mm y arena fina de 0.2 a 0.02 mm. El componente esencial de éstas arenas es el sílice y los sedimentos son carbonatados. El denominador común del fondo son los “arenales” con escasos sitios rocosos.

1.5.2 Arrecifes y bajos fondos

El fondo marino se profundiza suavemente, con un gradiente tal que el borde de la plataforma continental se localiza a aproximadamente 80 Km de la costa, por lo que la pendiente baja suavemente y se observan bajos de arena a 1.5 y 2 km de la costa, hasta donde se localiza el proyecto.

I.6 Infraestructura del puerto

I.6.1 Obras de protección

Nombre	Localización	Localización	Año de Construcción	Longitud (m)	Ancho de Corona (m)	Altura de Corona (m)	Estructura
Escollera Oeste	Al Oeste de la Población	A	1984	169.0	1.50	1.50	Bolsacreto
Escollera este	Al Este de la Población	B	1984	366.3	1.50	1.50	Bolsacreto
Espigón	100 m al oeste de la escollera		1980	58.0	1.50	1.0	Bolsacreto

Tabla 1.4 Obras de Protección Puerto El Cuyo, Yucatán

I.6.2 Áreas de agua

Nombre	Localización	Localización	Longitud (m)	Area (m2)	Ancho de Plantilla (m)	Profundidad (m)	Fecha de Sondeo
Canal de Acceso		C	500.0	20000.0	40.0	-3.40	08/1996
Dársena De maniobras		D	100.0	34020.0	340.220	-3.40	08/1996

Tabla 1.5 Áreas de agua Puerto El Cuyo, Yucatán

I.6.3 Señalamiento marítimo

Nombre	Localización	Tipo de Luz	Periodo (s)	Numero de Destellos	Color Señal	Altura de Señal	Alcance Geográfico (M.N)	Alcande Luminoso (M.N)	Estructura
Faro El Cuyo		I Destellante	60	3	Blanca	+25.0	15.0	14.0	Concreto armado
Baliza Enfilación Anterior El Cuyo	II	Destellante	60	20	Blanca	+13.0	12.0	11.0	Concreto Armado
Baliza Enfilación Posterior El Cuyo	III	Destellante	60	30	Blanca	+15.0	13.0	11.0	Concreto Armado
Baliza Escollera Oriente El Cuyo	IV	Destellante	60	12	Verde	+8.0	11.0	7.0	Concreto Armado
Baliza Escollera Poniente El Cuyo	V	Destellante	60	12	Rojo	+8.0	11.0	7.0	Concreto Armado

Tabla 1.6 Señalamiento marítimo Puerto El Cuyo, Yucatán

I.6.4 Obras de atraque

Nombre	Loc.	Prop.	Año de Cons..	Disposición	Long. (m)	Ancho (m)	Bandas de Atraque	Longitud de Atraque (m)	Altura (m)	Prof. (m)	Estructura	Entidad que la opera	Uso
Muelle Sur	1	F	1986	Marginal	224.2	10.0	1	224.2	1.40	-3.00	Muro de Concreto y piedra	F	Pesquero
Muelle Sur	1	F	1986	Marginal	100.0	0.50	1	100.0	1.40	-3.00	Muro de Concreto y piedra	F	Pesquero
Muelle Norte	2	F	1986	Marginal	209.7	10.0	1	209.7	1.40	-3.00	Muro de Concreto y piedra	F	Pesquero
Muelle Este	3	F	1986	Marginal	99.68	10.0	1	100.0	1.40	-3.00	Muro de Concreto y piedra	F	Pesquero

Tabla 1.7 Obras de atraque Puerto El Cuyo, Yucatán

1.6.5 Edificios

Nombre	Propiedad	Niveles	Area total (m2)	Estructura	Propietario	Uso
Capitanía de puerto	Federal	1	77.29	Block y Concreto	Dirección General de Puertos	Atención al público

Tabla 1.8 Edificios Puerto El Cuyo, Yucatán

I.6.6 Localización de la Infraestructura del puerto

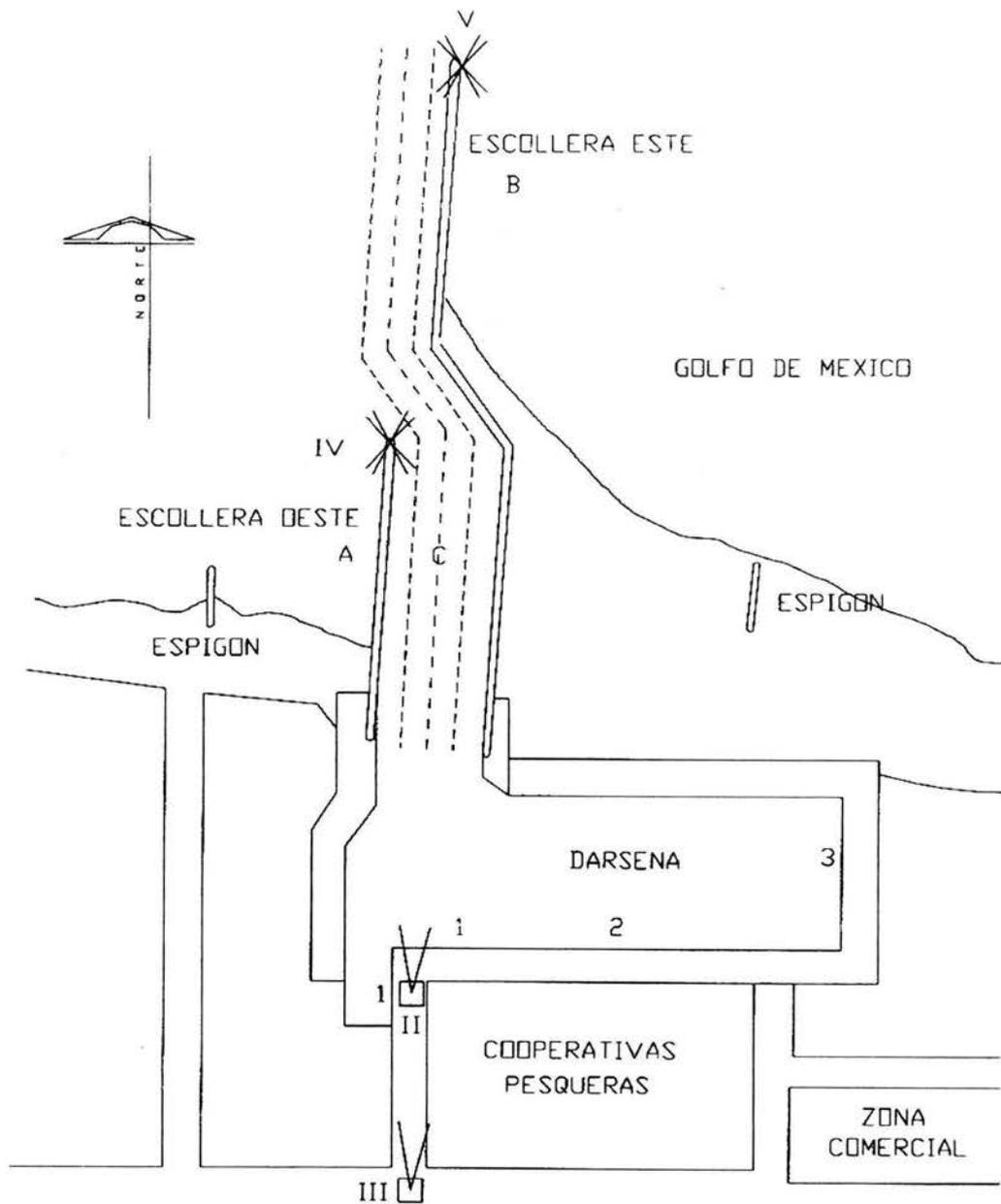


Fig.1.2 Croquis de la localización de la infraestructura de Puerto El Cuyo

CAPITULO II.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Descripción general

La actividad de dragado que se realizaron en el refugio pesquero de El Cuyo, Yucatán, consiste en la extracción del material del fondo marino durante el año 2002, con el propósito de incrementar y mantener el tirante de agua para propiciar condiciones de seguridad en la navegación de embarcaciones pesqueras.

La obra es de tipo mantenimiento correctivo, preventivo para proporcionar un refugio a la flota pesquera, incrementar la seguridad de navegación y evitar inundaciones o desecaciones extremas en las inmediaciones.

Los trabajos que se llevarán a cabo son básicamente de dragado por un año, en los cuales se dragaran 50, 000 metros cúbicos de material de sedimento en una superficie total de 25, 500 metros cuadrados, de una franja lineal de 850 metros con un ancho de 30 metros.



Figura 2.1 Proyecto Geométrico del Dragado de Puerto El Cuyo, Yucatán.

La extracción del sedimento se realizará por succión mecánica y se bombeará al sitio de depósito, a través de tubería semirígida, donde se decantará y se nivelará con trascabo.

En lo que se refiere al depósito del material producto del dragado, se pretende implementar un bordo perimetral del material de préstamo lateral, en donde por medio de una retroexcavadora auxiliada de la draga se estructurará una superficie de 300 x 200 metros de suelo semimpermeable con un bordo perimetral de 1.6 metros constituido de material terrígeno excedente y un tubo semirígido que hará la función de canaleta para desalojo de agua sobrenadante. La superficie total por afectar correspondiente al depósito es de 60, 000 metros cuadrados y se pretende ubicarla fuera de la dársena en la línea de la costa, en la zona Oeste anexa a la escollera poniente. (Anexo Plano DD-CUYO-2002-01 "Planta General")

II.1.1 Tipo de obra

Obra de mantenimiento y aprovechamiento de la estructura portuaria y natural ribereña en lo relativo a la protección, ya existentes en la bocana de la Ría Lagartos, aplicando el programa para el dragado de mantenimiento que requiere los puertos pesqueros para mantener las profundidades requeridas por la flota pesquera en el canal de acceso, y dársena del mismo se pretende la realización de obras o actividades asociadas dentro de la competencia de la federación, dentro del Sector Hidráulico Subsector Obras de cuerpos de agua nacionales..

La obra se ejecutara en 5 etapas que incluyen

- I. Instalación y Movilización del equipo.
- II. Extracción del sedimento depositado en el canal de acceso.
- III. Transportación de material sedimentarlo.
- IV. Depositación de material.
- V. Retiro del equipo.

En las etapas de transporte y disposición del material será en las áreas especificadas la empresa promovente o concertadas con las autoridades competentes.

II.1.2 Políticas de crecimiento a futuro

La obra contempla una vida útil de 3 años y el decremento a futuro esta en función de las condiciones climáticas, pluviales, fluviales y de intemperismos severos. Este tipo de actividad se realiza de forma permanente en todo tipo de puertos para asegurarla hidrología y seguridad de operación, estando en función de las características de la infraestructura, diseño y procesos oceánicos - costeros.

II.1.3 Naturaleza del Proyecto

Para dar cumplimiento al Programa de Infraestructura Pesquera, la Dirección General de Puertos, a través de la Dirección de Dragado, a establecido un programa para el dragado de mantenimiento que requiere los puertos pesqueros para mantener las profundidades requeridas por la flota pesquera en el canal de acceso, y dársena del mismo se pretende la realización de obras o actividades asociadas dentro de la competencia de la federación.

II.2 Descripción de obras y actividades principales del proyecto

II.2.1 Características particulares del proyecto

La obra es de tipo de mantenimiento correctivo / preventivo para proporcionar un refugio a la flota pesquera, incrementar la seguridad de navegación y evitar inundaciones o desecaciones extremas en las inmediaciones.

II.2.2 Descripción de las Obras Civiles

II.2.2.1 Diseño, construcción y operación

- a) Descripción general de las obras civiles a realizar. Se requiere de la implementación de una área de depósito de sedimentos la cual consiste en superficie rectangular de 200 x300 mts preferentemente con un bordo perimetral de 1.60 m de altura
- b) Superficie que ocupará cada una de las obras, incluyendo además de la(s) planta(s) de producción, las siguientes: Obra de dragado 25,500 m² zona de depósito 6 Has.

- c) Sitios de tiro, indicar su ubicación, el tipo de material a disponer. El sitio de tiro es fuera de la dársena en la línea de costa en la zona anexa a la escollera Oeste.
- d) Superficie total siete hectáreas que corresponde a zona federal.

II.2.2.2 Infraestructura

La infraestructura requerida y de uso para efectuar el dragado se dispone por ser las escolleras, canal de acceso, dársena existente y área de depósito disponible.

II.3 Justificación del proyecto

Los procesos de vaciado de las lagunas costeras en correlación directa retardada de los periodos de marea y el acarreo natural de los ríos hacia sus desembocaduras al mar es determinante para que los compuestos ortofosfatados, síliceos y humicos sean aportados a los sistemas marinos, sin embargo en la actualidad provocado por los usos desmedido de los causes fluviales como fuentes de suministro de agua dulce y en este caso en particular la alta tasa de evapotranspiración la cual producen desecación y los azolves de las cuencas bajas, derivando en la necesidad de actividades de dragado en forma periódica para eliminar los sitios de sedimentación, negativos para el ecosistema y las actividades portuarias .

II.3.1 Objetivo técnico

Restituir y aprovechar el potencial de los recursos hidrológicos, dinámicos y acuáticos naturales con que cuenta el sistema lagunar de La Ría (agua, zona de protección, área productiva y capacidad de depuración de los sistemas océanocostero-terrestres),

II.3.2 Objetivo económico

Coadyuvar en la organización y administración optima los recursos de su actividad, reduciendo costos de contingencia producido por condiciones climatológicas, con ello arribar al desarrollo de la producción racional de los recursos naturales con que contamos y aportar una zona de protección para la flota pesquera del Golfo Norte.

II.3.3 Objetivo social

Propiciar la seguridad de las embarcaciones, estructuras portuarias y de vivienda de los núcleos poblacionales asentados y con ello el mejoramiento de las condiciones de nivel de vida de los habitantes de la región, en consecuencia el proyecto, propiciará un incremento de actividad tradicional proporcionado por ende un mayor ingreso económico.

II.4 Programa General de Trabajo

II.4.1 Selección del sitio

Según las evaluaciones batimétricas realizadas se concluye que la obra de dragado dará solución al problema de azolve, desecación y hipersalinidad del área, aunado al hecho de ser oficialmente determinada y ocasionalmente empleada para la navegación y el resguardo de embarcaciones pesqueras, que se encuentra en las proximidades del frente estuarino, específicamente dentro de la cuenca lagunar formada por la laguna costera de la Península de Yucatán con el Golfo de México, dentro de la zona comprendida entre la conformación del cordón litoral de Las Coloradas y la península de Yucatán. Además de aportar y eficientizar los periodos de llenado y vaciado de la laguna, esto se podría de realizar por medio de draga de succión con tubería semirígida de conducción. El tipo de la obra determinó el sitio bajo las condiciones topográficas, requerimiento ambientales y de seguridad de maniobrabilidad marítima.

Los aspectos considerados en la selección del predio de referencia, se efectuaron bajo los siguientes criterios técnicos:

- Facilidad de acceso y disponibilidad de servicios
- Proximidad de la cuña de intrusión de agua salada y estabilidad ambiental
- Plano topobatimétrico de Canal de acceso y sitio de depósito
- Parámetros aceptables de calidad de producto (físico - químicos, toxicidad y bacteriología)
- Congruencia con las políticas del plan estatal y nacional desarrollo.

El área que se propone es la desembocadura de El Cuyo, siendo sometida una superficie total de 2.5 hectáreas de lecho marítimo - lagunar dentro de la zona federal, los cuales se pretende aprovechar en su totalidad, no incluye las áreas de depositación.

El uso que guarda actualmente el predio objeto de este proyecto, es el de puerto de flota pesquera.

El terreno en donde se ubica este proyecto, es de índole federal y geográficamente dentro del municipio de Tizimin, Yucatán.

No contempla ningún cambio de sitio en virtud de que esto es determinante por su cause natural vocación y que está determinado por ser esta una obra de Mantenimiento y no de nueva creación además de no incidir en algún cambio del cause natural.

II.4.2 Preparación del sitio

No se requiere ninguna estructura para iniciar la operación de dragado. Las únicas actividades previas a la operación son: La de efectuar el estudio batimétrico para el cálculo de volumen por dragar y para conocer las profundidades existentes previo a las obras de dragado, además de la caracterización de elementos bióticos, abióticos y características sedimentológicas por análisis de laboratorio.

En lo referente al sitio de depósito se prevé que para cumplir con el requerimiento de la autoridad para la disposición de material será necesario la implementación de bordo perimetral de material de préstamo lateral, en donde por medio de una retroexcavadora auxiliada de la draga se estructura una superficie de 300 x 200 m. de suelo semipermeable, con un bordo perimetral de 1.60 mts. constituido por material terrígeno excedente y un tubo semirígido que hará la función de canaleta para desalojo de agua sobrenadante.

- Ubicación en plano, de los sitios en donde se realizarán los dragados, indicando el nombre del cuerpo de agua o zona inundable por afectar.
El cuerpo de agua corresponde a la desembocadura del estero de La Ría
- Superficie afectada durante el dragado y porcentaje de la superficie total afectada.
25,500 m² lo que corresponde a un porcentaje 70% del total del canal de acceso.
- Porcentaje de la superficie total del cuerpo de agua o zona inundable afectada por esta actividad.
Corresponde a un porcentaje despreciable de toda la cuenca
- Superficie total por afectar.
25,500 m² lo que corresponde a el dragado y 60, 000 m² el deposito.
- Volumen de material por remover.
89,000 m³
- Tipo de material por extraer, señalando sus características, haciendo énfasis en aquellas que pudieran ocasionar la contaminación del sitio en donde se disponga.
Sedimento natural del tipo arena fina compatible a sitio de deposito.
- Ubicación en plano, de los sitios en donde se dispondrá el material dragado, indicando el nombre del cuerpo de agua o zona inundable por afectar, en su caso.
Se dispondrá de la línea de costa del banco de Yucatán en Golfo de México
- Superficie total por afectar durante la disposición del material.
60,000 m²
- Forma de manejo y traslado del material de dragado.
Por bombeo a través de tubería semirígida.
- Descripción de la técnica por emplear, tanto en la extracción como en la disposición del material.
Por succión mecánica es removido el sedimento del lecho, y se bombea al sitio de deposito donde se decanta y se nivela con trascabo.
- Obras de dragado de cuerpos de agua nacionales.
Volumen que será dragado. 50,000.00 M3

- Diseño de muestreo para la caracterización del material a dragar. Sistemático sobre el material a remover.
Parámetros que serán analizados en las muestras del material de dragado.
Análisis CRETIB.
Resultados de la caracterización del material dragado No peligrosos, naturales con adiciones de compuestos antropogénicos.

II.4.3 Operación y mantenimiento

La actividad a desarrollar es de alcanzar la profundidad de seguridad en navegación y consiste en la extracción de sedimento acumulado de forma natural por medio de draga de succión, o equipo mecánico, el que se transportara por bombeo a través de tubería de conducción.

II.4.4 Situación legal del predio

Es de competencia Federal, y corresponde a la Secretaria de Comunicaciones y Transportes el mantenimiento de las vías de navegación.

Como se ha descrito la selección del sitio esta determinada por ser una zona por vocación y uso en esa actividad la cual es imposible cambiar tanto por seguridad como por operatividad del puerto. El no llevar a efecto dicha operación con lleva a que se vea afectada la seguridad regional por funcionalidad de operación de las maniobras de navegación una fuente principal de ingresos para las comunidades pesqueras del puerto en el Golfo de México. Además de que seria condicionada su operatividad, aunado a las sanciones correspondientes por inseguridad y perdidas de embarcaciones y riesgo personal de las tripulaciones, la máxima pérdida sería el cierre de la barra y por ende la salinización y desecación de las áreas de inundación perdiendo los hábitats de las especies protegidas.

II.4.5 Sitios alternativos

No se contempla por ser el único sitio para abatir la hipersalinidad, desecación y proporcionar resguardo de flota pesquera ribereña.

II.4.6 Superficie total requerida (ha, m2)

25,500 m2 De una franja lineal de 850.00 m con un ancho de 30 m.

CAPITULO III.

IMPACTO AMBIENTAL

CAPITULO III. IMPACTO AMBIENTAL

III.1 La legislación actual

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece en el Artículo 28 que:

“La realización de obras o actividades públicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en los reglamentos y las normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación para proteger al ambiente, deberán sujetarse a la autorización previa del Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría o de las entidades federativas o municipios, conforme a las competencias que señala esta Ley, así como al cumplimiento de los requisitos que se les imponga una vez evaluado el impacto ambiental que pudiera originar, sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes.

Cuando se trate de la evaluación del impacto ambiental por la realización de obras o actividades que tengan por objeto el aprovechamiento de recursos naturales, la Secretaría requerirá a los interesados que en la Manifestación del Impacto Ambiental correspondiente, se incluya la descripción de los posibles efectos de dichas obras o actividades en el ecosistema de que se trate. Considerando el conjunto de elementos que lo conforman y no únicamente los recursos que serían sujetos de aprovechamiento”.

III.2 Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática detectada en el área de estudio del proyecto

III.2.1 Descripción de la estructura del sistema

La estructura del sistema está constituido por fondo fluvial y la columna de agua, los componentes orgánicos son despreciables por la tasa de sedimentación del área que inhibe la fijación y desarrollo de comunidades bentónicas en tanto los organismos planctónicos se recuperan activamente en corto plazo y los nectónicos se ven beneficiados en su cadena trófica y la capacidad de evitar condiciones adversas como sería el incremento de sólidos en suspensión. La componente social no se modificará.

III.2.2 Análisis de los componentes ambientales relevantes y/o críticos

La columna de agua sufre desequilibrio de forma puntual y de corto plazo por la resuspensión de sedimentos, en contra parte esa misma resuspensión proporciona aereación necesaria para la oxidación de la materia orgánica y de algunos otros elementos presentes.

El suelo (fondo) el cual es el componente mas afectado por su remoción se restituye rápidamente por la alta tasa de sedimentación, y se favorece por la eliminación de algunos elementos asociados y transportados por la masa de agua, evitando la formación de capas anóxicas, las cuales generan compuestos tóxicos, como son las sales de metilmercurio, compuestos clorados, sulfatados o de plomo.

La biota bentónica es despreciable precisamente por la alta tasa de sedimentación y energía presente en este tipo de sistemas. En tanto planctónicos y nectónicos presentan una recuperación a corto plazo posterior a la actividad.

El aspecto social prácticamente no presenta modificación en lo referente a los componentes económicos por ser mínima la mano de obra, sin embargo directamente facilita el incremento de la flota pesquera y su seguridad, e indirectamente proporciona una mayor seguridad a las comunidades asentadas en las inmediaciones del Canal y la Laguna por asegurar el desfogue necesario, previniendo inundaciones de las zonas bajas durante la época de lluvias.

III.2.3 Diagnóstico ambiental.

La problemática ambiental de la zona es mínima los problemas registrados para la cuenca en cuestión son las zonas de sedimentación producen los bajos y estos a su vez incremento en las áreas de desecación, masas de agua hipersalinas lo cual se asocia a la presencia de flamings y pobre patrón hidrológico para lo cual como una medida de mitigación se aplicaran programas de dragado permanente, empleando el sedimento en la generación de zonas de restitución de la línea de costa, rellenos sanitarios y depósitos de vertimiento marino.

III.3 Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

III.3.1 Metodología para evaluar los impactos ambientales

En el caso de la obra motivo del presente estudio, la principal actividad perturbadora sobre el ambiente que satisface a la necesidad social se origina durante el proceso de dragado: remoción de material y disposición del mismo. A continuación se describirán las características particulares del área, anteriores al desarrollo del proyecto, así como los impactos ambientales más significativos que el medio sufrirá al implantarse la obra o actividad que se proyecta.

Se procederá a la ejecución de un resumen de estos impactos, preferentemente en forma de una matriz que concentra todas las etapas o elementos del proyecto contra los impactos calificados sobre el medio ambiente.

Es importante describir los impactos ambientales detectados, destacando su origen, evolución, incidencia y repercusión sobre el o los elementos del medio que serán afectados y reconocer en lo posible la serie de efectos primarios, secundarios y terciarios de las acciones del dragado sobre las áreas o elementos ambientales.

III.3.1.1 Método de Leopold

El método de Leopold consiste en estimación de dos parámetros que son magnitud e importancia. La magnitud incluye la intensidad, la temporalidad y la extensión de los impactos. La importancia trata de ponderar a los recursos que pueden resultar afectados en función a su valor económico, social o cultural; puede incluirse la importancia que representan los recursos potenciales y los que se encuentran en peligro de desaparecer. Los valores de magnitud y de importancia son jerarquizados en una escala del uno al diez. La significancia de los impactos se estima con la suma de la importancia y la magnitud. Las medidas de mitigación se recomiendan para acciones que producen impactos significativos, sin embargo, el nivel en el que un impacto es suficientemente significativo posee un alto grado de incertidumbre, ya que no existe un criterio único, y no hay bases suficientes que demuestren que la significancia sea simplemente la suma de dos parámetros con valor tan relativo.

A pesar de sus deficiencias, el método de Leopold resulta útil en la evaluación ambiental y en los casos en que se requiere disponer de medidas de mitigación de inmediato. En la evaluación ambiental se pueden establecer ciertas magnitudes y jerarquizarlas, considerando: niveles de tolerancia de los organismos, capacidad recuperativa de los ecosistemas, y velocidades de dispersión, entre otras.

El objetivo de la jerarquización es establecer las prioridades de mitigación y prevención de los impactos.

En el presente trabajo se evalúan los impactos, de acuerdo a su magnitud, asignando después de una evaluación y análisis de las alteraciones, una calificación en una escala del uno al cinco que indicará un grado de alteración ambiental, como se describe a continuación:

Para la ponderación de las calificaciones es posible considerar diversas características para cada impacto. En este caso se han considerado tres características que incidan en la significancia de los impactos ambientales, estas son la intensidad de la alteración en el ambiente (I), la extensión (E) que es capaz de cubrir u ocupar y la duración (D) de los efectos o impactos.

Cada característica o dimensión consta de tres valores que combinados (sumados o multiplicados), generan una escala de graduación de significancia que puede complementarse con información adicional. Los valores y significados de los diferentes grados considerados de las tres vertientes en la ponderación de la significancia de los impactos, se describe en el cuadro siguiente:

III.3.1.2 Característica grado valor significado

INTENSIDAD	BAJA	1	<VALOR DE NORMA*
	MODERADA	2	=VALOR DE NORMA
	ALTA	3	>VALOR DE NORMA
EXTENSIÓN	LOCAL	1	0 a 1000 metros
	MEDIA	2	1 a 5 Km
	AMPLIA	3	5 Km
DURACIÓN	CORTO PLAZO	1	<1 AÑO
	MEDIANO PLAZO	2	1 a 10 AÑOS
	LARGO PLAZO	3	>10 AÑOS

Tabla 3.1 Características grado valor significado

'SI NO EXISTEN VALORES DE NORMAS LA ESTIMACIÓN PUEDE SER CUALITATIVA.

La combinación aritmética de estos tres elementos y los valores designados a los respectivos grados de magnitud, dan por resultado 27 posibilidades diferentes, pero considerando que no existen jerarquías entre las dimensiones de intensidad "I", extensión " E" y duración "D", dichas combinaciones se reducen a diez como sigue:

COMBINACIÓN SUMA VALOR DE PONDERACIÓN

3, 3, 3 9 5
 3, 3, 2 8 5
 3, 3, 1 7 4
 3, 2, 2 7 4
 3, 2, 1 6 3
 2, 2, 2 6 3
 3, 1, 1 5 2
 2, 2, 1 5 2
 2, 1, 1 4 1
 1, 1, 1 3 1

Una calificación de 5 por ejemplo puede aplicarse a impactos ambientales de Intensidad "I" Alta, de Extensión "E" Amplia y con recuperación "D" en el largo plazo (combinación 3,3,3),o también de I = Alta, E = Media y D = Largo Plazo (combinación 3,2,3), que a su vez podría ser I = Media, E = Amplia y D = Largo Plazo (2,3,3). Estas calificaciones sólo indican para una misma actividad del proyecto la afectación diferencial entre los componentes del medio no pueden hacerse comparaciones entre alteraciones en el medio para diferentes componentes ambientales causadas por una o varias actividades. La utilidad de la calificación consiste en la rápida localización de las alteraciones que requieren de medidas correctivas y de prevención, así como la identificación de la o las acciones del proyecto. Que son causantes de dichas alteraciones.

En general se considera que tendrán prioridad de prevención, mitigación y/o compensación, aquellos impactos con calificación mayor (5 a 3), sin embargo los que tengan calificación menos no deberán por ese solo hecho, quedar exentos de recomendaciones.

III.3.2 Impactos ambientales generados

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que resultarían de las actividades (extracción del sedimento, bombeo al sitio de depósito necesarias en la realización de la obra y el desarrollo de sus etapas, se optó por utilizar los criterios y acciones del cronograma de trabajo a realizar en la preparación del predio, construcción y operación, de forma tal que se agruparon los elementos del medio natural sujetos a alteración y los factores ambientales incidentes en esa alteración.

Los elementos del medio natural identificados son: suelo, agua, aire, flora, fauna y socioeconómicos, mismo que por medio de matrices específicas que integraron los factores ambientales que inciden en ellos, permitieron evaluar el grado de afectación que se puede ejercer.

El medio socioeconómico de acuerdo a los resultados de evaluación, es el que directamente se ha visto impactado desde la etapa de preparación, como en la de construcción y de manera obvia en la operativo, correspondiéndole una clasificación de impacto benéfico temporal en la fase preparación y construcción de la infraestructura y tipificado como benéfico permanente en la etapa de operación del proyecto.

Dado que el compromiso del Sector Comunicaciones con y para la sociedad, sobre todo en la elevación de la calidad vida y esta se cimienta en el aprovechamiento sustentable de los recursos y su permanencia (de los recursos), por lo mismo se proponen como medidas compensatorias tres acciones comprometidas ha desarrollar en el corto y mediano plazo.

Acorde con la base de la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos 1999 (CMAP) que utiliza el INEGI asociado al código ambiental CA la operación de dragado no esta comprendida dentro de los sub-sectores que se listan como actividades generadores de fuentes fijas de jurisdicción Federal en materia de Prevención y Control de contaminación a la atmósfera, siendo el principal impacto ambiental en el ámbito del agua al efectuar la actividad de extracción de sedimentos, secundado por atmósfera por emisión de la maquinaria.

A la fecha existen únicamente límites máximos permisibles para los criterios de calidad del agua, al momento de su disposición, poca o nula información ambiental el la gran mayoría de los cuerpos receptores, y mucho menos de los sedimentos depositados en su lecho. Dentro del proceso de dragado se ha identificado modificaciones en la turbiedad por la resuspensión de sólidos, abatimiento de oxígeno por las reacciones óxido-reductivas de los elementos presentes, e incremento temporal instantáneo de algunos por su resuspensión dentro de la columna de agua.

Para identificar cualitativa y cuantitativamente se llevaron a efecto análisis de laboratorio bajo dos indicadores de impacto auxiliares como son Calidad de Agua y Suelo los cuales regulan los residuos líquidos y sólidos, respectivamente.

III.3.2.1 Construcción del escenario modificado por el proyecto

Sobre la calidad del agua, se espera un impacto benéfico significativo, ya que se retirarán los materiales que se han estado acumulando en el lecho del canal, tales como escombros, residuos de construcción, desechos orgánicos e inorgánicos de origen doméstico, desechos orgánicos.

Estos materiales se han ido acumulando en la zona y sobre todo se observa en la margen de la duna costera, con niveles poco elevados próximos a la dársena y una cobertura sobre extendida, lo que acarrea arrastre de materiales contaminantes por vientos y lluvias abundantes hacia el interior de la dársena, provocando problemas de contaminación.

Por lo que respecta a la calidad del suelo, el impacto esperado por la limpieza de este sitio es benéfico, porque serán retirados los desechos orgánicos e inorgánicos que se fueron acumulando en la zona.

Por lo que respecta a olores los cuales son apreciables en esta área, se estima un efecto benéfico, ya que cesarán las emisiones por descomposición de materia orgánica, y se le aplicará un manejo dedicado al rescate del área afectada.

La limpieza en el canal de dragado tendrá un impacto de reducido a mediano. Los elementos de la composición (escénicos) serán afectados de manera benéfica significativa por la limpieza del sitio, ya que serán removidos los elementos nocivos tales como escombros, basura y desechos, propiciando un escenario menos deteriorado y más favorable en virtud que de las tres canales de acceso a la Ría Lagartos esta es la que presenta mayor detrimento.

La calidad de vida y los patrones culturales se verán beneficiados de manera significativa por la limpieza del sitio y por la compactación y nivelación de zonas de dunas que almacenan desechos.

Sobre la economía, se presentará un impacto benéfico ya que se generará empleo durante obra, aunque para esta actividad se considera solo temporal y no significativo.

Por lo que respecta al uso del suelo, se estima que se presentará un impacto benéfico significativo, ya que marcará los límites al crecimiento de la mancha urbana, definiendo el uso actual del sitio como terreno urbano y promoverá un control a la disposición desordenada de desechos si se pretende desarrollar actividades deportivas, turísticas y pesqueras, más compatible con las que se desarrollan actualmente en el área.

Aunado a la información anterior y considerando que físicamente lo que se realiza es la modificación del relieve del fondo del cause, lo que incremento la velocidad de flujo, los sólidos en suspensión temporalmente y la disturbación en la biota, no existiendo desequilibrio en la zona de depósito en principio por ser un medio ya impactado y segundo por que con objeto de coadyuvar en la depuración y restauración del medio ambiente los sedimentos son nivelados y proveen el sustrato fijo para generar vegetación, tapados de desechos antropogénicos y restitución de línea de costa.

III.3.2.2 Identificación de las afectaciones al sistema ambiental

Basado en lo anterior se determina que:

- Cambio de relieve este afecta directamente a la velocidad de flujo sin modificar genéricamente el patrón de circulación o cambio de cause.
- Cambios temporales y puntuales en la columna de agua por la resuspensión del sedimento.
- Modificaciones temporal y puntual a la biota, por extracción del sustrato.
- Incremento instantáneo de ondas sonoras y emisiones a la atmósfera por utilización de maquinaria.
- Modificaciones de la zona de deposito y saneamiento de las superficies de la obra.

III.3.2.3 Caracterización de impactos

Una vez identificados los impactos, proceder a caracterizarlos, considerando entre otros elementos, las estimaciones cualitativas o cuantitativas que hayan realizado con anterioridad.

III.4 Identificación de indicadores de impactos ambientales

De principio la actividad proyectada, corresponde a el servicio de Mantenimiento de estructuras portuarias y vías de comunicación la cual acorde con la base de la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos 1999 (CMAP) que utiliza el INEGI asociado al código ambiental CA este tipo de servicio no esta comprendido dentro ninguno de los sub-sectores que en listan a las fuentes fijas de jurisdicción Federal en materia de Prevención y Control de contaminación a la atmósfera, siendo el principal impacto ambiental en el ámbito del agua.

- Para identificar cualitativa y cuantitativamente se llevaron a efecto análisis de laboratorio bajo indicadores de impacto auxiliares como son Calidad de Agua y sedimentos.
- Se evaluó la capacidad al corte y características estratigráficas para definir los alcances del proyecto y las características de ingeniería del trazo en el cause.

III.5 Impactos ambientales identificados

III.5.1 Alteración de la cubierta vegetal marina:

La alteración de la cubierta vegetal subacuática seña posible considerar, en primera instancia, como una actividad que genera un impacto negativo reversible ya que sobre ésta área se proyecta la extracción completa de lecho sin embargo dada la magnitud de taza de sedimentación natural en el lechos de este tipo de cuerpos costeros se provoca enterramiento y por tanto no se observo o reportó ningún tipo de cubierta vegetal.

III.5.2 Alteración de la cubierta bentónica:

Es claro que al alterar las condiciones del lecho del Canal por extracción se tiende a eliminar las poblaciones bentónicas del canal, sobre todo de aquellas del tipo oportunista que aprovechan las condiciones inducidas sin embargo en este tipo de lechos por ser tan grande la sedimentación no permite la fijación de fauna.

III.5.3 Generación de ruido:

La generación de ruido en las inmediaciones producidas por la maquinaria de combustión interna, no sobre pasa los 70 decibeles,

III.5.4 Cambios físicos en la columna de agua:

Se identifica un impacto adverso sobre la calidad del agua de la dársena, por aporte de material terrígeno, incremento de la turbiedad y sólidos totales suspendidos, así como la remoción de sedimentos con la consecuente caída del oxígeno disuelto en la columna de agua, por oxidación de materia orgánica del bentos. Este efecto es temporal y por el tamaño de la obra de mantenimiento, no es de dimensiones considerables, solo se presentará de manera puntual.

Durante el proceso de dragado por succión es inevitable la resuspensión de partículas lo cual ocasiona el incremento de turbidez y sólidos en suspensión, en las inmediaciones de las áreas de operación e incremento de algunos elementos presentes en los sedimentos.

Sobre la calidad del agua, se espera un impacto benéfico significativo, ya que se retirarán los materiales que se han estado acumulando en el sitio, tales como escombros, residuos de construcción, desechos orgánicos e inorgánicos de origen doméstico, desechos orgánicos. Estos materiales se han ido acumulando en la zona, y el margen sur de la duna costera, con niveles poco elevados próximos a la dársena y con una cobertura sobre extendida, con lo que se puede presentar arrastre de materiales contaminantes por lluvias abundantes hacia la área, provocando severos problemas de contaminación.

III.5.5 Efectos sobre el fondo marino del canal de acceso

Aunque en las especificaciones de la obra no se contempla el afectar la capa rocosa, por si mismo el dragado costero tiene un riesgo potencias de dañar la capa impermeable de caliche, modificando el equilibrio dinámico de la interfase salina y el grosor del manto freático aprovechable, en un área considerable de la zona costera. Este efecto seria uno de los impactos más importantes sobre la hidrología subterránea que se podrían presentar por la actividad de dragado, sin embargo, cuenta con medida de mitigación.

III.5.6 Impactos en sitio de depósito

Se prevé que los impactos negativos a corto, mediano plazo y de baja a mediana magnitud que son típicos de esta actividad serán despreciables al equipararse con los impactos favorables propiciados por tratarse de un material que presentará características de inocuo, que favorecerá la rehabilitación y generación de la capa vegetal superior; además de que evitará que los residuos municipales y que el transporte eólico provoque su dispersión.

Sobre los elementos de la hidrología superficial, en la zona de depósito de los materiales productos del dragado podrían generar encharcamientos temporales en las zonas definidas para su relleno, sin embargo esta afectación es mínima, temporal y exclusivamente puntual.

En lo que se refiere al suelo, en el atributo de topografía, este se verá afectado benéficamente por la definición de la zona de tiro de los materiales, ya que estos servirán para el relleno y nivelación de las zonas bajas del sitio,

La conexión del canal con la duna a través de la tubería se identifica un impacto adverso sobre la calidad del agua de la línea de costa, por aporte de materiales terrígenos, incremento de la turbiedad y sólidos totales suspendidos, así como la remoción de sedimentos con la consecuente caída del oxígeno disuelto en la columna de agua, por oxidación de materia orgánica del bentos. Este efecto es temporal y por el tamaño de la obra no es de dimensiones considerables, solo se presentará de manera puntual y no significativo.

La remoción, transporte, y depósito del sedimento crea grandes cantidades de cieno. Las partículas más grandes pueden depositarse más rápido que las partículas finas, las cuales pueden ser acarreadas a grandes distancias antes de sedimentarse. En este sentido, el efecto del dragado se extiende fuera de los límites del área destinada para la obra. Más aún, los sedimentos finos pueden suspenderse nuevamente debido al efecto turbulento de las mareas y las corrientes generadas por vientos; así, los efectos se extienden también en el tiempo y el espacio. Las partículas suspendidas crean un cierto número de problemas ambientales. Cuando se depositan recubren a las plantas sumergidas y su fauna benthica; mientras están en suspensión pueden obstruir las agallas de organismos.

Durante la operación del dragado, así como la resuspensión del cieno por corrientes, se incrementa la turbidez del agua e impide cada vez más el paso de la luz hasta el fondo. Lo anterior reduce la fotosíntesis y se refleja en una productividad disminuida y bajos niveles de oxígeno disuelto.

Si a esto se le agrega un ambiente béntico anaeróbico y una columna de agua con una alta demanda de oxígeno para procesos bioquímicos, los niveles de oxígeno se pueden abatir drásticamente en las inmediaciones de la remoción, relleno y canalización y actuar como un límite para el tránsito de diversas especies acuáticas, principalmente en la temporada de lluvias, que es cuando entra a la dársena una gran cantidad de larvas de camarón, jaiba y peces.

Las alteraciones físicas asociadas con el dragado y el relleno afectan también al ambiente. Estas depresiones o áreas profundas creadas por dragado y los rellenos provocan cambios a largo plazo en las corrientes y la circulación del agua. Lo anterior afecta la mezcla y el flujo de las aguas estuarinas y eventualmente, cambios en la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, acumulación de sedimentos, y en última instancia, en la productividad del sistema. Sin embargo, dadas las dimensiones del proyecto, estos efectos no se consideran significativos además de ser favorables por el tipo de descargas que se vierten en la dársena y el pobre patrón hidrológico presente.

III.6 Evaluación de los impactos

III.6.1 Etapa de preparación del sitio

IMPACTO IDENTIFICADO	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	DURACIÓN	SUMA	PONDERACIÓN
ACONDICIONAMIENTO DE SITIO DE DEPÓSITO	-2	+2	+2	+2	+1
COLOCACIÓN DE TAPIALES Y SEÑALAMIENTOS	+2	+1	+1	+4	+1
COLOCACIÓN DE BORDO PERIMETRAL	-1	-1	-1	-3	-1
OPERACIÓN DE MAQUINARIA	-3	-1	-1	-5	-2
CONTRATACIÓN DE INGENIEROS Y MANO DE OBRA	+3	+1	+2	+6	+3

Tabla 3.2 Etapa de preparación del sitio.

III.6.2 Operación y mantenimiento

IMPACTO IDENTIFICADO	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	DURACIÓN	SUMA	PONDERACIÓN
EXTRACCIÓN SEDIMENTOS Y DE AGUA	-1	-1	+3	+1	+2
RESUSPENSIÓN DE SEDIMENTO	-2	+3	+3	+7	-2
PROCESO DE DECANTACIÓN EN ÁREA DE DEPÓSITO	-1	+2	+2	+3	+3
ACCIONES INDUCIDAS	+2	+1	+3	+6	+3
EXCEDENTES DE AGUA MAR Y RESTITUCIÓN DE LA DINÁMICA HIDRÁULICA	+1	+3	+2	+6	+5

Tabla 3.3 Operación y mantenimiento.

Una vez terminada la tabla de ponderación de los impactos ambientales identificados se transfieren los conceptos al formato de la Matriz de Leopold en el que previamente se ha tenido el cuidado de dejar solamente a los componentes ambientales involucrados o con posibilidades de afectarse por las actividades del proyecto, así como evitar la duplicación de impactos, manteniendo solamente impactos independientes.

Del análisis de los resultados obtenidos en la Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales, podemos observar que los principales impactos negativos significativos en la etapa de preparación del sitio son los relacionados con la colocación de tubería y el uso de maquinaria los cuales son puntuales y de corto plazo. El resto de los impactos de la etapa con un valor ponderado de + 1, casos de impacto positivos para los componentes de estabilidad de sustrato, seguridad, empleo y calidad de vida.

En la etapa de operación y mantenimiento es donde se identifican las mayores bondades del proyecto, ya que la mayor parte de los impactos son positivos con un valor ponderado de +5 principalmente en los componentes ambientales socioeconómicos, encontrándose solamente algunos impactos adversos con valor pondera de -2.

El componente ambiental mas beneficiado en esta etapa es el del habitat en virtud de que se restituye las características hidrodinámica de la zona por el Ingreso de mayores masas de agua y una mayor dinámica.

El hecho de haber obtenido sólo algunos impactos adversos no es inesperado, teniendo en cuenta que el sitio

de instalación del proyecto había sido alterado previamente y se encuentra en un área destinada y preparada para el desarrollo portuario

III.7 Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales

III.7.1 Cubierta vegetativa

En este aspecto no existe forma de evitar la remoción de dicha cubierta, sin embargo a favor de esta acción se asume que las poblaciones fitobentónicas son nulas. El área de actividad se presentan una tasa de sedimentación muy alta propia de este tipo de ambientes lo que provoca el sepultamiento de las comunidades incluso incipientes. Otro aspecto positivo es que no se cambia la capacidad de captación de agua ni la tasa de evaporación.

III.7.2 Alteración de la población animal

Al hacer un análisis de restitución de población contra depuración de área observó que en el área de operación se incremento el numero de poblaciones presentes en relación directa con el tiempo posterior al termino de actividad por que aporta un sustrato mas firme y por tanto de menor turbiedad.

III.7.3 Alteraciones a la atmósfera

De las mediciones realizadas por tratarse de maquinaria de combustión interna, en la actividad de construcción sin rompimiento de estructuras los niveles oscilan entre 70 y 60 decibeles dentro del área de máquinas minimizándose hacia el exterior, nivel dentro de los límites permisibles marcados por la LGEEPA, así mismo por tratarse de áreas abiertas cualquier ruido excepcional se mitiga rápidamente, en tanto las emisiones a la atmósfera son del tipo temporal corto, Durante la operación y mantenimiento no existen emisiones a la atmósfera por ser motores eléctricos y los niveles de ruido son mínimos.

III.7.4 Columna de agua

La turbidez y el incremento de sólidos en suspensión dentro de la columna de agua, causada por los elementos presentes no nada más hace aportaciones negativas al sistema si se considera que muchos de los constituyentes determinados como micronutrientes o elementos traza, no alcanzan hacer aprovechados por los sistemas acuáticos por "perderse" dentro del ciclo de formación de rocas sedimentarlas, de manera que al efectuar este tipo de actividades se trunca este proceso por la resuspensión y la correspondiente aportación de nutrientes. Tal y como acontece por las estadísticas de pesquerías en las que se ha observado que en época de crecientes cuando se incremento la resuspensión por aportación se presenta un notable aumento en la biomasa y poblaciones nectónicas y planctónicas.

III.7.5 Sitios de deposito

Definir la altura del relleno sobre el nivel medio del mar y definir y considerar bordos perimetrales para evitar descargas a la costa por alteraciones a las condiciones originales de escurrimiento. Sin embargo, cabe aclarar que la magnitud del impacto es baja, dada la superficie del terreno sujeta a estas actividades. Aunado a esto, y considerando la calidad actual del agua en la zona, no se estiman cambios significativos en caso de presentarse un efecto de este tipo, además de la corta temporalidad que este podría tener.

III.7.6 Dragado

Como se menciona anteriormente, es muy importante conocer la profundidad de la capa del caliche para evitar a toda costa, una fractura o ruptura, en donde se pueda presentar un efecto de caída en la presión hidrostática del acuífero subterráneo, afectando una gran extensión en la zona costera.

Para esto, se ha definido la profundidad requerida, menor a la profundidad de caliche encontrada en la zona, haciéndose palpable la importancia de no dragar a profundidades mayores de la requerida.

III.8 Descripción de la medida o sistema de medidas de mitigación.

A continuación se presentan las tablas de medidas de prevención, mitigación y lo compensación de los impactos negativos para las etapas del proyecto, los cuales se identificaron a partir de las acciones impactantes. Es importante señalar que solamente algunas de las medidas establecidas se limitan a la etapa de aparición del impacto, ya que la mayoría deberán aplicarse durante las siguientes etapas. Una vez identificados los impactos ambientales y la modificación esperada del medio, se podrá establecer aquellas etapas del proyecto que requieren la definición inmediata de medidas de control y/o mitigación, para el caso de impactos adversos y proponer, en cada caso, opciones de control y mitigación de dichos impactos.

III.8.1 Etapa de preparación del sitio y obra.

IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN
Pérdida de la capa fitobentónica	Se programan las extracciones de sedimento
Pérdida de micro hábitat para poblaciones zoobentónicas y planctónicas	Habilitar el sustrato más estable y con menor turbiedad
Alteración de paisaje urbano	Inducir la recuperación de los alrededores
Ligero aumento puntual de temperatura	Evitar el acumulamiento de pozos de agua
Pérdida de sustrato	Se induce a un sustrato mas estable
Emisión de polvo	Humedecer las áreas antes de iniciar trabajos
Emisión de ruido	Trabajar en turno matutino Utilizar equipos debidamente ajustados y lubricados
Emisión de gases, partículas y humos	Trabajar con máquinas debidamente afinadas
Alteración de la compactación y estabilidad del suelo	Inducir la compactación y estabilidad en la zona Aplicar las recomendaciones del informe geotectónico
Producción de material de sedimento	El destino final deberá de aprovecharse en reuso

Tabla 3.4 Etapa de preparación del sitio y obra

III.8.2 Etapa de operación y mantenimiento.

IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN
Ruido	Empleo de bombas engrasadas y lubricadas
Aumento de la masa de agua del canal	Se calculó la extracción de sedimento para restituir a su cause normal

Tabla 3.5 Etapa de operación y mantenimiento.

III.9 Pronósticos ambientales y, evaluación de alternativas

Con base a la información descrita, antecedentes y obras similares se puede asegurar que este tipo de actividades en nuestro país esta sobreestimado en lo correspondiente a generación de desequilibrio ambiental, que esta actividad es indispensable no para la generación de ingresos económicos, sino en una manera de coadyuvar para la depuración de las áreas costeras en los sitios de depositación activos e incrementados por el represamiento de las aguas continentales para el servicio de riego o fuentes de abastecimiento y para incremento de los afores de los causes fluviales previniendo las inundaciones. Tan es de esa manera que se puede observar estadísticamente en el numero de obras de dragado de los países que buscan abatir sus índices de contaminación presentan programas permanentes de dragado aprovechando el material extraído y asegurando que en sus costas y poblaciones ribereñas no exista contingencias e intoxicaciones, en contraparte como las que se han presentado para lugares donde no se efectúan en forma adecuada y finalmente es obligatorio a nivel internacional para la seguridad de navegación o maniobras portuarias.

Aunque en las especificaciones de la obra no se contempla el afectar la capa rocosa, por si mismo el dragado costero tiene un riesgo potencia; de dañar la capa impermeable de caliche, modificando el equilibrio dinámico de la interfase salina y el grosor de; manto freático aprovechable, en un área considerable de la zona costera. Este efecto sería uno de los impactos más importantes sobre la hidrología subterránea que se podrían presentar por la actividad de dragado, sin embargo, cuenta con medida de mitigación.

Se identifica un impacto adverso sobre calidad del agua de la línea de costa, por aporte de material terrígeno, incremento de la turbiedad y sólidos totales suspendidos. Este efecto es temporal y por el tamaño de la obra de mantenimiento, no es de dimensiones considerables, solo se presentará de manera puntual.

CAPITULO IV.

ESTUDIOS PRELIMINARES

CAPÍTULO IV ESTUDIOS PRELIMINARES

IV.1 Levantamientos topohidrográficos

Es esencial hacer medidas de campo y cálculo para determinar la situación, características y cantidades de material a removerse, por tal motivo se realiza un levantamiento topohidrográfico.

Mediante un dispositivo, se localizan los seguimientos precisos de las trayectorias de la embarcación, a partir de las estaciones fijas en tierra y la móvil en la embarcación, imprimiéndose las distancias de todos los puntos requeridos.

El equipo registra las profundidades mediante ondas de sonido a través de un transductor dirigido verticalmente al fondo obteniéndose los registros correspondientes al ecosonda.

A su vez se realiza un levantamiento en tierra para poder obtener las cotas referidas en las playas oriente en donde se excavará, y playa poniente en donde se depositará el material producto de dragado.

IV.1.1 Levantamiento de Verificación Inicial.

IV.1.1.1 Posicionamiento y Control Terrestre

Al iniciar los estudios se establecieron los controles de coordenadas UTM de dos puntos cercanos a las áreas de control, llevándose una poligonal a vértices auxiliares localizados estratégicamente dentro de estas áreas y una nivelación diferencial a los vértices auxiliares que nos permitió conocer los niveles, referidos al N.B.M. (Nivel de Bajamar Media).

Los vértices auxiliares que se identificaron para los controles batimétricos fueron materializados mediante mojoneras de concreto de forma piramidal de bases cuadradas y se colocaron placas de aluminio con su identificación correspondiente (S. C. T. D.G.P, el número del vértice y sus coordenadas X, Y, y Z y la fecha)

IV.1.1.2 Programación de Rutas de Navegación

Una vez realizado el control terrestre de la geometría del área se realizó un estudio batimétrico inicial del área comprendida en la dársena interior con recorridos de la embarcación de 10 m y con fijas a cada 5 m, permitiéndose solo desviaciones del orden de 5 m en la línea de recorrido de la embarcación con el canal de acceso entre escollera y en su caso el canal necesario para llegar a la profundidad de - 3.00 m., así como en el área adyacente al rompeolas Oriente.

IV.1.1.3 Instalación y Posicionamiento de equipo GPS base

Esta actividad, consistente en instalar y posicionar en un punto de control de coordenadas conocidas confiables el equipo GPS Base, el cual recibe señales satelitales y emite a su vez señales de corrección al GPS Móvil, tuvo como función principal la de referenciar todo el levantamiento.

Una vez instalado el equipo GPS Base, se procedió a introducir en el software las coordenadas correspondientes, así como a verificar la transmisión adecuada de los datos.

La Ecosonda fue debidamente calibrada para conocer la exactitud del levantamiento y con una velocidad mínima de graficado del ecograma de 2 pulgadas por minuto, lo que nos permitió tener un perfil definido del fondo marino.

IV.1.1.4 Equipo Utilizado

Este levantamiento batimétrico se realizó el 9 de agosto del pasado año, con una estación GPS Novatel Milenium Propack/IIRT2 y una Ecosonda Hidrotrack de perfil continuo, además del siguiente equipo:

- Un Notebook Satellite PRO 2140 x
- Una lancha con motor fuera de borda
- Radios Portátiles de VHF módem Pacific

IV.1.1.5 Instalación y Posicionamiento de Equipo GPS Móvil

El equipo GPS Móvil fue instalado en la embarcación de sondeos, que para este levantamiento se trató de una lancha de 25 ft con motor fuera de Borda de 75 HP.

Asimismo, se instaló la ecosonda y su transductor, revisando que se recibiera señal tanto de los satélites como la corrección del GPS Base, interconectando asimismo a la ecosonda.

IV.1.1.6 Lectura de Regla de Mareas

A fin de referenciar el levantamiento batimétrico al Nivel de Bajamar Medio (N.B.M.), las lecturas de profundidad fueron afectadas por el nivel de marea existente en el momento del levantamiento, tomando como referencia un punto o banco de nivel de cota conocida.

Para este caso, el banco de nivel con el que se tomó la lectura del nivel de marea fue un punto auxiliar establecido para este propósito, en la esquina exterior de la deflexión del paramento del muelle norte.



*Foto 4.1 Grupo de batimetría tomando acuerdos para proseguir los trabajos, chequeando la profundidad con escandallo
El Cuyo, Yucatán
9 de Agosto 2002*

IV.1.1.7 Postproceso de datos

El software utilizado para el post-proceso de la información registrada fue *Hypack* y *CIVILCAD*, este último para la determinación de las áreas resultantes, así como para la configuración topográfica.

Dicho procesamiento consistió en generar y preparar un archivo de datos XYZ del levantamiento para posteriormente ser procesados. Lo anterior se realizó mediante la importación de los datos generados de los archivos de campo y su exportación como archivos de procesamiento.

El resultado gráfico del levantamiento permitió generar los planos de curvas de nivel y batimétricas con sus correspondientes fijas.

IV.1.1.8 Resultados

Cada uno de los levantamientos fueron representados en planos generales escala 1:2500 y en planos de detalle 1:1000, las secciones transversales se dibujaron a escala horizontal 1:1000 y vertical 1:100 en las secciones del canal de navegación y 1:500 horizontal; 1:50 en el vertical, en las secciones de la dársena.

Se realizaron seccionamientos a fin de definir los volúmenes de dragado de excavación y retiro de materiales, mediante el *CIVILCAD* versión 7, (Anexo Planos)

LI-EC-01-2	Planta Playa Oriente
LI-EC-01-3	Planta Playa Poniente
LI-EC-01-4	Secciones Canal
LI-EC-01-5	Secciones Dársena
LI-EC-01-6A	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-6B	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-7A	Secciones Playa Poniente
LI-EC-01-7B	Secciones Playa Poniente

IV.1.1.9 Cuantificación del volumen teórico

Con los datos de la batimetría del lugar y topografía obtenemos un plano de sondeos en el cual se indicará el área de dragado. Es decir, se determina a escala el área a dragar, y con un procedimiento gráfico determinamos el volumen a excavar.

Se procede a seccionar el área de dragado a distancias convenientes (a cada 20 metros), de acuerdo con la configuración del fondo.

Con objeto de aplicar la regla trapezoidal (o Regla de Simpson reducida) que nos dará las diferencias batimétricas en cada sección, las cuales, multiplicadas por el área constante nos proporcionará un primer volumen o un volumen parcial.

La suma de cada unos de los volúmenes parciales nos dará el volumen total

Así se tiene:

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) d \quad (4.1)$$

en donde:

V = volumen parcial en m³

A₁ = área 1 (m²)

A₂ = área 2 (m²)

d = distancia entre las secciones transversales (m)

A continuación se presenta la cubicación el levantamiento realizado el día 9 agosto con los siguientes datos.

CADENAMIENTO	AREA A DRAGAR M2	A1+A2	DISTANCIA MEDIA M	VOLUMEN DRAGADO M3	VOLUMEN ACUMULADO M3
CANAL DE NAVEGACIÓN					
0+000	1.10	1.10	0.00	0.00	0.00
0+020	11.37	12.47	10.00	124.70	124.70
0+040	25.72	37.09	10.00	370.90	495.60
0+060	43.42	69.14	10.00	691.40	1187.00
0+080	41.63	85.05	10.00	850.50	2037.50
0+100	54.39	96.02	10.00	960.20	2997.70
0+120	62.23	116.62	10.00	1166.20	4163.90
0+140	62.90	125.13	10.00	1251.30	5415.20
0+160	74.90	137.80	10.00	1378.00	6793.20
0+180	86.06	160.96	10.00	1609.60	8402.80
0+200	89.29	175.35	10.00	1753.50	10156.30
0+220	84.52	173.81	10.00	1738.10	11894.40
0+240	80.60	165.12	10.00	1651.20	13545.60
0+256.6B	69.90	150.50	8.30	1249.15	14794.75
0+256.6A	69.90	139.80	0.00	0.00	14794.75
0+280	68.77	138.67	11.70	1622.44	16417.19
0+300	63.42	132.19	10.00	1321.90	17739.09
0+320	62.25	125.67	10.00	1256.70	18995.79
0+340	60.46	122.71	10.00	1227.10	20222.89
0+350.6A	59.97	120.43	5.30	638.28	20861.17
0+350.6B	59.97	119.94	0.00	0.00	20861.17
0+360	55.78	115.75	4.70	544.03	21405.19
0+380	52.70	108.48	10.00	1084.80	22489.99
0+400	42.76	95.46	10.00	954.60	23444.59
0+420	45.35	88.11	10.00	881.10	24325.69
0+440	38.33	83.68	10.00	836.80	25162.49
0+460	36.20	74.53	10.00	745.30	25907.79
0+480	42.71	78.91	10.00	789.10	26696.89
0+500	48.70	91.41	10.00	914.10	27610.99
0+520	34.45	83.15	10.00	831.50	28442.49
0+540	13.21	47.66	10.00	476.60	28919.09
0+560	19.63	32.84	10.00	328.40	29247.49
0+580	14.95	34.58	10.00	345.80	29593.29
0+600	1.24	16.19	10.00	161.90	29755.19
0+620	0.00	1.24	10.00	12.40	29767.59

DÁRSENA					
0+000A	2.56	2.56	10.00	25.61	25.61
0+020A	0.35	2.91	10.00	29.08	54.69
0+040A	0.20	0.55	10.00	5.49	60.18
0+060A	0.00	0.20	10.00	2.02	62.20
0+080A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+100A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+120A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+140A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+160A	3.80	3.80	10.00	38.00	100.20
0+180A	15.77	19.57	10.00	195.66	295.86

VOLUMEN TOTAL	30063.45 m ³
------------------	-------------------------

Tabla 4.1. Cálculo del volumen de dragado, respecto al levantamiento inicial, en el canal de acceso y dársena en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.

IV.1.2 Levantamiento Topográfico

A fin de determinar la configuración topográfica de las áreas de tierra que se ejecutarán, se procedió a localizar los vértices de las estructuras principales que la conforman, así como del límite entre la tierra y el mar (cota cero).

Para ello, se utilizó un sistema GPS de precisión con tecnología RTK, marca Ashtech, modelo Locus.

Como apoyo a los trabajos de campo, se fijó un punto auxiliar localizado en el muelle sur de la dársena, determinando sus coordenadas a partir del punto de INEGI localizado en el vértice del muelle norte, mediante la utilización del equipo en modo estático.

Los resultados del levantamiento se muestran (Anexo Plano LI-EC-01-0 "Planta General").

IV.1.3 Levantamiento de Verificación después del Huracán Isidoro.

Debido a los acontecimientos que azotaron las costas de Yucatán por el paso del Huracán Isidore, el pasado 22 de septiembre del año pasado, los puertos de la costa yucateca quedaron destruidos materialmente, debido a la topografía general de ellas mismas quedaron sin defensa ante el ataque de las olas y vientos huracanados destruyendo en general todos los accesos tanto terrestres como marítimos las obras de defensa exteriores de defensa playera, no fueron suficientemente fuertes ante la magnitud del huracán Isidore, dejando destrucción y aislamiento, reportando la situación que se vivió en la Ciudad de Mérida y el Puerto de Progreso con respecto al desarrollo de la actividad en el desarrollo de los trabajos de dragado en el puerto de El Cuyo, estado de Yucatán.

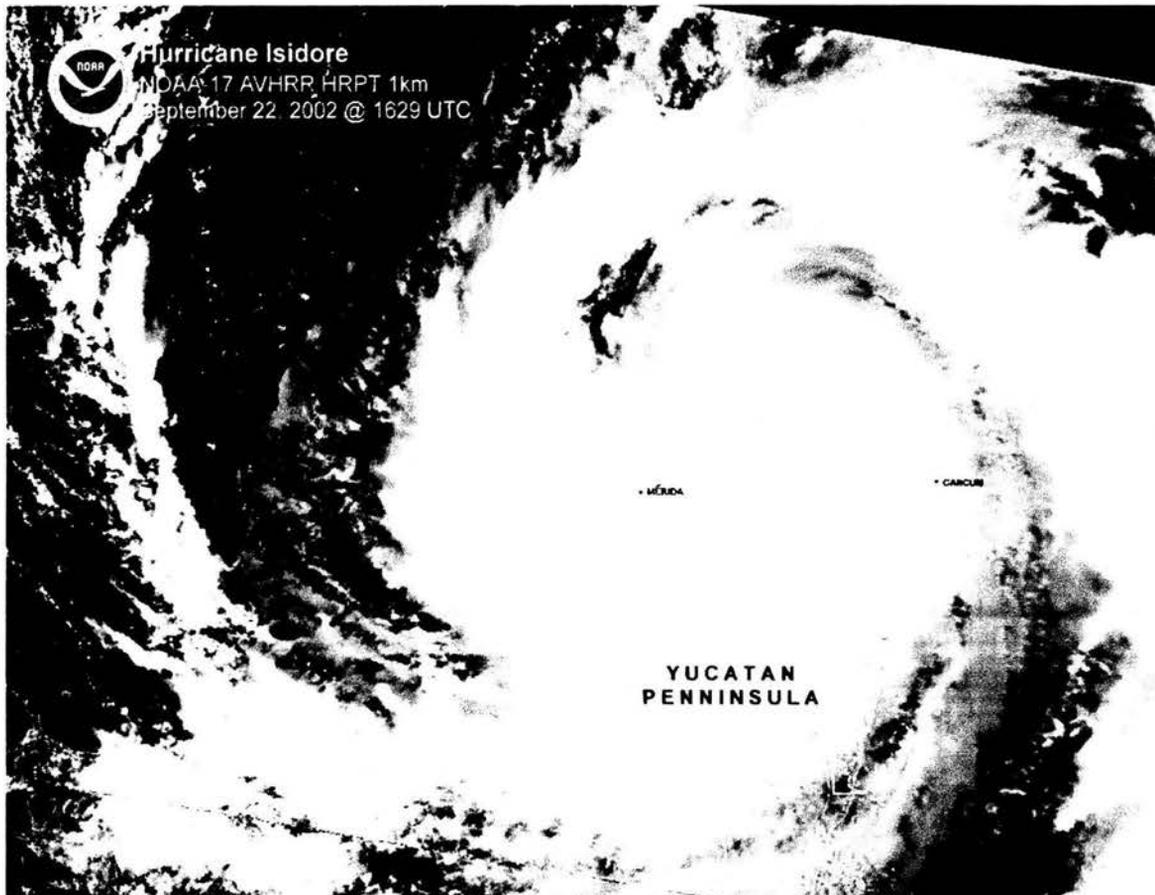


Foto 4.2 Foto Aérea del Huracán Isidore que pego el día 22 de septiembre del 2002 en las costas de la península Yucateca.

Aunando a esto se procedió a hacer un levantamiento extraordinario debido a este fenómeno meteorológico. Obteniéndose los planos correspondientes. (Anexo Planos)

LI-EC-01-IE-0	Planta General
LI-EC-01-IE-2	Planta Playa Oriente
LI-EC-01-IE-3	Planta Playa Poniente
LI-EC-01-IE-4	Secciones Canal
LI-EC-01-IE-5	Secciones Dársena
LI-EC-01-IE-6A	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-IE-6B	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-IE-7A	Secciones Playa Poniente
LI-EC-01-IE-7B	Secciones Playa Poniente

Resultando esto, con los siguientes volúmenes.

CADENAMIENTO	AREA A DRAGAR M2	A1+A2	DISTANCIA MEDIA M	VOLUMEN DRAGADO M3	VOLUMEN ACUMULADO M3
CANAL DE NAVEGACIÓN					
0+000	13.45	13.45	0.00	0.00	0.00
0+020	31.00	44.45	10.00	444.50	444.50
0+040	43.34	74.34	10.00	743.40	1187.90
0+060	36.67	80.01	10.00	800.10	1988.00
0+080	41.71	78.38	10.00	783.80	2771.80
0+100	40.56	82.27	10.00	822.70	3594.50
0+120	42.65	83.21	10.00	832.10	4426.60
0+140	48.00	90.65	10.00	906.50	5333.10
0+160	52.96	100.96	10.00	1009.60	6342.70
0+180	64.49	117.45	10.00	1174.50	7517.20
0+200	72.30	136.79	10.00	1367.90	8885.10
0+220	74.01	146.31	10.00	1463.10	10348.20
0+240	72.29	146.30	10.00	1463.00	11811.20
0+256.6B	76.02	148.31	8.30	1230.97	13042.17
0+256.6 ^a	70.30	146.32	0.00	0.00	13042.17
0+280	69.73	140.03	11.70	1638.35	14680.52
0+300	64.78	134.51	10.00	1345.10	16025.62
0+320	58.93	123.71	10.00	1237.10	17262.72
0+340	54.14	113.07	10.00	1130.70	18393.42
0+350.6A	54.33	108.47	5.30	574.89	18968.32
0+350.6B	49.72	104.05	0.00	0.00	18968.32

0+360	52.03	101.75	4.70	478.23	19446.54
0+380	42.14	94.17	10.00	941.70	20388.24
0+400	38.68	80.82	10.00	808.20	21196.44
0+420	34.40	73.08	10.00	730.80	21927.24
0+440	29.53	63.93	10.00	639.30	22566.54
0+460	26.01	55.54	10.00	555.40	23121.94
0+480	26.68	52.69	10.00	526.90	23648.84
0+500	31.34	58.02	10.00	580.20	24229.04
0+520	30.31	61.65	10.00	616.50	24845.54
0+540	24.55	54.86	10.00	548.60	25394.14
0+560	15.13	39.68	10.00	396.80	25790.94
0+580	4.42	19.55	10.00	195.50	25986.44
0+600	0.00	4.42	10.00	44.20	26030.64
0+620	0.00	0.00	10.00	0.00	26030.64

DÁRSENA					
0+000A	10.26	10.26	10.00	102.60	102.60
0+020A	1.60	11.86	10.00	118.60	221.20
0+040A	0.52	2.12	10.00	21.20	242.40
0+060A	0.00	0.52	10.00	5.20	247.60
0+080A	0.00	0.00	10.00	0.00	247.60
0+100A	0.00	0.00	10.00	0.00	247.60
0+120A	0.00	0.00	10.00	0.00	247.60
0+140A	0.00	0.00	10.00	0.00	247.60
0+160A	13.67	13.67	10.00	136.70	384.30
0+180A	50.96	64.63	10.00	646.30	1030.60

VOLUMEN TOTAL	27061.24
--------------------------	-----------------

Tabla.4.2 Cálculo del volumen de dragado, respecto al levantamiento intermedio hecho en octubre del 2002, en el canal de acceso y dársena en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.

A razón del meteoro registrado en las costas de Yucatán, el volumen de dragado en el canal de acceso y dársena fue de 27 061.24 m³ con relación al pasado levantamiento se tiene una diferencia de casi 3 000 m³, razón por la cual se tendrá que efectuar el dragado en cuestión de que la maquinaria este en disposición inmediata.

IV.2 Estudios de mecánica de suelos

En el área de la Ingeniería Civil, se conoce la necesidad de contar, tanto en la etapa de proyecto, como durante la ejecución de la obra, con datos firmes, seguros y abundantes respecto al suelo con el que se está tratando, para que el proyectista pueda adquirir una concepción razonablemente exacta de las propiedades físicas del suelo y ser consideradas en su análisis.

En cualquier programa de desarrollo portuario requiere investigaciones de suelos, cuya información es absolutamente necesaria para las obras de dragado en su etapa de planeación y ejecución. La planeación del área que se dragará, la selección del tipo y tamaños de draga; todos estos factores son consecuencia y dependen de un conocimiento adecuado del tipo de suelos que deberán dragarse.

Las investigaciones de suelos se requieren primordialmente en los casos de dragado de construcción pero habrá ocasiones en que se necesitarán para determinar el tipo de material que se dragará el mantenimiento del canal, particularmente, si este trabajo implica la profundización del canal mas allá de su profundidad mantenido originalmente.

IV.2.1 Geomorfología y Geología

El Cuyo se encuentra dentro de la Reserva de Río Lagartos; está se encuentra comprendida entre las formaciones geológicas del cuaternario, las cuales están compuestas de materiales del Pleistoceno y Holoceno de menos de un millón de años de antigüedad. La orientación es de este-noroeste a este-sureste.

Los suelos de la Reserva derivan de la sedimentación marina reciente, del intemperismo de la roca caliza y de los procesos climáticos que actúan en conjunto con la vegetación, propiciando que se encuentren en el estado transitorio y proceso evolutivo.

IV.2.1.1 Geología general.

La topografía de la región es casi plana, con lomeríos que no se elevan más allá de los 10 m en la parte sur. Estas variaciones de topografía son de gran importancia para la distribución de la vegetación al no existir corrientes superficiales, el agua se filtra formando un manto freático de poca profundidad que da como resultado un paisaje característico del ambiente cárstico, compuesto por grutas.

Los suelos derivan de la sedimentación marina reciente, del intemperismo de la roca caliza y de los procesos cismáticos que actúan en conjunto con la vegetación. La capacidad de uso del suelo es limitada para las actividades pecuarias y forestales.

IV.2.2 Descripción breve de las características del relieve.

El Cuyo se encuentra ubicado dentro de la provincia fisiográfica denominada Región Peninsular Yucateca, en la subprovincia de la Llanura Cárstica y subdivisión de Zona de Costa, que abarca la porción norte de la península. Esta provincia se caracteriza por ser una plataforma formada de rocas sedimentarias cretácicas que descansan en formaciones terciarias, en la cual no existen corrientes superficiales y el agua se filtra formando un manto freático de poca profundidad compuesto por grutas, corrientes subterráneas, cenotes y aguadas. La topografía de la Reserva se caracteriza por relieves planos o casi planos, con ligeras pendientes que permiten considerada uniforme.

IV.2.3 Muestreo de los materiales por dragar

Cuando el lugar donde se van a ejecutar los trabajos nunca ha sido dragado o se va a incrementar la profundidad en forma importante, es necesario muestrear el fondo a base de sondeos para conocer la estratigrafía y poder determinar las características de los materiales que se atacarán.

El conocimiento del suelo es primordial para fines de contrato o selección del equipo de dragado, ya que los precios de dragado varían precisamente de acuerdo al equipo por utilizar y a las características del material. También servirá para determinar los ángulos de reposos del material y poder calcular los taludes.

Para este caso el peso volumétrico varía entre los valores de 1.8 a 2.31 ton/m³ de los sondeos realizados

IV.2.4 Sondeos para determinar la profundidad de la capa de caliche costera.

Previo al inicio de los trabajos de dragado en el puerto de El Cuyo, se realizaron 2 (dos) sondeos; Uno en la parte central de la dársena y el segundo en la parte media de la longitud del canal de acceso, sobre el eje del canal, para determinar la profundidad de la capa de caliche costera, estos sondeos se realizaron en las zonas de dragado.

La entrega de resultados se hace a la Dirección de Dragado después de ejecutar los sondeos, entregando los resultados del estudio a las autoridades competentes en la materia y presentando acuse de recibo de los oficios respectivos. (Anexo Plano Planta General Caliche).

Los datos fueron los siguientes

	HORA	CALICHE PROF.	SEDIMENTO
A1	10:05	4.00M.	3.85M.
A2	10:50	4.30M.	3.95M.
A3	11:20	3.95M.	1.50M.

	NBM		
	4.00	4.30	3.95
	0.15	0.35	2.45
A1		A2	A3

Figura 4.1 Profundidad de capa de caliche en el Puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán

IV.3 Selección del equipo de dragado

IV.3.1 Clasificación de las Dragas

Podemos definir a la draga, como una embarcación especialmente dispuesta para montar en ella las herramientas para extraer o excavar material de los fondos marinos, lacustres o de los ríos.

Las dragas se clasifican en dos grandes grupos:

- Mecánicas
- Hidráulicas.

Al primer grupo pertenecen la de cangilones a de rosario, las de grúa (con almeja, granada a garfios) y la de cucharón. Todas estas podemos considerarlas como de tipos básicos de dragas mecánicas.

Corresponden al segundo grupo las dragas hidráulicas, que combinan la operación de extraer el material, con el transporte hasta el lugar de depósito, mezclándola en el agua y bombeándolo como si fuera fluido. Estas dragas resultan más versátiles, económicas y eficientes que las mecánicas, ya que, realizan las dos operaciones por medio de una unidad integral.

Los tipos básicos de dragas hidráulicas son:

- Las dragas estacionarias de succión con cortador
- Las dragas de autopropulsión con tolva.
- Las Mixtas

Las dragas estacionarias, pueden ser de succión simple o de succión con cortador.

El segundo tipo comprende las dragas de autopropulsión con tolva, cuyo tubo o tubos de succión están sostenidos por los pescantes colocados en una banda, en ambas bandas, a proa al centro o a popa.

IV.3.1.1 Dragas Mecánicas

Se caracterizan en el trabajo desprender el suelo y de transportarlo por los medios mecánicos que emplean.

Debido a su construcción relativamente sencilla, fueron las primeras que se usaron y en ciertas clases de obras son insustituibles a pesar de que su alcance de descarga es muy limitado por lo que se impone el uso de gánguiles o chalanes-tolvas y remolcadores para tirar el material en las zonas de depósito.

Los medios mecánicos más utilizados por estos artefactos son:

- Cangilones
- Cucharas tipo pala
- Cucharas tipo mandíbula
- Escoplos o mazas rompe rocas

IV.3.1.1.1 Dragas de Rosario

La primera draga de rosario tuvo su aparición a causa de las diferentes formas de sus antecesores, como un artefacto para extraer fango de los canales de Amsterdam en (1575). Siendo un equipo relativamente sencillo, llevan un pozo en el eje del caso, por el cual se arrían la escala para efectuar el dragado. La escala es una estructura de acero, que sirve de apoyo y guía a la cadena de cangilones, que en el lado de carga descansa sobre una serie de rodillos para facilitar su movimiento.

La cadena de cangilones es accionada por una rueda motriz situada en una estructura alta o torre que sostiene también los canales de descarga.

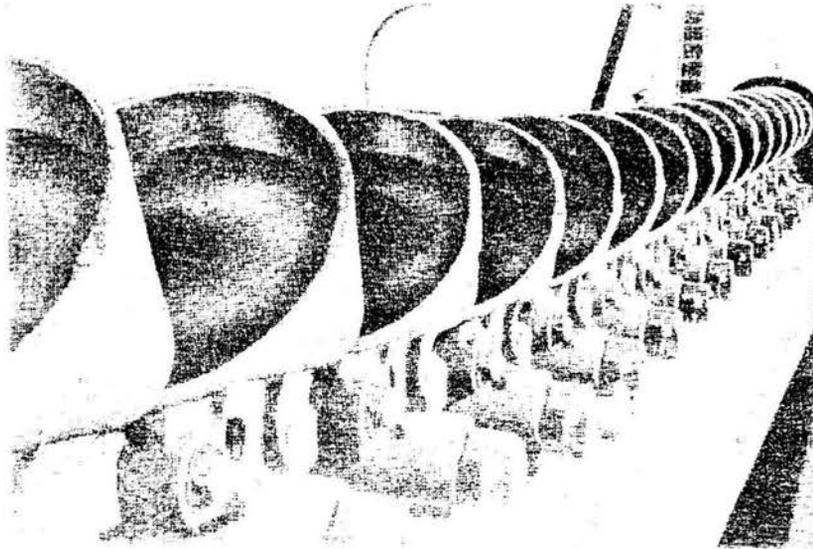


Figura 4.2 Cadena de Cangilones

En la parte inferior lleva una rueda guía para apoyo del extremo de trabajo de los cangilones durante su llenado. Los cangilones son recipientes de acero con bordo reforzado en el lado de ataque. El agua se elimina mediante unos barrenos que llevan con ese fin. Cuando el material que se draga es muy duro, van provistos de dientes semejantes a los que llevan las palas excavadoras terrestres. Los cangilones se llenan con material del fondo al pasar por la parte inferior de la escala y al llegar a la parte superior de su recorrido y son vertidos en unos canales transversales que descargan en chalanes-tolva acoderados a los costados de la draga.

El rendimiento de una draga de cangilones o de rosario es siempre mayor que la de grúa (con almeja o granada) y las de cucharón, debido a que su ciclo de trabajo es continuo.

El tamaño de estas dragas se expresa por la capacidad de los cangilones, variando de 100 a 1000 litros por cangilón.

Debido a diversas circunstancias, en la práctica los cangilones se llenan únicamente en un 60% a 70% de su capacidad.

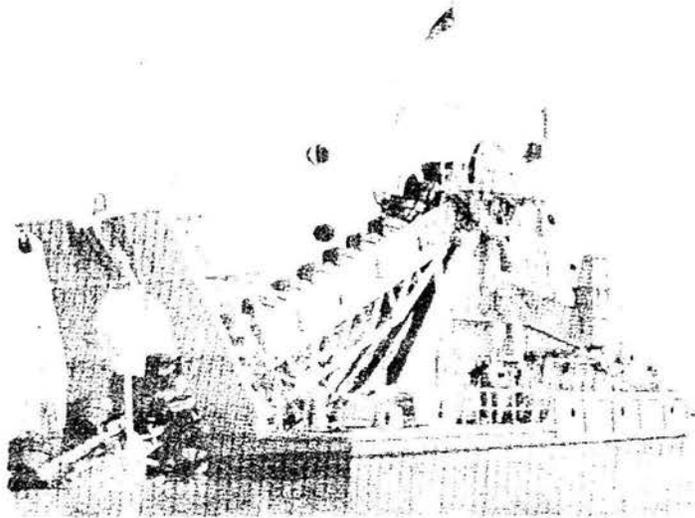


Foto 4.3 Draga Estacionaria con Cangilones o de Rosario

La cantidad de material extraído por hora, puede calcularse del modo siguiente:

$$Q = C * P * N * 60 \quad (4.2)$$

donde:

- Q = Cantidad de material extraído por hora.
- C = Capacidad de cangilón en litros
- P = Porcentaje de llenado del cangilón
- N = Velocidad de cangilones por minuto

La draga de rosario se destina sobre todo, para extraer arcilla dura, grava o roca fragmentada, haciendo un buen perfil submarino en estos tipos de suelo.

IV.3.1.1.2 Draga de Grúa

Este tipo de draga consta fundamentalmente de un chalán que lleva montada una grúa o pluma que oscila de babor a estribor y va provista de almeja, granada o garfio, de acuerdo con el trabajo que se vaya a realizar y se suspenden de la pluma mediante un aparejo guarnido con cables de acero.

Las almejas y granadas son de acero y de mucho peso para que al efectuar el dragado, se arrie de golpe hasta el fondo y "muerda" el material, o bien para depositarlo en su tolva, si la tiene, o chalanes-tolvas o a los lados del canal.

Para extraer el material de fango o arena o mezclado con grava es indicado utilizar la almeja normal y para material compacto se usa la almeja con dientes.

Existen tres tipos de almejas.

- Pesadas
- Medianas y
- Ligeras

Las primeras se utilizan en excavaciones de material duro o compacto, la segunda para usos generales y la última para material ligero.

Para rocas ya quebradas se emplea granada. Los garfios son usados para extraer grandes rocas, pudiendo ser éstas hasta 18 toneladas, según la capacidad de la grúa.



Foto 4.4 Draga estacionaria de grúa que va a descargar los productos dragados en el gánguil de la izquierda

Estas dragas pueden ser estacionarias o de autopropulsión con tolva o simple, doble, triple o cuádruple y más de una grúa.

En el caso de las dragas estacionarias se dispone de zancos colocados a amabas bandas a proa y una a popa destinados a fijar la draga a fin de que no se mueva por efecto del viento o la corriente aunque en muchos casos sólo se utilizan cables de acero con ese objeto.

Este tipo de draga se emplea para completar los dragados efectuados por otras unidades de las dragas hidráulicas, o los cangilones de las dragas de rosario.

También tiene aplicación en pequeños dragados de limpieza al pie de los muelles, extracción de productos rocosos, limpieza de troncos y raíces y otras faenas en que se tenga que trabajar exclusivamente en dirección vertical.

IV.3.1.1.3 Draga de cucharón

Este tipo de draga consta de un casco que soporta el mecanismo de excavación y este es análogo a las de las palas terrestres, fundamentalmente se compone de un cucharón que va montado en el extremo de un brazo de ataque o aguilón, diseñado para poder deslizarse por el plano central de una pluma, con los que se consigue una absoluta regulación en los movimientos del cucharón.

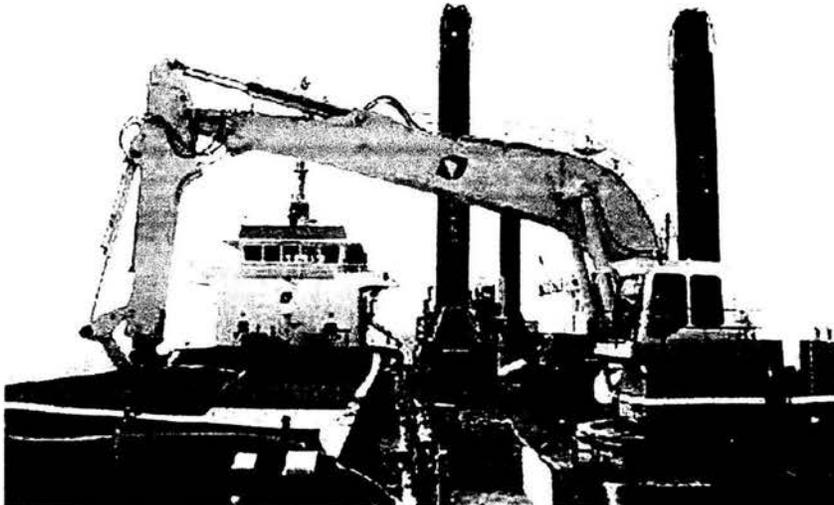


Foto 4.5 Draga Cornelius (Draga de cuchara "backhoe")

La capacidad de una draga de cucharón depende del tamaño de este, expresado en metros, yardas o pies cúbicos y se mide al ras del borde superior, o volumen enrasado a diferencia del copeteado que se obtiene en las dragas terrestres.

Las dragas de cucharón van provistas de dos zancos a proa que sujetan el casco a fin de formar una plataforma estable de trabajo y otro a popa que sirve de punto de giro para mantener la draga en posición adecuada para el dragado. Para efectuar el dragado, se introduce el cucharón en el material de fondo y se le fuerza a través de la flecha, al mismo tiempo se aplica la tensión del cable que va al malacate y que jala el cucharón hacia arriba del corte. Una vez que se encuentra a suficiente altura sobre el nivel del agua es vaciado en chalanes-tolva, o depositado en la orilla

La profundidad óptima del corte es aquella en la que se obtiene mayor rendimiento, el cual depende de los siguientes factores:

1. De la capacidad del material
2. De la profundidad total del dragado
3. Del ángulo de oscilación
4. De la habilidad del operador.

IV.3.1.2 Dragas Hidráulicas

Este grupo es el de las dragas de desarrollo tecnológico mas avanzado, actualmente las más numerosas, son también las más versátiles.

La primera draga de succión, se dice que fue la Charleston, construida en 1890. Tenía una bomba de 15" de diámetro con un deposito de 340 yardas cubicas (260m^3) de capacidad

De entonces a la fecha, se han construido muchas más por diferentes compañías dedicadas a esta actividad en el mundo.

En la actualidad el dragado hidráulico se efectúa mediante la utilización de dragas de este tipo, desde muy simples o pequeñas, que pueden operar en aguas de poco calado (90 cm.) hasta las que son verdaderas embarcaciones de propulsión propia. Con varias plantas de bombeo, tolvas de gran capacidad para recibir y transportar el material dragado a aguas profundas, y que además de todos los aparatos requeridos esencialmente para la operación de dragado, están equipadas con la maquinaria y aditamentos necesarios para la navegación oceánica.

Se pueden extraer hasta 30, 000 m³/día y bombear la mezcla a 6 km. de distancia sin necesidad de estaciones de rebombeo.

Así pues, el dragado hidráulico consiste en que, mediante la instalación de bomba centrífuga en la draga, la extracción del material excavado se realiza por succión, mezclado con una cantidad de agua que va del 80 al 90% del total de la mezcla.

El suelo puede desprenderse con medios diferentes, como el cortador rotativo, el cabezal de succión, la tobera de dilución, etc.

IV.3.1.2.1 Dragas Hidráulicas Usuales

Las dragas han sido por mucho tiempo aceptadas como las más versátiles, económicas y eficientes por uso en las diferentes aplicaciones del dragado. Cuando se tiene suficiente tirante de agua, definitivamente no tienen competidor económico para la excavación y transporte del material.

Existen los siguientes tipos

- Autopropulsadas o de tolva
- Estacionarias o de corte

IV.3.1.2.2 Dragas Autopropulsadas

El propósito principal de su diseño es la realización de dragados de conservación, son muy eficientes para recolectar los azolves depositados en el fondo, pueden sin embargo ejecutar algunos trabajos de profundización y de ampliación de canales y dársena siempre que se trate de materiales sueltos o muy poco cimentados.

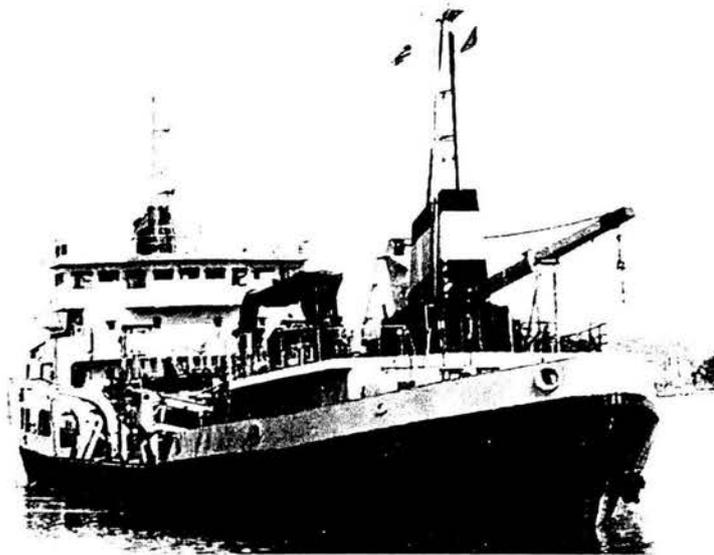


Foto 4.6 Draga Puebla (Draga de Tolva Autopropulsada)

El principio de su operación es recolectar los materiales a dragar, mientras se desplaza adelante, depositar los mismos en una tolva integrada y navegar, una vez llena la tolva, al sitio de tiro para descargar la tolva por el fondo.

Algunas de estas dragas, pueden también lanzar el material lateralmente por un tubo que va en su estructura especialmente diseñada, o conectarse a una estación de descarga en tierra o a otra embarcación mediante un tubo de descarga lateral.

En el primer caso el lanzamiento del material lo hace directamente la bomba de dragado (a cañón), en el segundo caso, la estación de descarga succiona el material que se depositó en la tolva previamente.

La unidad de flotación, es un barco con propulsión en cuyo casco se aloja también la tolva y el equipo de dragado. En general, la propulsión (maquina y puente de mando) se sitúan a popa mientras que en el resto del casco están la tolva y el equipo de dragado; en ciertos casos los motores principales suministra la energía para la propulsión y para el dragado.

La succión tiene lugar a través de tubos cuyo extremo superior se conecta a la bomba de dragado y que llevan en el extremo inferior la rastras cuya función es la de recolectar el azolve durante el desplazamiento.

Los tubos de succión, uno o dos, se disponen en las bandas, a popa o al centro del casco, en su eje longitudinal; el primer arreglo es el más común.

Las rastras o colectores son de diseños diferentes para los diferentes tipos de suelos que deben manejarse; para mejorar su eficiencia en los suelos compactos o cimentados en algún dragado, utilizan chiflones de disgregación que van colocados en ella misma. Algunos diseños llevan elementos de ataque como dientes o patines.

Las aberturas de las rejillas de las rastras de succión, son generalmente cuadradas o rectangulares e impiden el paso de piedras o escombros que puedan alojarse en la bomba de dragado, o en los conductos del sistema de distribución de la descarga a la tolva.

La travesía del lugar de trabajo al de depósito, la operación de descarga, el regreso y la reanudación del dragado, se deberán efectuar en el menor tiempo posible para no bajar los rendimientos por este concepto.

El tiempo total del ciclo de operación se expresa por la fórmula:

$$T_c = T_b + T_m + T_i + T_d + T_r \quad (4.3)$$

en donde:

- T_c = Tiempo total del ciclo
- T_b = Tiempo de bombeo para llenar la tolva
- T_m = Tiempo de maniobras
- T_i = Tiempo de ida con carga al lugar de vaciado
- T_d = Tiempo de descarga de la tolva
- T_r = Tiempo de regreso, navegando con la tolva vacía a la zona de Dragado.

En una misma zona de dragado, el tiempo del ciclo total de operación se puede considerar constante, siempre que la clase de material no varíe y el lugar de vaciado de la tolva sea el mismo.

Los factores que hacen variar el tiempo total del ciclo de operación y que por los mismo, requieren de una especial atención son:

1. Tiempo de bombeo necesario para llenar la tolva: el cual varía según la velocidad de asentamiento de las partículas en el fondo, dependiendo de su granulometría. Por lo general tarda de 20 a 60 minutos, siendo menor para el material de grano grueso que para el de grano fino. Esto debe tenerse muy en cuenta al programar los trabajos de dragado.
2. El tiempo de evolución o maniobra: es la suma de los que invierte la draga para maniobrar cuando se suspende el bombeo y tomar de nuevo el corte al terminar cada fase. Aunque cambia según la longitud del corte y el tiempo de carga, puede considerarse constante para un mismo dragado, ya que estas variaciones son muy pequeñas e influyen poco en el tiempo total del ciclo.
3. El tiempo de navegación: con carga para ir a descargar la tolva (T_i) y el de regreso en vacío para reanudar el dragado (T_r), varía con la distancia entre esta última y el lugar de depósito seleccionado y con la velocidad de la draga:

$$T_n = T_i + T_r = \frac{2L}{V} \quad (4.4)$$

en donde:

- T_n = Tiempo de navegación
- L = Distancia del sitio de dragado al de descarga.
- V = Velocidad de la draga

Algunas de estas dragas están equipadas con instalaciones para descargar por tubería hacia los costados hasta 100 metros de distancia o a chalanes tolva. Otras tienen aditamentos especiales que las vuelven altamente maniobrables aún en espacios reducidos. Son preferidos para trabajos en mar abierto, canales o dársenas ya que pueden efectuar el dragado aunque exista oleaje, y el barco, por su maniobrabilidad no causa estorbo alguno al tráfico marítimo, además pueden navegar hacia cualquier zona de trabajo por sus propios medios de propulsión.

IV.3.1.2.3 Dragas Estacionarias

De las dragas hidráulicas, este tipo está considerado como el de mayor eficiencia, porque la extracción del material lo efectúa de manera continua, sin tener que retirarse del lugar de trabajo para descargar, ya que el material lo envía a través de una tubería hasta el lugar de depósito.

Las dragas estacionarias requieren para desplazarse de un sitio a otro, de un remolcador, carecen de propulsión generalmente. Para avanzar en el frente de ataque se valen de un par de zancos colocados a popa, uno de los cuales le servirá también como eje para el movimiento circular o abaniqueo según el cual realiza el ataque; para lograr ese movimiento circular alrededor del zanco de trabajo se vale de dos cables anclados a tierra que se cobran alternadamente por medio de winches instalados a bordo.

La succión se realiza a través de un tubo cuyo extremo recoge el material a dragar, este tubo va sostenido por una estructura, la escala; esta tiene movimiento vertical según eje colocado a bordo y es izada o abatida por un cable accionado por un winche y con el apoyo de una cabría.

Básicamente están constituidos por los mismos elementos hidráulicos que la de autopropulsión, a excepción de la tolva. La colocación en la zona de trabajo para éstas dragas, se logra exclusivamente, por medio de zancos y anclas. Sus partes fundamentales, aparte del equipo hidráulico son:

1. Escala (con o sin cortadora)
2. Zancos
3. Cables para abanicar
4. Tubería y equipo flotante de descarga
5. Tubería y equipo terrestre de descarga
6. Plumas para los cables través (opcional)

1. **Escala:** Es el elemento a través del cual baja el tubo de succión hasta el fondo de donde extrae el material. Si el fondo es suave, la simple succión es suficiente para hacerlo ascender para la tubería, si el fondo es material compacto, en el extremo inferior de la escala se instala una cabeza cortadora a algún otro accesorio que afloja el material para succionarlo con la bomba.

Se conocen varios tipos de cortadoras, para usarse con los diferentes materiales que atacan: abiertas para arcillas, de corono para arenas y dentadas para materiales muy duros y conglomerados.

2. **Zancos:** Son dos elementos tubulares de gran longitud, de sección circular o cuadrada, uno de ellos, el más cercano a la tubería de descarga, se hincan en el fondo y sirve de pivote durante la operación de dragado, el otro sirve para avanzar en cuanto el área dragada queda a la cota requerida, se van hincando alterada, ente a cada paso.

3. **Cables para abanicar:** Parten de un lugar de la escala muy próximo a la cabeza cortadora, sonde de acero, y en su extremo y tienen un ancla que se fondea a uno y otro lado de donde la draga este efectuando su corte, lo suficiente lejos para que no sea necesario, enmendarlas con demasiada frecuencia, la draga apoyada en su zanco de trabajo, podrá abanicar arriando y virando simultáneamente estos cables con los malacates de proa
4. **Tubería y equipo flotante de descarga:** es la continuación de la tubería de a bordo. Va montada sobre pontones para mantenerla a flote y hacer mas sencilla la maniobra de desconexión inspección y aumento de tramos de tubería. Por la misma condición de trabajo, esta deberá ser suficiente flexible, por lo que los tramos que la formen serán cortos (entre 6 y 15 metros), unidos entre si por conexiones de rotula o tramos de manguera de hule.
5. **Tubería y equipo terrestre de descarga:** Se elegirá cuidadosamente un lugar en donde colocar el pontón cabria que conecte la tubería flotante con la de tierra, que se tiende en las zonas bajas donde se pretende llevar a cabo el deposito del material, la tubería terrestre generalmente se apoya sobre trozos de madera o caballetes son su extremo de descarga elevado a fin de evitar que la tubería se sepulte. Los tramos de tubería se van enchufando unos con otros, en vista de tener uno de sus extremos forma troncocónica. Se debe procurar que la línea tenga el menor numero de curvas y elevaciones para evitar resistencias, que se traducen en perdida o disminución de la velocidad de la mezcla en la tubería. No sucede así con la línea flotante, donde unan longitud suficiente de línea entre el codo giratorio y en pontón cabria para la conexión a tierra, permitirá el avance de la draga en el corte, sin tener que perder tiempo en agregar tramos de tubo, y además se obtiene mayor movilidad lineal y angular, se ha observado que la línea de descarga, tanto la flotante con la terrestre no sufre un desgaste uniforme, pues siempre se produce el mayor en la parte inferior de los tubos, en los costados el desgaste es del 20% al 25% del inferior y del 10% en la parte superior. Con fin de que la tubería se desgaste uniformemente e ha ideado el pequeño truco de girarla periódicamente para exponer en el inferior la parte menos gastada cada vez y lograr una mayor vida útil.
6. **Plumas para cables través:** Algunas dragas estacionarias se han dotado en la proa y por ambas bandas, de dos plumas que sirven para enmendar las anclas de los cables través con que abanica, eliminando así el chalan grúa encargado de esta operación, esta maniobra casi no se usa por que las anclas quedan muy cerca.

El rendimiento o capacidad de producción de una draga estacionaria de succión, se calcula en metros o yardas cúbicas de material sólido bombeado por hora, el cual depende no sólo de la clase de éste, sino también del diámetro del tubo de descarga, de su longitud y elevación en el punto terminal, así como de la potencia de la bomba y del cortador, pero fundamentalmente de la habilidad de los dragadores, que en la cabina o departamento de control accionan los mandos de operación de la draga, atentos a las lecturas de los aparatos tradicionales, como son: el vacuómetro de la bomba, los voltímetros y amperímetros correspondientes a los motores eléctricos de los winches, cortador, etc.

IV.3.2 Draga a usarse en el proyecto de mantenimiento del puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán .

Hay que tomar en cuenta las cantidades a extraer, el lugar y la zona donde se extraerá, la profundidad a conseguir, el tipo de material y sus propiedades para saber lo que se extrae.

Como ya se observó en el pasado subcapítulo, existe varios tipos de dragas con su características particulares cada una de ellas. Cuando se trata de escoger una que cumpla con las exigencias del dragado que requiere el proyecto, es difícil decidir cual es la más adecuada para realizarlo satisfactoriamente, ya que hay que tener en cuenta varios factores, tales como:

- a) Tipo de material que se va a extraer.
- b) Distancia a la zona de depósito
- c) Su eficiencia
- d) Tipos de accesorios que le pueden adaptar para efectuar los trabajos
- e) Costos de mantenimiento y operación

Al conjunto de elementos que constituyen un equipo completo para realizar un trabajo de dragado se le denomina "Tren de Dragado"

IV.3.2.1 Diferentes tipos de trenes de dragado

Un tren de dragado hidráulico puede estar formado por cualquiera de las siguientes combinaciones:

1. Una draga de succión con tolva, autopropulsada.
2. Una draga de succión sin tolva, autopropulsada o no, con dos o más gánguiles y un remolcador para cada o dos o tres gánguiles.
3. Una draga de succión con tolva, no autopropulsada, con remolcador.
4. Una draga de succión fija, con dos o más gánguiles y un remolcador.

Atendiendo únicamente se la constitución física de los fondos por dragar, ya sean arenas sueltas o arcillas no compactadas, se podrá usar cualquiera de los tres primeros tipos de trenes enumerados.

Si se trata de suelos compactados y formados por cascajo o roca, existen algunos modelos de cortadores especiales que pueden adaptarse a la boca de succión de cualquiera de las dragas mencionadas.

En este caso el dragado se trata de una obra de mantenimiento con dragados continuos de escaso volumen diario, se efectuara al pie de muelles y cercanos a tierra firme en donde se depositara en la playa poniente de la escollera oeste.

A continuación se presenta una tabla en donde se puede seleccionar el tipo de draga más adecuada dependiendo del tipo de material.

TIPO DE MATERIAL		PESO VOLUMETRIC (Ton/m ³)	TIPO DE DRAGA				
			Autopropulsada de Succión	Estacionaria de Succión con Cortador	De Cangilones o Rosario	De Pala o Cucharon	De Grúa
Fango (Orgánico)	Lodo	1.0 - 1.2	Bien	Razonable	Razonable	Deficiente	Bien Almeja o Bote de Arrastre
	Compacta	1.2 - 1.4	De Razonable a Deficiente	Bien	Muy Bien	Razonable	Bien Almeja o Bote de Arrastre
Arcilla	Engrosada	1.4 - 1.6	Muy Bien	Muy Bien	Muy Bien	Razonable	Bien Almeja o Bote de Arrastre
	Imposible	1.6 - 2.1	De Razonable a Deficiente	Muy bien con Cortador de Corona o Dentado	Muy Bien	Bien	Bien, Almeja Dentada o de Granada
Arena	Sueta	1.8 - 2.1	Excelente por asentarse bien en la Torre	Muy Bien con Cortador de Cuchilla	Muy Bien	Bien	Muy Bien Almeja o Granada
	Compacta	2.1 - 2.3	Muy Bien	Excelente con Cortador de Corona o Dentado	Excelente	Muy Bien	Muy Bien, Almeja Dentada o Granada
Grava		2.8 - 2.3	Muy Bien	Muy Bien, Cortador adecuado a lo compacto	Excelente	Muy Bien	Muy Bien, Almeja Dentada o Granada
Rocas	Blandas de chicas a medianas	2.1 - 2.4	De Deficiente a imposible	Bien, Cortador dentado, problemas en bombas	Bien Deficiente con rocas grandes	Excelente	Excelente Con Granada o Garfo
	Duras, de medianas a grandes	2.4 - 2.6	imposible	Deficiente	De Deficiente a imposible	Excelente tamaño adecuado de pala	Excelente Con Garfo

Tabla 4.3 Tipo de Draga versus Tipo Material
(Para la elección de la Draga adecuada)

Aunando a esto el mas indicado es el tren de dragado numero cuatro, y sobre todo la cantidad total del material a ser dragado influyó sobre tamaño de la unidad a ser usada, más aún que la clase de la draga.

IV.3.2.2 Selección del cortador según el suelo del dragado.

Indiscutiblemente la mayor parte de las dragas de succión estacionarias son equipadas con una cortadora de corona. El motivo es sencillamente la gran versatilidad de la cortadora de corona que mejora su rendimiento y comportamiento en casi cualquier clase de material, siendo la única excepción la arena suelta y los limos. El cortador disgrega y remueve el material compactado, lo cual permite que pueda succionarlo la bomba y hace posible el dragado dentro de determinados límites y profundidad.

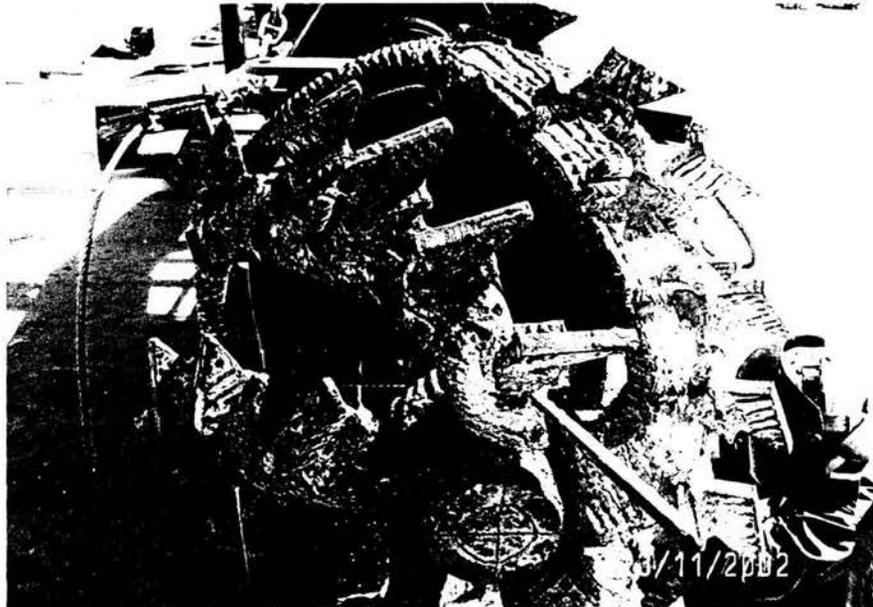


Foto 4.7 Reparación del Cortador Escala de la Draga Makax, El Cuyo, Yucatán.

El empleo del cortador aumenta grandemente la eficiencia de la dragas hidráulicas, porque asegura el suministro de una cantidad, de material suelto a la boquilla de succión que es aspirado por la bomba y descargado por la popa mediante la tubería de descarga flotante y de tierra hasta el lugar de depósito

El cortador debe ser cuidadosamente seleccionado, para ser idóneo de acuerdo con la aplicación a la cuál va a ser destinado. En los materiales blandos, una cortadora de cinco cuchillas de filo sencilla, con altura y amplitud generosas, resultará ser la más productiva.

El factor guía de selección sería si se requiere, la aplicación de un mínimo de fuerza para una máxima sección de corte.

Entre la bomba de dragado la cortadora dispone de una caja de engranes reductores, que se hacen necesarios, debido a las grandes fuerzas que requiere el cortador para poder dragar ciertos tipos de materiales duros. Estos engranes reductores, tienen la función de reducir la velocidad giratoria de la cortadora, a fin de proporcionarle más potencia al cortador.

El cortador de este tipo de draga puede excavar rocas de dureza número 2 al 3 de la escala de Mohs sin necesidad de explosivos. La dureza se indica de manera relativa por la escala de Mohs, que se compone de 10 minerales dispuestos en orden, de menor a mayor según su dureza

1. Talco
2. Yeso
3. Calcita
4. Flourita
5. Apatito
6. Feldespato
7. Cuarzo
8. Topacio
9. Corindón
10. Diamante

En la selección de las cortadoras, hay que tener cuidado en evitar cualquier restricción excesiva a la entrada de la succión. El área total de la entrada de succión deberá ser por lo menos tan grande como aquella de la descarga de la bomba, y de preferencias aún más grande.

Con frecuencia será necesario conseguir el acceso a la cortadora para quitar obstrucciones, cambiar dientes, etc., y es importante que haya buen acceso hacia la cortadora y alrededor de la misma.

Con estas características y tomando en cuenta la disposición de la maquinaria la draga más adecuada por el tipo de material del fondo, se consideró que sería la hidráulica estacionaria de succión, llamada " Makax " que presenta las siguientes características:

IV.3.3 Datos Técnicos de la Draga Makax

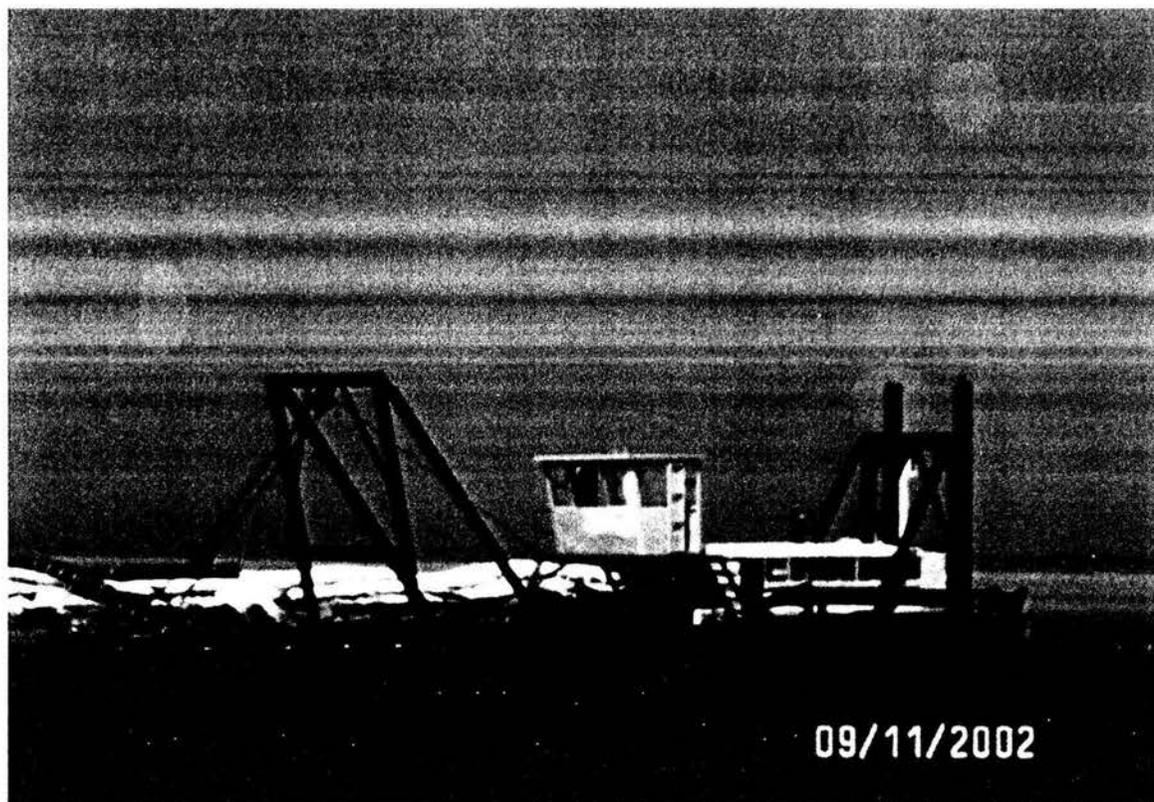


Foto 4.8 Foto de la Draga Makax, realizando pruebas de dragado dentro del canal de acceso del Puerto de El Cuyo, Yucatán

Eslora total con la escala levantada	26.30 m
Eslora medida sobre pontones	16.50 m
Manga	6.69 m
Puntal	1.87 m
Dimensiones del pontón principal	10.50 x 2.95 x 2.46 m
Dimensiones de los pontones laterales	15.75 x 1.83 x 1.83 m
Calado promedio con tanques de combustible llenos	1.25 m
Profundidad máxima de dragado en versión estándar	10.00 m
Diámetro interior de las tuberías de descarga	450 mm
Peso neto total	86 t

IV.3.3.1 Bomba de dragado

Tipo	IHC 1100-200-400
Potencia	610 Kw (830 CV)
Motor principal	Caterpillar 3508 DI-TA, que desarrolla una potencia continua de 638 kw (867 CV) a 1.800 rpm. Consumo específico de combustible 212 g/kw/h.

Bomba de dragado accionada mediante grupo combinado de bloque de bomba/engranaje reductor.

IV.3.3.2 Fuente de potencia auxiliar

Caterpillar 3306-B-DI-TA, que desarrolla 193 kw (264 CV) de potencia continua a 2.000 rpm. Consumo específico de combustible 214 g/kw/h

IV.3.3.3 Instalación eléctrica

Voltaje 24 V
Capacidad 400 Ah

IV.3.3.4 Cortador

Tipo	IHC 1330-120. con 5 cuchillas de corte filo dentado
Potencia al eje	110 kw (150 CV)
Diámetro	1330 mm
Velocidad máxima	30 rpm

IV.3.3.5 Winches

	Winche Escala	Winche girat
Tracción del cable 1° capa (kN)	57	57
Velocidad max. Cable (m/min), aprox	22.9	22.9
Diámetro del cable (mm)	18	18
Diámetro del tambor	390	390

Todos los winches disponen de accionamiento hidráulico independiente.
Los dos winches giratorios se entregan con cables de 100 m y anclas de 360 kg.

IV.3.3.6 Zancos

Longitud aproximada	14.1 m
Diámetro	457 mm
Peso aproximado	2250 Kg

IV.3.3.7 Maza de elevación de los zancos

Fuerza	100 kN
Carrera de la maza	2.10 m
Desplazamiento del zanco	aprox. 3.50 m por golpe

IV.4 Características generales de los movimientos ondulatorios

IV.4.1 Aguas oceánicas

Es del conocimiento generalizado que los océanos y mares cubren la mayor parte de la superficie del globo terráqueo, por esa cuestión es importante dar una definición de Océano: extensión continua de aguas saladas que cubren el 71% de la superficie terrestre. La ciencia que estudia lo relacionado a los océanos en sus aspectos fisicoquímicos, biológico y geográficos se denomina Oceanografía.

Es de fundamental importancia el conocimiento de aspectos oceánicos y marítimos, dados que éstos cubren una superficie considerable en nuestro planeta y muchas de las actividades humanas tienen una relación estrecha con todos los fenómenos que se presentan en los Océanos.

En el caso particular de México, resulta de importancia considerable, dado que nuestro país tiene un perímetro costero muy extenso, cerca de 9 330 kilómetros, sobre el cual se desarrollan actividades como la pesca, transporte marítimo, generación de energía eléctrica, explotación de petróleo y turismo, entre muchas cosas.

IV.4.2 Zona costera

Se define como zona costera a la región que se encuentra entre el mar y la tierra. Dentro de ésta misma zona, se puede identificar otras regiones denominadas costa y playa. Para un mejor entendimiento de la ubicación de cada una de las mencionadas nos referimos a la figura

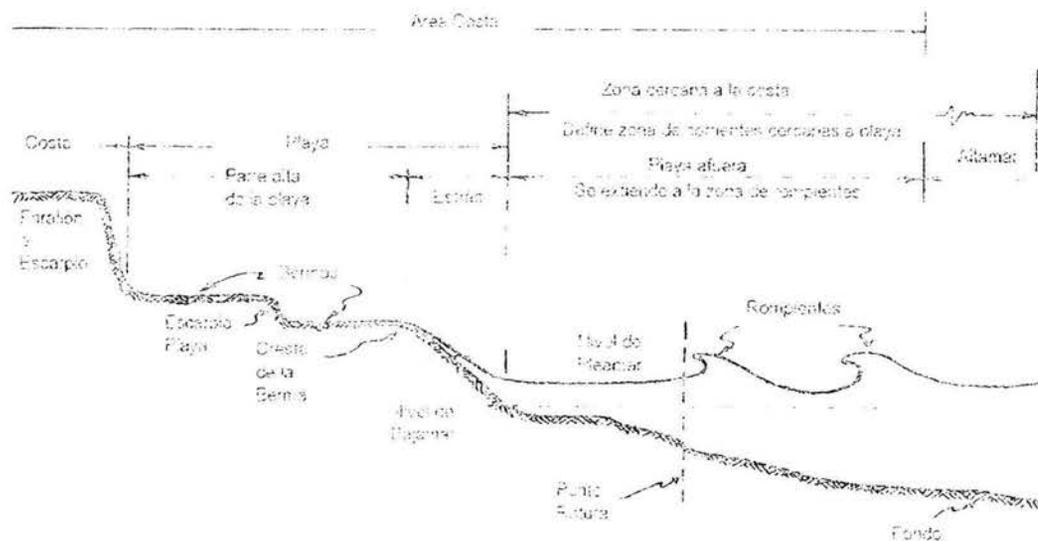


Figura 4.3 Descripción Gráfica de los términos utilizados en la zona costera.

La forma que adquiere el litoral es diferente de un lugar a otro, y así por ejemplo, en la costa del Pacífico mexicano las playas son de pendiente más fuerte, se presentan acantilados y montañas muy próximas al mar, en cambio, del lado del Golfo, las playas son más tendidas y difícilmente se encuentran acantilados.

Es importante mencionar que la zona costera reviste una gran importancia desde diferentes puntos de vista y de cualquiera de ellos debemos cuidar de su conservación y preservación. Estas zonas costeras son aprovechadas como zonas de desarrollo turístico, comercial pesquero e industrial.

Las ramas de la ingeniería que está especializada en lo que se refiera al estudio de las áreas costeras se denominan *Ingeniería de Costas*. Así pues se puede definir a la *Ingeniería de Costas* al conjunto de ciencia y técnica que interrelaciona la oceanografía física, química y biológica con las obras o estructuras que son necesarias para aprovechar o protegernos de los fenómenos que tienen lugar en el mar o sus proximidades.

Existen parámetros que la *ingeniería de costas* debe de tomar en cuenta, como son:

- Entender los fenómenos involucrados y sus efectos en la zona costera.
- Evaluar los cambios inducidos en el medio ambiente marítimo-costero tanto por naturaleza como por el hombre.
- Diseño de las obras necesarias para resolver la problemática planteada sin afectar en lo posible al medio ambiente.
- Considerar los aspectos relativos al impacto ambiental que cualquier obra produce sobre el medio ambiente, y en particular sobre el mar, el cual se reconoce como una fuente importante de vida y recursos naturales que se deben preservar y explotar de manera racional a fin de generar un desarrollo sustentable.
- Supervisión y monitoreo de las obras durante su construcción y vida posterior a fin de observar que el comportamiento sea acorde con el objetivo planteado.

IV.4.2.1 La Costa

La *costa* es la región en donde interactúan las fuerzas de mar con tierra. El sistema se compone de la energía que transmite el mar a través de su movimiento y que es absorbida por tierra firme. Los fenómenos que tienen lugar en el mar y su interfaz con la parte de tierra son muy complejos y requieren de estudios detallados y sistemáticos en la zona que se desea estudiar, ya que las condiciones de un lugar a otro pueden variar de manera importante.

Uno de los fenómenos que tienen gran influencia en la conformación de ésta zona es el oleaje, ya que es capaz de erosionar o azolvar grandes tramos de costa.

Este fenómeno se vuelve especialmente importante cuando es producido por condiciones extraordinarias como puede ser la presencia de ciclones o tsunamis(maremotos).

En el caso de ciclones, el viento al soplar sobre la superficie de mar, podrá formar olas de unos cuantos centímetros, hasta varios metros (30 m.) Cuando se tiene la presencia de un terremoto o disturbio tectónico se generan los tsunamis, los cuales son ondas de muy largo período que cruzan los océanos a velocidades de 800 Km./ hr., ocasionando mucho daño en las zonas costeras que inciden. Fenómenos oceánicos que se presentan y producen determinado tipo de oleaje son las corrientes marítimas, mareas y el ya mencionado viento.

Otros fenómenos propios del oleaje son la *Refracción*, *Difracción* y *Reflexión*, los cuales se mencionarán mas adelante en este capítulo.

IV.4.2.2 La Playa

La *playa* es la zona de interfaz entre tierra firme y el mar, en ella es donde se hacen sentir los efectos de los fenómenos mencionados anteriormente. Es aquí donde se produce una reacción que amortigua o disipa la energía de dichos fenómenos y que, por tanto, hacen muy dinámica a esta zona, susceptible de modificaciones y cambios muy importantes.

En términos generales, las playas están constituidas por sedimentos que puede[ser desde arenas muy finas hasta gravas o cantos rodados. Las características del material constitutivo dependerán de las condiciones de intensidad del oleaje de los materiales que constituyan las zonas aledañas.

En general se puede afirmar que los limos y arcillas no existen en las playas, y que la acción del oleaje, por muy pequeño que éste sea, mueve y pone en suspensión a éstos, depositándose en lugares tranquilos como es el caso de lagunas o esteros.

Las características de una playa quedan definidas en término del tamaño promedio de las partículas que la constituyen, el rango y distribución de los tamaños, la composición mineralógica de la arena, la elevación y ancho de la berma, la pendiente de la playa, y la existencia o ausencia de una barra. En general, se puede decir que entre más gruesa la arena, mayor será la pendiente, y viceversa.

Las flechas litorales son parte importante de la zona playera, y son cordones de arena que corren paralelos a la costa, dejando áreas de agua entre ellas y tierra firme. Estas formaciones proporcionan protección a las costas sobre todo en época de tormentas o ciclones.

Las lagunas litorales son cuerpos poco profundos de agua que quedan comprendidos entre las playas y tierra firme. Estas lagunas se conectan al mar por canales a través de los cuales fluyen las corrientes de marea.

IV.4.3 Corrientes

En general se pueden definir a las *corrientes* como el desplazamiento de una masa de agua determinada por dos características: dirección y velocidad.

La *dirección* de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirige, es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en éstos se considera de donde sopla y no hacia donde sopla. La *velocidad* de una corriente se expresa tradicionalmente en nudos, cuando se trata aspectos relativos a la navegación (1 nudo = 1 milla marítima por hora = 1 853 m por hora.)

El estudio de las corrientes se dividen en cuatro apartados; *corrientes oceánicas*, *corrientes inducidas por el viento*, *corrientes por marea* y *corrientes en la costa producidas por oleaje*. Aunque con relación a su ámbito también pueden clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su relativa área de influencia, resultando obvia su diferenciación.

IV.4.3.1 Corrientes oceánicas

Las causas que generan las *corrientes oceánicas* son esencialmente dos: *viento* y *gradiente*.

El *viento* como elemento generador opera por efecto de; arrastre de las moléculas superficiales, las cuales a su vez, por rozamiento actúan sobre las moléculas más profundas, según sea la intensidad y persistencia del viento y, también, dependiendo de que haya o no elementos que se opongan al mantenimiento del flujo de aguas. Por lo tanto, este tipo de corrientes se puede decir que en general son prácticamente superficiales y de poca intensidad. Este tipo de corrientes coincide en dirección con los vientos generales o planetarios (alisios y contralisios, etc.) y tienen una dirección más o menos constante en el transcurso del año.

El *gradiente* como elemento productor de las corrientes está determinado por las diferencias de densidad de las masas de agua, la cual es función de la temperatura y la salinidad. Es por ello que algunas corrientes presentan componentes en el plano vertical, que implica el trasvase de masas de agua de uno a otro plano potencia; o estrato.

Una serie de elementos circunstanciales contribuyen a matizar a las corrientes cualquiera que sea su origen. la configuración litoral y la topografía del fondo son dos de éstos elementos; así mismo, influye la inercia de la misma corriente, una vez generada.

La aportación de agua dulce puede ser también un elemento característico de un esquema de corrientes, tratándose de corrientes que involucran una gran cantidad de masa de agua; la fuerza de Coriolis es otro agente que define un determinado comportamiento.

Si se atiende a la temperatura de las aguas, las corrientes se clasifican en calientes y frías y basan su importancia fundamental en el hecho de que determinan ciertos comportamientos de orden biológico, en relación con la presencia de especies vegetales y animales.

IV.4.3.2 Corrientes locales inducidas por viento

Cuando el viento sopla sobre la superficie libre del mar, se produce un esfuerzo cortante sobre el agua y las partículas líquidas que cuando el viento no actuaba describían órbitas elípticas casi cerradas al paso de las olas, ahora tendrán una resultante de traslación importante.

Considerando la acción de un viento ideal, de velocidad constante, soplando sobre una superficie o plano de agua infinita, y tomando en cuenta las fuerzas de fricción y Coriolis, los científicos Rossby y Montgomery, mediante la aplicación de la teoría, llegaron a los valores que se indican en la siguiente tabla.

Latitud (°)	Relaciones de U_s/U_o			
	U_s velocidad absoluta de la corriente en la superficie (m/s)			
	U_o velocidad del viento superficial (m/s)			
	$U_o = 5$	10	15	20
15	0.0317	0.0291	0.0276	0.0266
30	0.0292	0.0268	0.0254	0.0245
45	0.0280	0.0256	0.0243	0.0234
60	0.0273	0.0249	0.0237	0.0228
75	0.0269	0.0246	0.0234	0.0226
90	0.0268	0.0245	0.0233	0.0225

Tabla 4.4 Relación de velocidad del viento. Rossby y Montgomery.

Cabe señalar que los valores antes presentados, y los que pudieran deducirse a partir de la aplicación de las ecuaciones, deben de considerarse meramente orientativos, ya que en la realidad en la generación de corrientes por vientos locales son muchos los parámetros que intervienen, siendo lo más conveniente en un caso práctico realizar mediciones directas.

IV.4.3.3 Corrientes de marea

La elevación y descenso periódico del nivel de agua genera movimientos notables en las masas líquidas, sobre todo en zonas costeras en donde la comunicación con el mar abierto está relativamente restringida (estuarios, bahías, entradas a puerto, desembocaduras, etc.) y general las llamadas corrientes por marea.

A su vez, este tipo de corrientes se subdivide en: *corrientes rotatorias*, cuando su rumbo varía escalonadamente conforme a la rosa de los vientos, en uno u otro sentido-, a medida que la marea progresa; *corrientes pendulares*, cuando el sentido de la corriente cambia según el estado de la marea (flujo o reflujo), y, *corrientes hidráulicas*, caracterizadas por el efecto de represamiento de las aguas producido por una especial configuración de la costa.

La característica primordial de este tipo de corrientes es su periodicidad, que puede ser diurna, semidiurna - mixta, según sea la marea astronómica. En las entradas la corriente de una marea fluye en dos sentidos; cuando esta creciendo hacia la zona interna (flujo) y cuando esta descendiendo hacia mar adentro (reflujo); las velocidades máximas obtenidas en estas zonas normalmente están desfasadas respecto a los momentos de presentación de las pleamares o bajamares.

Las características de las corrientes de marea, como es fácil de comprender, cambian de un lugar a otro, dependiendo en primer término de; carácter de la marea y en función también de la profundidad y configuración de; terreno donde se desarrolla. Por lo tanto no son recomendables las expresiones analíticas para su cálculo, haciéndose necesario su medición directa.

Los efectos producidos por las corrientes de marea interesan al ingeniero, por lo general, en las zonas inmediatas al litoral; en zonas de mar profundo estas corrientes mantienen una rotación periódica por causa de la fuerza de Coriolis con velocidades relativamente bajas. Por el contrario, en las proximidades de las costas y especialmente en las zonas estrechas, como las antes mencionadas, las velocidades pueden llegar a ser bastante considerables dando lugar a problemas de diversa índole, como puede ser el transporte de sedimentos, accesos de puertos, transporte de contaminantes, etc.

IV.4.3.4 Corrientes producidas por oleaje

Para ciertos valores de profundidad del fondo con relación con la altura de la ola, o bien por su relación de esbeltez, (relación entre la altura de la ola, H y la longitud de onda, L , $r=H/L$), ésta tiende a romper, modificando sustancialmente las características del transporte de masa líquida y, en consecuencia, provocando corrientes.

La importancia por las corrientes producidas por oleaje radica fundamentalmente en el hecho de las que son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros.

En función de la dirección de su movimiento éstas corrientes se clasifican en dos tipos:

- *Corrientes normales a la costa*
- *Corrientes paralelas a la costa*

IV.4.3.4.1 Corrientes normales a la Costa

Las *corrientes normales a la costa* son generados por la necesidad de la evacuación del volumen de agua sobrante que ha sido empujado y acumulado contra la playa en el estrán, debido a la acción del oleaje y del viento; este exceso de volumen se manifiesta con una sobre elevación del nivel del mar en la zona de rompientes.

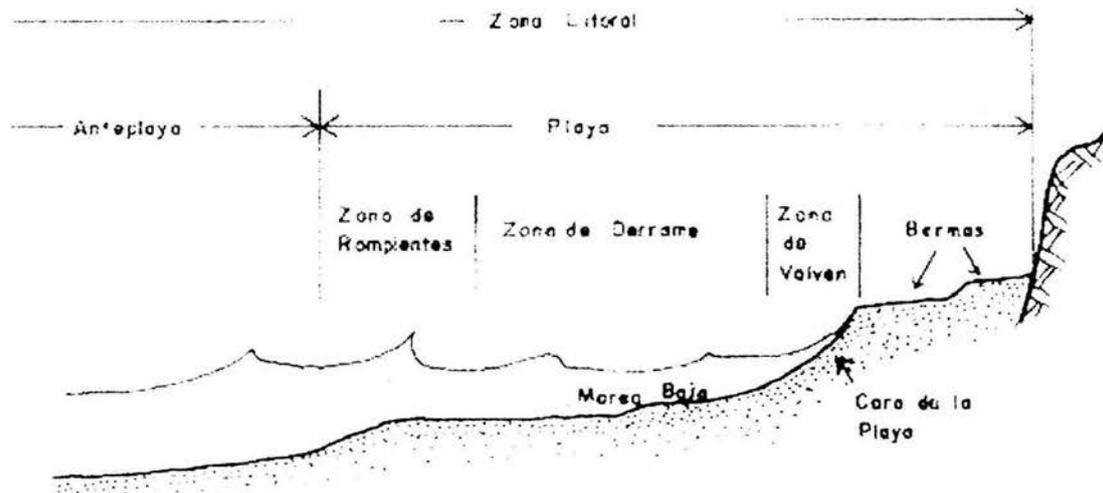


Figura 4.4 Zona de rompientes.

Este tipo de corrientes a su vez, puede tomar dos formas. La primera se denomina resaca (undertow) y se manifiesta como un flujo difuso que arranca del estrán desplazándose próximo al fondo del mar adentro a lo largo de prácticamente toda la playa; ésta corriente desaparece a la altura de la línea de rompientes no produciendo, entonces, ninguna renovación apreciable del agua.

La segunda se denomina corriente, atravesando la línea de rompientes para expandirse luego.

La importancia de este tipo de corrientes estriba en que producen una clasificación en los sedimentos de las playas, la cual interviene en su balance o estabilidad.

IV.4.3.4.2 Corrientes paralelas a la costa

Lo más común en una playa es que el oleaje incida formando un cierto ángulo con ella, es decir, oblicuamente, bien sea debido a la refracción que sufre en su acercamiento o por la dirección con que fue generado; debido a ello se formará una *corriente paralela a la costa* localizada entre la línea de rompientes y la orilla. Esta corriente recibe el nombre de *corriente litoral* o corriente a lo largo de la Costa (long shore current).

Se considera generalmente que ésta corriente es la principal responsable de transportar los sedimentos a lo largo de la costa, una vez que el sedimento ha sido puesto en suspensión en la rotura de la ola; por tal razón es muy importante dentro de la ingeniería de costas conocerla cuantitativa y cualitativamente.

IV.4.4 Mareas

Las *mareas* son movimientos cíclicos regulares de ascenso y descenso de las aguas, debidas a la atracción de la luna y el Sol, principalmente (marea astronómica), aunque en la realidad se presenta la marea de tormenta y la marea hidráulica.

IV.4.4.1 Marea astronómica

El primer acercamiento serio al fenómeno fue hecho por Newton en 1687 en su " *Philosophie Naturalis Principia Matemática* ", en la cual mostró la atracción gravitacional entre el Sol, luna y tierra. Es decir, Newton obtuvo la teoría que se conoce como 'estática', la cual aunque imperfecta, proporcionó la noción esencial de la fuerza de atracción que los astros tienen sobre las moléculas líquidas.

Más tarde en 1799, Laplace presentó más detalles y el panorama fue haciéndose poco a poco más claro (teoría dinámica). Este investigador estableció que el movimiento del nivel del mar en un punto determinado es la consecuencia de las oscilaciones libres, en donde las características (período y amplitud), son función de las dimensiones del vaso o recipiente que constituyen los océanos, y de las

oscilaciones forzadas, producto de la acción (atracción) perturbadora de los astros(luna y Sol).

Para simplificar una explicación del fenómeno, sólo se considera el sistema Tierra-luna - Sol, haciéndose las siguientes suposiciones:

- La Tierra está cubierta totalmente con una capa de agua.
- La Luna está en el plano del ecuador de la Tierra
- No existe rotación de la Tierra.

Así pues, se definen los siguientes tipos de mareas:

Marea Viva. Es la producida por la atracción sumada de la Luna y el Sol. En otras palabras, es la máxima amplitud que alcanza la onda en el mes (en realidad el aumento empieza desde la marea muerta), ocurriendo algún tiempo después de aparecida la luna llena a nueva (novilunio y plenilunio respectivamente. Sucede cuando quedan en línea el Sol, la Luna y la Tierra, lo que se dice están en "sicigia" (en línea).

Marea Muerta. Es la que ocurre cuando la atracción de la Luna es contrarrestada por la del Sol. Se presenta la máxima amplitud que alcanza la onda en el mes decrece a partir de la marea viva), ocurriendo algún tiempo después que han aparecido los cuartos crecientes y menguantes. Sucede cuando están los tres astros en " cuadratura ", o sea, formando un ángulo recto.

Marea equinoccial. Se presentan las máximas amplitudes de los 12 meses y ocurre para el caso de la luna llena de equinoccio, ya que el sol se encuentra lo más cercano a la Tierra. A éstas mareas se les puede considerar como las máximas mareas vivas durante todo el año, las mínimas mareas muertas cuando se presenta el cuarto creciente o menguante en coincidencia con el solsticio.

Al movimiento de ascenso del agua se le ha llamado flujo, y al descenso, reflujo. El momento de mayor altura es la pleamar y, el de más bajo, bajamar.

Marea Diurna: una pleamar y una bajamar por ciclo, en un período de 24 horas y 50 minutos (valor promedio).

Marea Semidiurna: dos pleamares y dos bajamares durante dos sucesivos ciclos con periodo de 12 horas y 25 minutos cada uno (valor promedio), las amplitudes de ambas son sensiblemente semejantes.

Marea Mixta: dos pleamares y dos bajamares durante dos sucesivos ciclos con periodo de 12 horas y 25 minutos cada uno (valor promedio), las amplitudes de ambas presentan diferencias notorias (desigualdad diaria.)

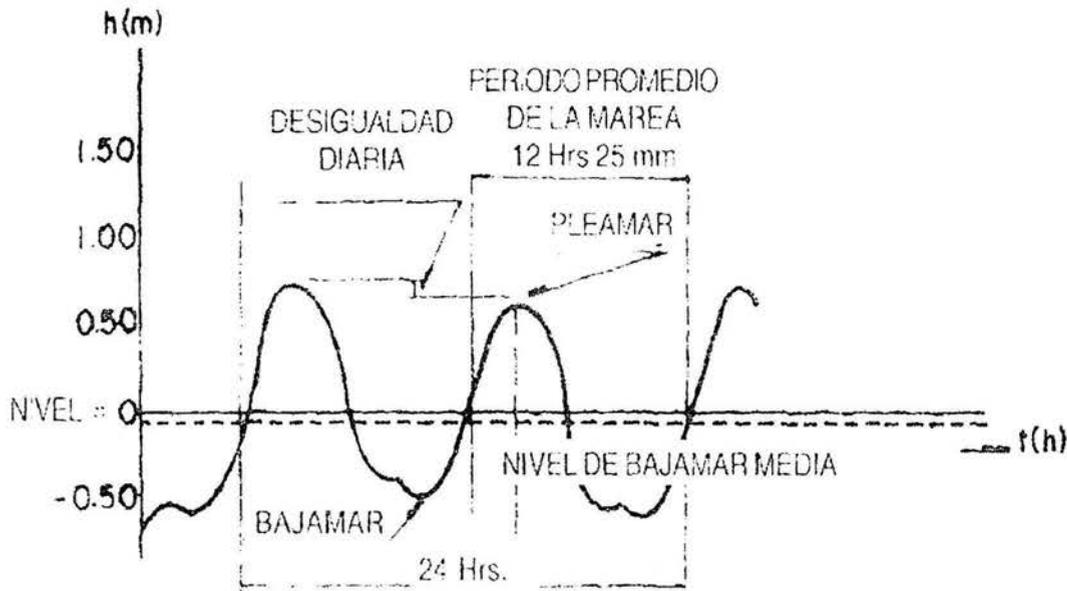


Figura 4.5 Onda de Marea.

Debe de tomarse en cuenta la edad de la marea, la cual puede observarse a partir de que las mareas vivas y muertas ocurren algún tiempo después de la ocurrencia de la fase de la luna que las origina. Esto es debido al tiempo de viaje del área del Polo Sur al lugar considerado y a los efectos de amortiguamiento y reflexión. Esto ocasiona que dos subsecuentes pleamares como bajamares no presenten la misma altura, a la cual se le ha definido como desigualdad diaria.

En México, el Departamento de Oceanografía dependiente del Instituto de Geofísica de la UNAM, estudia y registra las mareas y, para los principales puertos ha establecido los correspondientes planos de mareas que a continuación se describen:

- *Altura Máxima Registrada*: Nivel más alto registrado en la estación por efecto de algún tsunami o ciclón.
- *Pleamar Máxima Registrada*: Nivel más alto debido a las fuerzas de marea periódico, o también a que tengan influencia sobre las mismas los efectos de condiciones meteorológicas.

- *Nivel de Pleamar Media Superior*: Promedio de la más alta de las dos pleamares diarias, durante el período considerado en cada estación.
- *Nivel de Pleamar Média*: Promedio de todas las pleamares durante el período considerado en cada estación. Cuando el tipo de marea es diurna, este plano se calcula tomando el promedio de la pleamar más alta diaria, lo que equivale a que la pleamar media en este caso es lo mismo que la pleamar media superior.
- *Nivel Medio del Mar*: Promedio de las alturas horarias durante el período considerado en cada estación.
- *Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI)*: Promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el período considerado en cada estación. Este plano es el que se utiliza como plano de referencia para el pronóstico de mareas en la Costa de; Pacífico y Golfo de California, mismo que utiliza el Coast and Geodetic Survey.
- *Nivel de Bajamar Media (NBM)*: Promedio de todas las bajamares, durante el período considerado en cada estación. Cuando el tipo de marea es diurno, este plano se calcula tomando el promedio de la bajamar más baja diaria.
- *Nivel de Marea Média*: Plano equidistante entre la pleamar y bajamar media.

El mismo organismo publica también las tablas de predicción de mareas, tanto para el Golfo de México como para el Océano Pacífico, en los puertos en los que cuentan con estación mareo gráfica.

Es importante hacer notar que el nivel de; mar por éste fenómeno de las mareas, se encuentra en una constante variación, por lo que el oleaje cambia su posición de incidencia en las playas constantemente, es decir, se acerca o se aleja dependiendo de dicha variación.

El rango de la marea (variación de pleamar y bajamar) fluctúa de acuerdo con la posición geográfica de; lugar, y así por ejemplo, en México tenemos los siguientes valores aproximados.

Puerto	Rango Medio (m)
Ensenada, B.C.	1.14
San Felipe, B.C.	4.11
Acapulco, Gro.	0.65
Salina Cruz, Oax	1.18
Tampico, Tamps	0.47
Progreso, Yuc	0.57
Cozumel, Q.R.	0.23

Tabla 4.5 Valores aproximados de mareas en diferentes puertos nacionales

IV.4.4.2 Marea de Tormenta

Se define *marea de tormenta* como el aumento (o disminución) del nivel de agua arriba (o abajo) del nivel esperado, debido a la succión existente dentro de un área de baja presión en el océano y por el esfuerzo ejercido por el viento sobre la superficie del agua

La marea de tormenta suele ser muy importante en áreas costeras sujetas a vientos ciclónicos tropicales o huracanados, ya que pueden causar aumento o disminución de los niveles del agua debidos a las mareas astronómicas, por lo que para el caso de algunos proyectos específicos es de vital importancia tornaren cuenta su efecto. En el caso de marea de tormentas positivas (aumento) el viento sopla hacia la costa considerada y en el caso contrario (disminución) el viento sopla en la dirección opuesta.

Este fenómeno puede presentarse de igual forma dentro de lagos o esteros en los que la profundidad es baja.

IV.4.4.3 Marea Hidráulica

Se denomina *marea hidráulica* al efecto que se produce en la onda de marea al propagarse en un estrecho o en un golfo que se angosta en su extremo, Un caso típico de ella es el fenómeno que ocurre en el Golfo de California, en donde la amplitud de la marea en la parte Norte es bastante mayor que la correspondiente en la comunicación con el Océano Pacífico.

IV.4.5 Vientos

Se define *viento*, en general, como el movimiento de masas de aire; sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es: corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre. El aire en movimiento en niveles bajos es fuertemente afectado por la fricción con la superficie terrestre y por la convección térmica, no ocurriendo lo mismo en capas superiores donde la temperatura y la velocidad de desplazamiento son, en general, constantes; presentando un flujo laminar el cual prevalece en la parte alta y se va convirtiendo en turbulento conforme se acerca a las capas más bajas. La turbulencia del aire se incrementa con la rugosidad del terreno y la velocidad.

El comportamiento del viento en la vertical tiende a incrementarse rápidamente, partiendo del nivel del suelo hasta una altitud entre los 460 y los 610 m después de la cual el incremento de la velocidad es menor. En general, el viento puede considerarse variable en dirección y velocidad para períodos cortos, como consecuencia principalmente de la viscosidad, pero en períodos más largos, el flujo del aire se considera constante para una dirección dada.

IV.4.5.1 Factores que afectan el movimiento del aire

El viento se atribuye a las desigualdades de la densidad del aire, y a las presiones bajas y altas; el excesivo calentamiento del aire hace que éste se dilate y se anime de un movimiento ascendente dejando un lugar vacío en el lugar en donde se dilató, o centro de baja presión barométrica; éste vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

El movimiento del viento en la atmósfera es en promedio cíclico, partiendo de un principio de estabilidad térmica, generado por el enfriamiento y calentamiento de la tierra por la luz solar. En este proceso se desarrollan patrones de desplazamiento debido principalmente a la fuerza de gravedad (fuerza centrífuga) y la rotación terrestre (efecto de Coriolis).

A pequeña escala el movimiento del aire es extremadamente variable directamente afectado por una convección local y con poca influencia por los efectos arriba mencionados, sin embargo el flujo a escala global se puede simplificar considerando únicamente el siguiente grupo de parámetros:

Gradiente horizontal de presiones. El gradiente de presiones horizontales proporciona la fuerza horizontal, determinando así la velocidad y dirección inicial del movimiento del aire. La tendencia del viento es desplazarse de la más alta a la más baja presión y perpendicular a las isobaras (líneas de igual presión).

Fuerzas friccionantes. Son generadas por el comportamiento del movimiento del aire, como cualquier movimiento de fluidos, con respecto a una superficie como frontera. En general, éste efecto es menor por encima de los océanos cuyas superficies en promedio son mucho más suaves que las áreas sobre la superficie terrestre, la cual es más rugosa. El efecto de la baja rugosidad de los océanos afecta la velocidad del viento en apenas un 20%, mientras que en la superficie de la tierra el porcentaje es mucho mayor.

Fuerza de Coriolis. La aparente fuerza resultante de la rotación, causante de la deflexión en el movimiento del aire, es conocida como fuerza de Coriolis. Dicha fuerza afecta el comportamiento de todos los objetos que se mueven libremente sobre la superficie de la tierra. Al considerar en el desplazamiento de una masa de aire los efectos de gradiente de presiones y efecto de Coriolis se conoce como viento Geostrófico.

IV.4.5.2 Clasificación de los vientos

Una vez descritas las principales fuerzas que rigen el desplazamiento del viento en la atmósfera, el siguiente paso es explicar los sistemas de viento globales más importantes.

En el modelo atmosférico existen cuatro cinturones principales de presión, la zona de calmas ecuatoriales (Doldrums), donde debido al constante calentamiento solar presenta una región de alta convección y por lo mismo una zona de baja presión constante.

El cinturón de calmas subtropicales o "latitud de los Caballos", que se localiza en ambos hemisferios alrededor de los 30° de latitud, presenta una marcada tendencia a mantener un sistema de alta presión generado por un proceso adiabático constante, debido a lo anterior en esas regiones se mantiene una baja humedad y por lo mismo cielos claros la mayor parte del año.

En el cinturón Subpolar de baja presión, ubicado en latitudes mayores a los 65°, se presenta principalmente un efecto térmico de mayor temperatura en el agua de los océanos que en la zona terrestre, lo cual genera una depresión con respecto a la alta presión constante sobre los casquetes polares.

Los casquetes polares debido a las bajas temperaturas y su consecuente baja humedad, presentan una zona de alta presión todo el año.

No obstante que los patrones de viento son más afectados por las diferencias térmicas entre tierra y océano, se pueden caracterizar patrones de flujo bien definidos:

Flujo del Este o Alisios. Esta corriente se genera en la latitud de los caballos y viaja hacia el ecuador con una deflexión hacia la derecha en nuestro hemisferio.

Esta corriente se mantiene casi constante todo el año, con una velocidad promedio de 23 Km/hr.

Flujo del Oeste. Estas corrientes dirigidas hacia los polos que se generan de la latitud de los caballos y mantienen casi todo el año una velocidad de 41 Km./hr.

El origen de estos vientos se encuentra en la región ecuatorial de la Tierra, en donde existen los mayores motivos de calentamiento y humedad; a consecuencia de esto, el aire se vuelve más ligero y se establece una corriente ascendente de aire caliente y húmedo; éste se enfría a medida que sube y gran parte del vapor que lleva en suspensión se precipita en forma de copiosas lluvias, luego el aire ya más seco y pesado se derrama por las capas superiores de la atmósfera en dirección a los polos; a éste flujo de vientos se le denomina Contralisios. Para llenar el vacío que dicha corriente ascendente deja en extensa zona ecuatorial (de 300 a 1 000 Km.), acuden por abajo los llamados vientos Alisios que llegan del Norte y del Sur y vuelven a elevarse formando por lo tanto, un cinturón carente de vientos horizontales en el ecuador teórico de la Tierra que recibe el nombre de calmas ecuatoriales; nombre dado por los marinos debido a la frecuencia con que los veleros se quedaban estacionados por falta de viento.

Ahora bien, sí la Tierra no estuviese dotada de movimiento de rotación y no existiesen perturbaciones en la superficie de la misma, la trayectoria de estos vientos (alisios y contralisios), coincidiría con los meridianos, pero en virtud de este movimiento de rotación de las moléculas atmosféricas al trasladarse de los polos al ecuador, que es el caso de los vientos alisios, estos van encontrando regiones dotadas de creciente velocidad lineal (la velocidad lineal de la tierra va en aumento a medida que se va uno acercando de los polos hacia el ecuador) lo que da por resultado que en vez de seguir trayectorias de los polos al ecuador se desvíen hacia el Este en el Hemisferio Norte y hacia el Oeste en el Hemisferio Sur.

Monzones. Son vientos que estacionalmente cambian de dirección, invirtiendo totalmente el sentido, generalmente de noroeste a sudeste, conocidos también por el drástico cambio de humedad, esta debido principalmente a su origen: seco cuando se genera sobre continentes y húmedo cuando lo hacen sobre los océanos.

Vientos Ciclónicos. Un ciclón es un área circular rugosa de bajas presiones, cuyo diámetro varía desde una decena a muchos kilómetros, la presión atmosférica en el centro de ésta región es baja y se incrementa con el aumento del radio.

La espiral de movimiento circular, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, es conocida como circulación ciclónica. Nótese que el término ciclónico no necesariamente implica una tormenta peligrosa o destructivo pues este es uno de los típicos y comunes modelos de climas de las latitudes medias. Aunque para gradientes de presiones excesivos pueden provocar ventarrones, estos ocasionalmente se producen en latitudes medias en áreas de bajas presiones, el término no debe ser confundido con algo violento; en

distinción, en las latitudes bajas el término ventarrón se utiliza para ciclones extratropicales. Los vientos ciclónicos extratropicales son más intensos durante la época fría del año y provocan condiciones peligrosas para la navegación en los océanos.

Anticiclones. Las áreas rugosas de altas presiones dan origen a vientos cuyos movimientos con respecto al centro son opuestos a los desarrollados en las de bajas presiones. Bajo la influencia del gradiente de presión y las fuerzas deflectivas, los vientos que tienden a moverse directamente hacia fuera del centro del sistema de alta presión desarrollando un movimiento en el sentido horario, hacia fuera del centro de la espiral en el hemisferio norte y viceversa en el hemisferio sur.

Comúnmente se asocian tormentas y fuertes vientos con la actividad ciclónica, por otra parte los anticiclones se asocian con grandes masas de aire frío que urgen desde los árticos hasta las latitudes bajas. Por ejemplo en el centro de la Unión Americana y el Golfo de México frecuentemente se experimentan éstos efectos durante los meses fríos del año. En tales temporadas, se registran severos vientos fríos y lluvias a lo largo del este medio y el suroeste, a éstos fenómenos se les conoce como nortes.

Atendiendo a su acción, los vientos se clasifican en:

- Constantes o regulares; soplan en una dirección todo el año.
- Periódicos; invierten su dirección con las estaciones del año o con el día y la noche.
- Irregulares; son los que carecen de periodicidad y soplan de una y otra dirección indiferente.

Atendiendo a su extensión, se puede clasificar en:

- Generales o planetarios
- Locales

Como ejemplos de los vientos constantes y a su vez generales se encuentran los vientos alisios, contralisios y polares o vientos del oeste.

IV.4.6 Oleaje

Los movimientos generados en el mar son originados principalmente por los efectos del sol y la luna, por los movimientos terrestres, por el viento, y por las variaciones de la temperatura y salinidad.

Estos movimientos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- *Ondas*, son movimientos casi siempre periódicos, que provocan elevaciones y depresiones en la superficie del agua.
- *Corrientes*, como ya se vio anteriormente, son fundamentalmente desplazamientos de masas de agua.

Las ondas que son generadas por el viento se denominan, simplemente olas. Las olas provocan una elevación de la superficie del agua con respecto a nivel de reposo y enseguida una depresión, a la parte mas alta de la onda se le denomina cresta y a la parte mas baja valle. La separación horizontal y vertical entre crestas y valles consecutivos sirve para determinar las características del oleaje que a continuación se describen en la siguiente figura

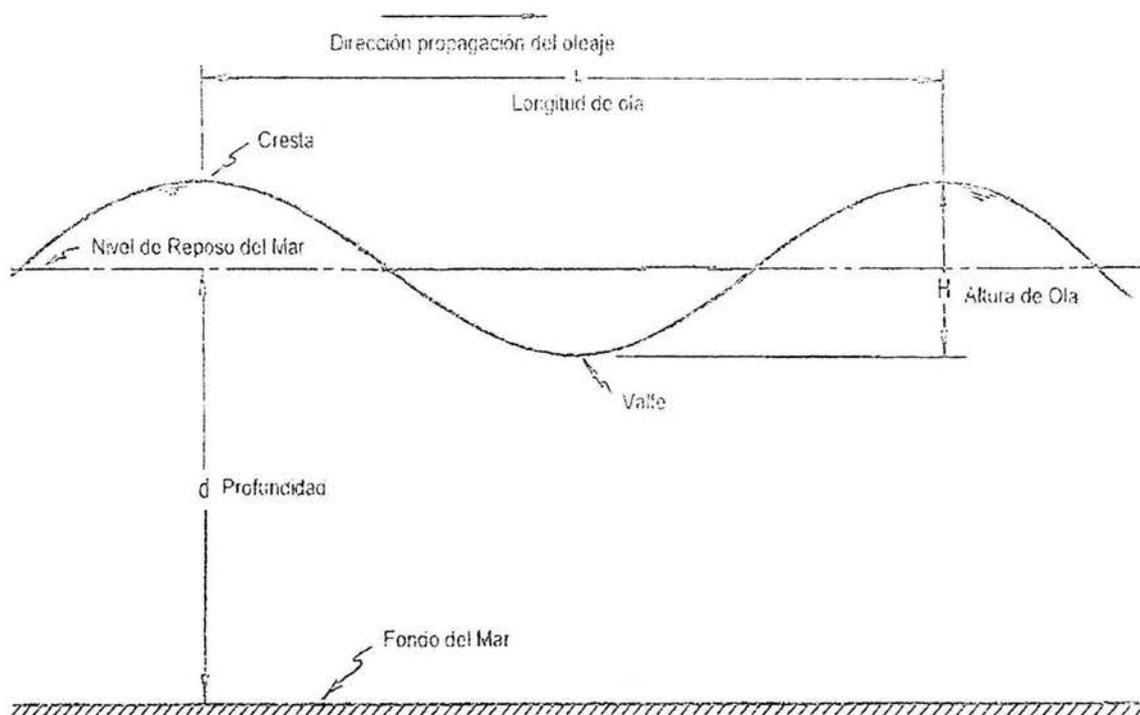


Figura 4.6 Definición de las características del oleaje.

- *Longitud de onda (L)*. Es la distancia entre dos crestas o valles consecutivos.
- *Altura de la ola (H)*. Es el desnivel entre un valle y una cresta consecutivos.
- *Periodo de la ola (T)*. Es le tiempo en segundos que transcurre entre la ocurrencias de dos crestas o valles consecutivos.
- A la relación entre la altura y la longitud de la ola, H/L se le conoce como *esbeltez*.
- *La amplitud de la ola (a)*: es la mitad de la altura de la ola $a=H/2$
- *La profundidad (d)*. Es la distancia entre le nivel de reposo y el fondo marino.
- *La celeridad (C)*. Es la velocidad de propagación de la ola

IV.4.6.1 Teorías del oleaje

Para el estudio del oleaje se han elaborado diversas teorías, la más clásica es la desarrollada por Airy en 1845 " Teoría lineal de la pequeña amplitud ", su importancia reside es su aceptable ajuste para el caso de las olas en profundidades indefinidas y su fácil aplicación; es actualmente la más usada en el análisis prácticos comunes.

Otra teoría es la trocoidal desarrollada por Gerstner (1802), con esta teoría se obtienen perfiles de onda aceptables pero la suposición que hace del movimiento de las partículas de agua no corresponde a la realidad.

Stokes (1880) estudió las olas en dos dimensiones para el caso de los fluidos con poca fricción, homogéneos, incompresibles y de tirante uniforme. El perfeccionamiento de ésta teoría se debe a Lamb (1945). Se aplica en el caso del oleaje en mar profundo.

Todas las teorías mencionadas carecen de validez cuando de trata de profundidades reducidas ya que ninguna considera el efecto que la cercanía del fondo marino ejerce sobre le perfil de las ondas.

Una teoría que sí toma en cuenta el efecto del fondo marino es la Korteweg o cnoidal que define aceptablemente el movimiento ondulatorio en profundidades reducidas; la desventaja de esta teoría es la dificultad práctica de su aplicación.

De la teoría lineal de Airy se tiene las dos expresiones siguientes:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (4.5)$$

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (4.6)$$

en donde:

C es la celeridad de la onda
 G la aceleración de la gravedad
 D la profundidad
 L la longitud de ola
 T el periodo de la ola
 Todos en unidades consistentes.

Para una longitud de ola determinada se puede deducir la relación que existe entre la profundidad y la celeridad de la ola separando en dos partes las expresiones anteriores. Una de las partes se puede expresar como función de la gravedad y la otra como función de la profundidad, así:

$$C = f(g)f(d) \quad (4.7)$$

donde

para la expresión (4.5) $f(g) = \frac{gT}{2\pi}$ y $f(d) = \frac{\tanh(2\pi d)}{L}$

para la expresión (4.6) $f(g) = \left(\frac{gL}{2\pi}\right)^{1/2}$ y $f(d) = \left(\frac{\tanh(2\pi d)}{L}\right)^{1/2}$

Es claro que cuando la tangente hiperbólica de $(2\pi d/L)$ tiene a la unidad el valor de la celeridad es independiente de la profundidad. Se ha establecido un límite a partir del cual $\tanh(2\pi d/L)$ se considera suficientemente cerca de la unidad como para igualarla a ésta sin cometer un error significativo; por arriba de éste límite se considera que la profundidad no influye en las características del oleaje. A parte del mar donde se presenta esta condición se le conoce como aguas profundas y se presenta cuando:

$$\frac{d}{L} > 0.5$$

sustituyendo este valor en $\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$ queda:

$$\tanh\left(\frac{2\pi}{2}\right) = \tanh(\pi) = 0.9963 \approx 1.00$$

La expresión (4.5) se modifica y resulta:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \quad (4.8)$$

para obtener el valor de C en m/s^2 el valor de g debe expresarse en m/s^2 y T en segundos, al sustituir g por $9.81 m/s^2$, T por T_o y C por C_o (el subíndice "o" indica que se trata del periodo y la celeridad en aguas profundas) se obtiene:

$$C_o = 1.56T_o \quad (4.9)$$

C_o también se puede expresar como el coeficiente de $\frac{L_o}{T_o}$, por lo tanto:

$$L_o = 1.56T_o^2 \quad (4.10)$$

donde

C_o esta en m/s
 L_o en metros y
 T_o en segundos.

La expresión (4.10) es de mucha utilidad cuando se procesa información estadística de oleaje.

Por otro lado se tendrán aguas reducidas cuando la celeridad dependa de la profundidad, esto sucede cuando:

$$\tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{2\pi d}{L} \quad (4.11)$$

se puede considerar este válido cuando $\frac{d}{L} < 0.04$, en este caso la celeridad se expresa así:

$$C = \sqrt{gd} \quad (4.12)$$

todo en unidades constantes.

Cuando el valor de $\frac{d}{L}$ se encuentra entre ambos límites (aguas profundas y aguas reducidas) se dice que el oleaje está en aguas intermedias o de transición. Para conocer la celeridad de una ola en este intervalo ($0.04L_0 < d < 0.5L_0$) habiendo determinado antes su periodo, se resuelve por tanteos las ecuaciones (4.5) y (4.6)

IV.4.6.2 Tipos de oleaje

Se llama área de generación aquella región donde existen transferencias de energía del viento hacia la superficie del mar. Allí el fenómeno es completamente aleatorio, el oleaje se propaga en diferentes direcciones aunque la dirección dominante es la del viento. Las olas pueden tener diversas características dependiendo de las fuerzas que influyen en su generación.

Dentro del oleaje, se suelen distinguir dos tipos de extremos, entre los cuales existe un sin número de estados intermedios. Se denominan por las palabras inglesas universalmente aceptadas: SEA y SWELL.

IV.4.6.2.1 Oleaje tipo SEA

Este tipo de oleaje se produce en la zona de generación en alta mar donde raramente se aprecia crestas de cierta longitud y es difícil observar un periodo bien definido. Las características que definen este tipo de oleaje son:

- Gran irregularidad ya que la altura de la superficie líquida es impredecible, carece de periodicidad.
- Asimetría
- Gran peralte de las olas.

IV.4.6.2.2 Oleaje tipo SWELL

Cuando la ola se propaga y abandona el área de generación ocurren tres fenómenos en las olas:

- Pierden energía, las olas viajan a expensas de su propia energía (decaimiento)
- El oleaje sufre una doble dispersión.
- Se produce un filtrado de olas.
- Fenómeno de soldadura, según el cual las ondas de periodos cercanos se unen en largas crestas de onda lo que hace que la superficie caótica se simplifique. Al envejecer el oleaje y especialmente cuando abandona el área de generación va tendiendo a un oleaje de tipo SWELL

Este tipo de oleaje se puede observar muy acentuado sobre la plataforma costera. Especialmente en profundidades reducidas, donde a los fenómenos descritos anteriormente se añade el de refracción que hacen que las tiendan a progresar en forma paralela a las líneas batimétricas.

Así pues el oleaje que se acerca más a la costa es mas regular, se forman frentes de cresta muy grandes y las diferencias entre periodos y longitudes de onda son mínimas, surge una periodicidad, las direcciones no son tan dispersas, surgen ciertas direcciones predominantes. Todo esto proporciona un cierto orden al fenómeno.

IV.4.6.3 Deformaciones del oleaje

El oleaje al propagarse sobre la superficie del mar, va sufriendo deformaciones, por efecto del fondo o por el encuentro con obstáculos, los que originan en el primer caso el fenómeno de refracción y en el segundo el de difracción y reflexión.

IV.4.6.3.1 Refracción

La refracción es el cambio de dirección que experimenta la ola, cuando ésta se acerca a una zona de menor profundidad, por ejemplo a una playa.

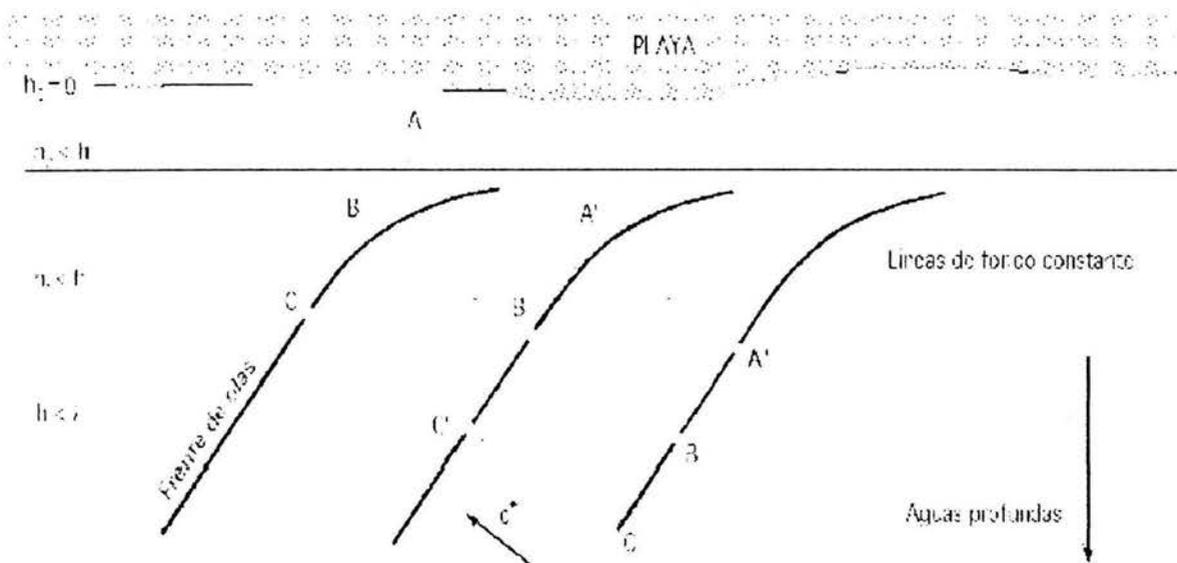


Figura 4.7 Refracción de un tren de olas.

El frente de olas se frena, la altura de la ola disminuye y su dirección de propagación se modifica.

La ola queda afectada cuando la profundidad del agua es, aproximadamente, igual a la mitad de su longitud de onda, $h = \frac{\lambda}{2}$; a partir de esta zona la celeridad

disminuye conforme decrece la profundidad, mientras que el período se mantiene constante, por lo que disminuye su longitud de onda; el resultado es que la ola al acercarse a la playa tiende a adaptar su frente de propagación a las curvas de nivel del fondo del mar.

El fenómeno de la refracción obedece a la ley de Snell, que para batimetría recta y paralela, es:

$$\frac{\text{sen}\beta}{\text{sen}\beta_o} = \frac{c}{c_o} = \frac{\lambda}{\lambda_o} \quad (4.13)$$

siendo β el ángulo comprendido entre el frente de la ola y la curva de nivel del fondo, en la zona en cuestión, y β_o el ángulo comprendido entre el frente de la ola y la curva de nivel del fondo a la profundidad, $h = \frac{\lambda}{2}$

El fenómeno de refracción sólo afecta a la altura del oleaje y a su dirección de propagación.

Cuando la ola continúa su camino hacia la costa y la profundidad del agua disminuye, la ola modifica su velocidad y longitud de onda.

En las zonas de poca profundidad $h < \frac{\lambda}{2}$, la altura H de la ola se puede poner en la forma:

$$H = K_s K_r H_o \quad (4.14)$$

en la que:

$$K_s = \sqrt{\frac{cg_o}{cg}} = \sqrt{\frac{c_o}{c \left[1 + \frac{2 \frac{2\pi}{\lambda} h}{\text{senh}\left(\frac{2\pi}{\lambda} h\right)} \right]}} \quad (4.15)$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\text{sen}\beta_o}{\text{sen}\beta}} \quad (4.16)$$

H_o es la altura de la ola en aguas profundas.

Este fenómeno se puede aprovechar para la conversión de la energía del oleaje, compaginándolo con técnicas de concentración de la ola.

IV.4.6.2 Difracción de las olas.

Es cuando las olas encuentran una obstrucción en su " trayectoria " su energía puede disiparse o transmitirse parcialmente tras el obstáculo, en otros casos la sondas pueden " rebotar " y proseguir por una dirección distinta a la original. A éste fenómeno se le conoce como reflexión del oleaje.

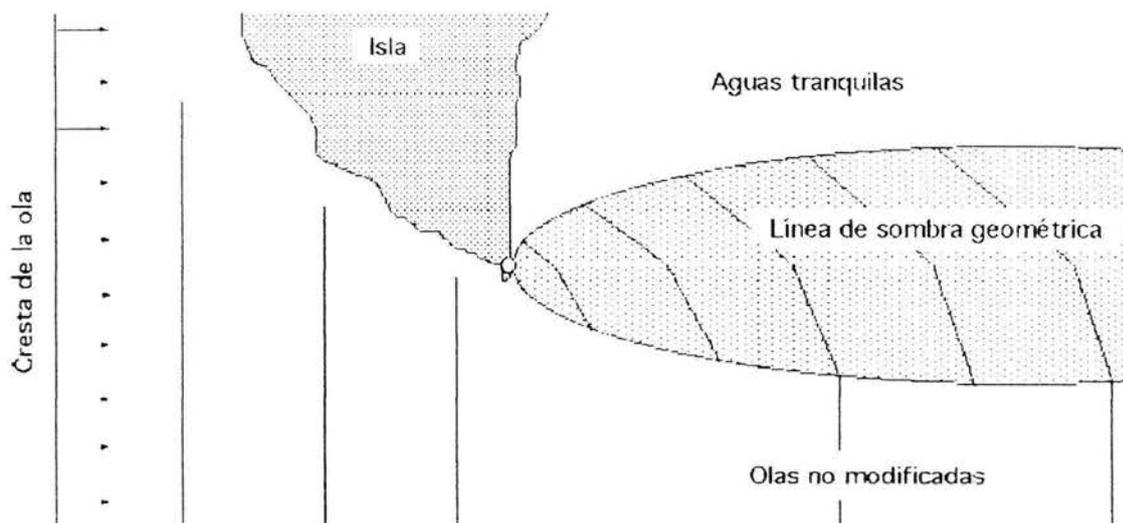


Figura 4.8 Ejemplo de Difracción del oleaje.

Cuando la ola pasa al otro lado de la barrera, el frente de olas adopta una forma circular, entrando en una zona de calma por detrás de la barrera, disminuyendo su altura en esa zona, mientras que la celeridad y la longitud λ de la ola no se modifican. Este fenómeno se puede caracterizar mediante un valor K_d que se encuentra tabulado, y es de la forma:

$$K_d = \frac{H_d}{H} \quad (4.17)$$

que permite calcular la altura H_d de la ola en la zona de difracción; es función del ángulo del oleaje incidente con respecto a la barrera, de la longitud de la barrera, de la profundidad del agua y de la posición del punto en cuestión en la zona de difracción. El fenómeno de la difracción se puede aprovechar para el control y concentración del oleaje.

IV.4.6.2 Reflexión

La reflexión se produce cuando la ola choca contra un obstáculo vertical (barrera); la ola se refleja con muy poca pérdida de energía. Si el tren de ondas es regular, la suma de las ondas incidente y reflejada origina una ola estacionaria, en la que se anulan mutuamente los movimientos horizontales de las partículas debidas a las ondas incidentes y reflejadas, quedando sólo el movimiento vertical de altura doble y, por lo tanto, de energía doble a la incidente, Figura

Teniendo en cuenta la teoría lineal, el perfil y_i de la superficie libre de la ola incidente es:

$$y_{inc} = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x - \omega t\right) \quad (4.18)$$

y si la reflexión es perfecta, el de la ola reflejada es:

$$y_{ref} = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x + \omega t\right) \quad (4.19)$$

La resultante será la superposición de las dos olas, incidente y reflejada:

$$y = y_{inc} + y_{ref} = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x - \omega t\right) + \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x + \omega t\right) = 2 \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \cos(\omega t) = \frac{Hr}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \cos(\omega t) \quad (4.20)$$

siendo H_r la altura de la ola estacionaria resultante.

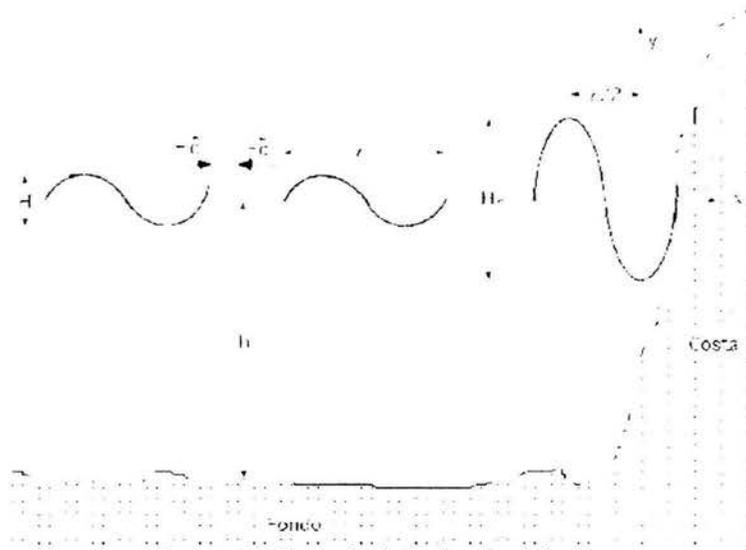


Figura 4.9 Ejemplo de Reflexión del oleaje.

La energía E_r de esta onda es:

$$E_r = 2 \frac{\gamma \lambda b H^2}{8} = \frac{\gamma \lambda b H^2}{4} = \frac{\gamma \lambda b H_r^2}{16} \quad (4.21)$$

por lo que en condiciones ideales la energía E_r de la onda estacionaria resultante es dos veces la incidente, fenómeno que puede ser utilizado en la conversión del oleaje.

Si el oleaje fuese irregular, la reflexión sería totalmente distinta.

IV.5 Estudios del Proceso Litoral

IV.5.1 Generalidades

La erosión playera y costera consiste en la socavación del litoral debido a la acción de energía sobre el material costero. La energía cinética actúa sobre la playa en forma de viento, el cual afecta directamente a los materiales de la costa; sin embargo, la forma principal de acción de la energía del viento sobre la playa es la generación del oleaje.

Solo una pequeña porción de la energía total del viento actúa sobre una gran superficie de agua es capaz de alcanzar la costa. Ocasionalmente el oleaje es también generado por otras fuentes de energía, tales como sismos.

Otro factor físico que debe tomarse en cuenta para este proyecto es el cambio que sufre el nivel del agua debido a las mareas.

También las corrientes marinas influyen mucho en el material de la costa.

IV.5.2 Métodos para la cuantificación del transporte litoral

El volumen de material transportado puede ser determinado utilizando distintos métodos basados en:

a) Medición directa

Espigones de prueba. Éste método consiste en la construcción de espigones en la playa las cuales detienen el material transportado. La cuantificación del mismo se realiza mediante seccionamientos playeros.

Trazadores fluorescentes y/o radioactivos. En términos generales éstos métodos consisten en marcar material de características similares a las que tengan el material en el sitio en estudio mediante pinturas fluorescentes y/o material radioactivo para colocarlo en la playa y rastrear su trayectoria.

Fosos de prueba. Éste método consiste en hacer una fosa y determinar sus dimensiones para así poder estimar el volumen de los depósitos una desventaja importante de éste método es que no se puede determinar claramente la procedencia del transporte.

b) Utilización de fórmulas empíricas

En lo que respecta a las fórmulas empíricas se puede decir que existe una gran número de ellas, desarrolladas por diferentes investigadores y bajo diversas condiciones. Las formulas empíricas coinciden en el hecho de que la energía del oleaje es la causa principal del transporte de litoral.

c) Combinando la medición directa y la aplicación de las fórmulas empíricas.

IV.5.3 Determinación del transporte de litoral

Es deseable siempre que sea posible combinar la medición directa con la aplicación de fórmulas empíricas y apoyarse en fotografías aéreas de distintas épocas, sin embargo para la región de la costa yucateca no fue posible la aplicación de ningún método de medición directa.

Las formulas empíricas utilizadas son:

- a) Caldwell
- b) CERC
- c) Larras
- d) Springall
- e) Pychkine

IV.5.3.1 Formula de Caldwell

Joseph Caldwell fue unos de los primeros investigadores que intentaron relacionar el volumen del material transportado con las características del oleaje. En su trabajo, preparado en 1956 en forma de memorando técnica del Beach Erosion Board (BEB) del Cuerpo de Ingenieros de Ejército Americano (USAE) analizó el transporte litoral en algún punto de la costa de California y estableció la siguiente relación:

$$Q_s = 210E_i^{0.8} \quad (4.22)$$

donde

Q_s = gasto sólido del transporte de litoral en ($yd^3/día$)

E_i = energía del oleaje a largo de la costa (millones de libras-pie por pie de playa y por metro)

la energía a la largo de la costa (energía incidente E_i) puede ser valuada con la expresión:

$$E_i = \frac{wHo^2LNKr^2\text{sen}\alpha\text{cos}\alpha}{8000000} \quad (4.23)$$

donde

- w = peso específico del agua (lb/ft³)
- H_o = altura de la ola en aguas profundas (ft)
- L = longitud de la ola en zona de rompiente (ft)
- K_r = coeficiente de refracción
- α = ángulo de incidencia
- N = número de olas por día

La fórmula de Caldwell traducida al sistema métrico se puede expresar como:

$$Q_s = 0.232(H_o^2LNKr^2\text{sen}\alpha\text{cos}\alpha)^{0.8} \quad (4.24)$$

donde H_o y L se expresan en metros, el resultado en metros cúbicos por día, y el peso volumétrico del agua se considera 1025 kg/m³

IV.5.3.2 Fórmula del CERC

Esta fórmula, desarrollada por la Coastal Engineering Research Center del Ejército Americano, es similar a la anterior pero para su elaboración se tomo en cuenta información de distintos sitios. Esta fórmula comparte con la de Caldwell el defecto de no considerar las características del material. La expresión original de la fórmula del CERC es:

$$Q_s = 125E_a \quad (4.25)$$

donde

$$E_a = \frac{E_o}{2}$$

siendo E_o la energía del oleaje en agua profundas calculada con base en la teoría lineal y expresada en las mismas unidades de la fórmula de Caldwell.

La fórmula, ya traducida al sistema métrico, se puede expresar como:

$$Q_s = 1822 H_o^2 T K r^2 \text{sen} \alpha \cos \alpha \quad (4.26)$$

donde

Q_s = gasto de material transportado ($\text{m}^3/\text{día}$)
 H_o = altura de la ola en aguas profundas (m)
 T = periodo de la ola en aguas profundas
 Kr = coeficiente de refracción
 α = ángulo de incidencia.

IV.5.3.3 Fórmula de Larras

J. Larras desarrollo en Francia en el año de 1964 una fórmula experimental que incluye, a diferencia de las dos anteriores, parámetros relacionados con la forma granulométrica del material y con las características del oleaje, la expresión a la que llegó es la siguiente:

$$Q_s = K g H_o^2 H_r^2 T \text{sen} \left(\frac{7}{4} \alpha \right) \quad (4.27)$$

donde

Q_s = gasto sólido ($\text{m}^3/\text{día}$)
 K = parámetro que depende de las características tanto del material como del oleaje, su valor se calcula con la expresión:

$$K = 1.8e - 6 \left(\frac{L_o}{H_o} \right) D_{50}^{-0.5} \quad (4.28)$$

donde

D_{50} = mediana de la distribución granulométrica del material (mm)
 L_o = longitud de la ola en aguas profundas (m)
 H_o = altura de la ola en aguas profundas (m)
 T = periodo de la ola
 H_r = altura de la ola en zona de rompiente (m)
 α = ángulo de incidencia del oleaje
 g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

Esta fórmula, al tomar en cuenta las características del material y el oleaje para el cálculo del transporte litoral, parece ser mejor que las dos fórmulas mencionadas en los puntos anteriores y proporciona valores semejantes a los que arrojan aquellas si el diámetro del material es suficientemente pequeño.

IV.5.3.4 Fórmula de Pichkyne

La fórmula de éste investigador propuso se puede expresar como:

$$Q_s = 1.856e - 4Hr^2T^2(D)^{\frac{1}{2}} \text{sen}(2\alpha) \quad (4.29)$$

las literales contenidas en ésta fórmula tienen las mismas unidades y el mismo significado que en la fórmula de Larras.

IV.5.3.5 Fórmula de Springall

El doctor R. Springall realizó estudios con trazadores fluorescentes en diversos sitios de la República Mexicana y con los datos que de éstos obtuvo definió la siguiente fórmula:

$$Q_s = 1.1e6D Hr^{\frac{7}{4}} \left(\frac{\text{sen}(2\alpha)}{mT} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.30)$$

donde

- Qs = gasto sólido en m³/s
- D = D₅₀ del material en m
- Hr = altura de la ola significativa en (m)
- T = periodo significativo en segundos
- m = pendiente media de la playa.

En comparación con las fórmulas anteriores ésta difiere notable en cuanto al volumen del material arrastrado, que resulta mucho mayor que en todas las demás, sin embargo se consideró que su aplicación permite contar con un rango más amplio de resultados que servirán para establecer las comparaciones y optar por el resultado que parezca correcto.

IV.6 Condiciones del medio físico del lugar en el Puerto de El Cuyo.

Los principales factores que mueven las arenas de playa y dunas son los elementos meteorológicos: vientos, oleajes, ciclones y mareas. Por eso como punto de partida se realizará un estudio estadístico de oleaje, vientos y mareas a que está sujeta la costa del Estado de Yucatán.

IV.6.1 Análisis estadístico de oleaje

La fuente de información respecto al oleaje estadístico es Oceanographic Atlas of the North Atlantic Ocean, en donde la información se presenta en una rosa de vientos de 8 direcciones, con los porcentajes de frecuencia en rangos de alturas de ola de 1 a 6 pies, 6 a 12 pies y mayores a 12 pies, caracterizándose como bajo, medio y alto, respectivamente.

La marejada en forma anual (oleaje distante) u Oleaje tipo SWELL se presenta del primer cuadrante con frecuencia del 75% y las alturas de ola significativa $H_{1/3}$ que varían entre 2.78 y 2.81 metros. Las alturas y la frecuencia del noroeste apenas llegan con el 2.92% y $H_{1/3}$ del orden de 2.88 metros. En general para estos oleajes el periodo $T_{1/3}$ es de 8 segundos.

Para condiciones de mar (oleaje local) u oleaje tipo SEA los oleajes del primer cuadrante se presentan con el 51.4% con $H_{1/3}$ de 2.73 metros a 2.94 metros. En lo referente a los periodos $T_{1/3}$ varían poco de 8 segundos. El noroeste apenas llega con el 3.70% y alturas $H_{1/3}$ del orden de 2.93 metros.

Las condiciones de oleaje anual se presentan en las tablas anexas:

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE OLEAJE EN LA ZONA DE ESTUDIOS

TÍTULO: ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE OLEAJE EN LA ZONA DE ESTUDIOS

ESTADISTA: M. J. GARCÍA

FECHA DE ENTREGA: 15/05/2008

ESTADISTA: M. J. GARCÍA

FECHA DE ENTREGA: 15/05/2008



ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE OLEAJE EN LA ZONA DE ESTUDIOS

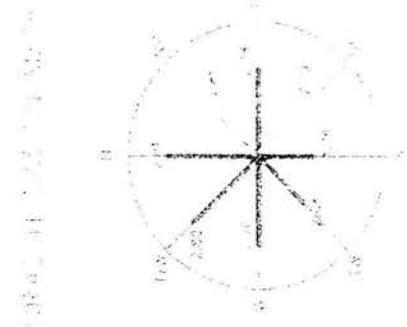
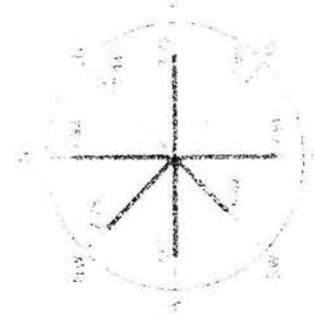
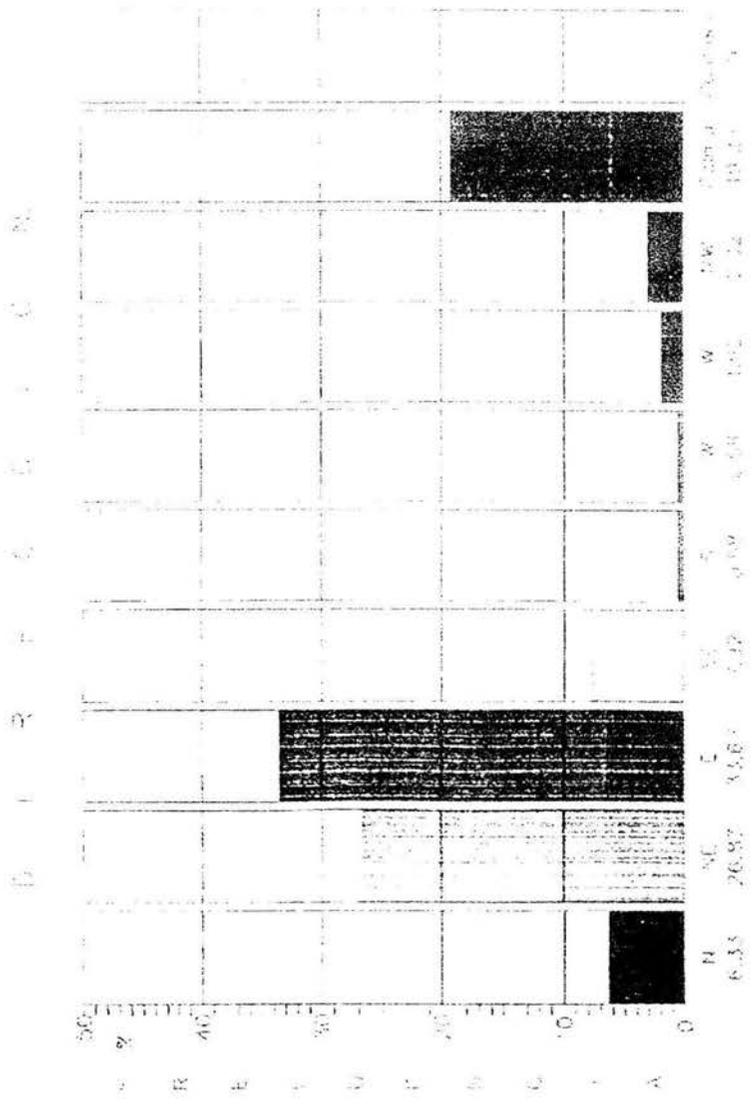


Tabla 4.6 Condiciones de oleaje (marejada) que corresponden a las frecuencias anuales observadas.

ESTUDIO ESTADÍSTICO DIFER

ZONA 4 ARIEL 21° 15' NORTE
 LONGITUD 89° 50' OESTE

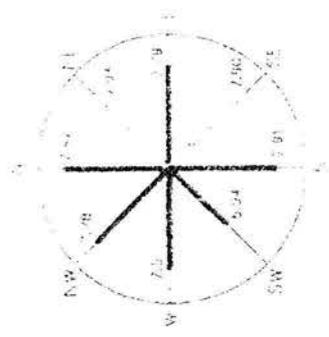
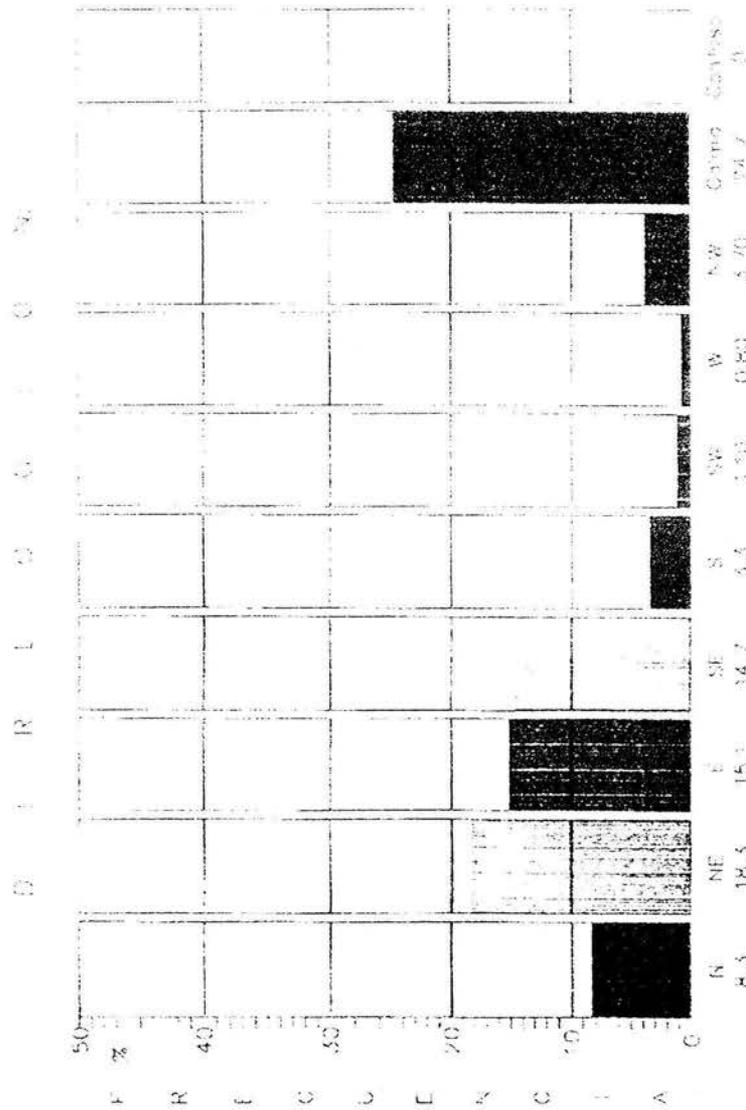
ESTACION ARIEL

LOCALIDAD COSTA DEL ESCAMO DE MICALTAN, MEXICO

FIGURA NÚM. 6.1. A1.9 MAR



CONDICIONES DE OLEAJE



ALFIRAS H 1/3 EN METROS

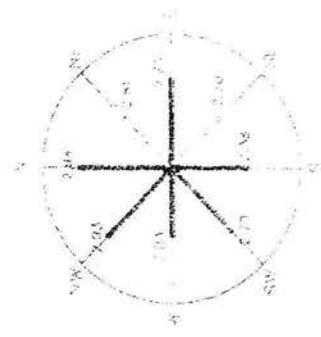


Tabla 4.7 Condiciones de oleaje (mar) que corresponden a las frecuencias anuales observadas.

IV.6.2 Transporte litoral

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en la playa, por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta se transportan a lo largo de ella. El transporte litoral juega un papel importante en muchos aspectos de la costa.

Las arenas en el mar pueden moverse por corrientes (de mareas, vientos u oleajes) o por el oleaje o muy comúnmente por la acción combinada de corrientes y oleajes. La arena es transportada por el proceso básico de arrastre, transportación y depósito. Estos tres procesos tiene lugar en el mismo tiempo e interactúan uno con otro.

El arrastre tiene lugar como la resultante de la fricción de la arena en el fondo de la playa por causa de las corrientes y/o oleajes.

La relación del transporte de sedimentos está definida por la cantidad de sedimentos por unidad que pasan por una sección perpendicular a la dirección del flujo.

El transporte máximo no parece producirse siempre para el mismo ángulo de incidencia, pudiendo admitirse que para valores pequeños de este ángulo el transporte es proporcional.

Para efectos de estimar el transporte litoral, se elaboraron los planos de olas correspondientes a las direcciones de oleaje mas frecuentes en la zona, las cuales corresponden a las direcciones Norte, Noreste, Este, Oeste y Noroeste.

Los planos de olas realizados cubren una extensión de frente marítimo entre la isa de Holbox, Quintana roo y el Puerto de Sisal, ya que el tramo Sisal-Celestún no reportó en el portulano SM-900 elaborado por la Secretaría de Marina.

Existen varios métodos, los mas usuales son: Coastal Engineering Research Center, J Larras entre otros. El método empleado para éste análisis, en el Puerto de El Cuyo Yucatán es el Larras, (4.27) ya que se ha usado con frecuencia en los problemas de las diferentes costas del país, con el cual se obtiene un volumen representativo de 53,360 m³/año.

Del análisis de los planos de olas tenemos que los oleajes provenientes del "Este" con porcentaje anual de incidencia del 15.1%, presentan periodos de 8 segundos, llegando refractados a la costa con coeficientes de refracción K_r varían entre 0.20 y 1.0 en consecuencia, el transporte litoral será de poco valor.

Para los oleajes del "Noreste", cuyo porcentaje de incidencia anual es del 18.3%, los coeficientes de refracción para periodos del orden de 8 segundos varían de menos de 0.70 y aumentan hasta 0.98 para periodos de 12 segundos.

Los oleajes del Este y Noreste tiene una resultante de oriente a poniente

Para los oleajes de "Norte", que inciden anualmente con un porcentaje de 8.3, los coeficientes de refracción pueden variar en tre 0.90 y 1.20. estos oleajes, en forma general y dependiendo de la orientación de litoral, podrán producir transporte indistintamente para ambos lados, siendo su mayor acción de replegar la arena al litoral.

Para los oleajes del "Noroeste" que se presentan con frecuencia del 3.7%, los coeficientes de refracción son menores de 0.7 a 1.04. por su baja frecuencia como su orientación, produce una resultante de bajo valor de poniente a oriente.

El oleaje del "Oeste" incide con una frecuencia de 0.8%, en realidad debido a su refracción y difracción, prácticamente juega un papel secundario en el transporte litoral, sin embargo, sus coeficientes de refracción son de 0.27 a 1.05.

Como puede observarse, la influencia que tiene los oleajes incidentes en la costa corrobora por el transporte litoral, por las frecuencias que se presentan en las diferentes direcciones y por los coeficientes de refracción que, mueven las arenas con resultante anual de oriente a poniente. Esto se observa a lo largo de toda la costa yucateca.

IV.6.3 Análisis estadístico del viento

De acuerdo con la fuente de información consultada en el "Oceanographic North Atlantic Ocean" y por la orientación de la costa yucateca, los vientos mas importantes son los que proviene del Noroeste, Norte, Este y Sureste. Los demás provienen de tierra y son los menos importantes del sistema de vientos para el efecto que tienen sobre la costa como formadores de oleaje y como movimiento de las arenas que constituyen las dunas.

El viento estadístico de la zona, se presenta en una rosa de vientos de 8 direcciones, en donde los porcentajes de frecuencia de cada dirección y en cada rango de velocidad respecto al numero total de observaciones mensuales hechos por embarcaciones en el área, corresponden a velocidades de 4 a 10 nudos, 11 a 16, de 17 a 27 y mayores de 27; correspondiendo los de mayor frecuencia a los provenientes del Norte, Noreste, Este y Sureste, con porcentajes anuales de frecuencia de 11.42, 22.67, 32.17 y 14.58, respectivamente. Los vientos mas fuertes son los de noroeste; se presentan en forma anual con una frecuencia del 4%; se les conoce en la zona como "chiquinic".

La siguiente tabla, muestra en forma resumida la dirección, porcentajes y velocidades de los vientos que se presentan en la zona.

DIRECCIÓN	%ANUAL	VELOCIDAD	OBERVACIONES
Noroeste	4%	17 a 28 nudos	Chiquinic
Norte	10%	17 a 27 nudos	
Noreste	28%	17 a 27 nudos	
Este	39%	17 a 27 nudos	
Sureste	6%	17 a 27 nudos	
Sur	2%	17 a 27 nudos	

Tabla 4.8 Vientos estadístico presentando en la zona de la costa yucateca.

IV.6.4 Mareas

Los datos de marea que se presentan en el litoral yucateco, se generalizan con los tomados en la estación mareográfica de Progreso, Yucatán, publicados en 1999 en las Tablas de Mareas de la Dirección General de Oceanografía Naval; las cuales son:

Pleamar máxima registrada	1.550 m
Nivel de pleamar media	0.548 m
Nivel medio del mar	0.299 m
Nivel de bajamar media	0.000 m
Bajamar mínima registrada	-0.520 m

Tabla 4.9 Planos de marea referidos al nivel de bajamar media.

IV.6.5 Corrientes de marea

Las corrientes de carácter general que se presentan en el litoral yucateco, son corrientes superficiales provenientes del Mar Caribe, localizados entre Cabo Catoche y la Isla de Cuba; corrientes que se dirigen hacia el norte en el estrecho.

Las velocidades aumentan desde 1 nudo (1 milla/hora) cerca de la costa oriente del canal, cuando se acercan al este, a mas de 5 nudos a una distancias de la costa de 20 a 30 millas náuticas al Este de la península de Yucatán.

La fuente principal de estas corrientes son la propagación de la marea en los hemisferios. Existen otras causas de origen de las corrientes, pero a otra escala de menor importancia, tales como vientos, gradiente, etc.

Las velocidades de la marea son máximas durante julio, agosto y septiembre y mínimas durante enero y febrero. El eje de la corriente es mas angosto cuando la corriente es máxima, y se ensancha a medida que la velocidad de la corriente disminuye.

Se presentan también el fenómeno de remolinos con giro anticiclónico a una distancia aproximada de 60 millas náuticas al Norte y al Sur de la punta Oeste de Cuba. También en la parte Oriental del banco de Campeche en ocasiones se presentan remolinos.

Corrientes Subsuperficiales. Las corrientes a una profundidad de 500 metros, de terminados a partir de cálculos dinámicos, muestran un patrón de corrientes similares al de las corrientes superficiales, excepto a lo largo de la costa de Cuba, donde el flujo puede ser hacia el Sur. Las velocidades a esta profundidad no exceden de 1 nudo.

Las corrientes de Gulf Stream en realidad tiene poca importancia en el régimen costero Yucateco, solamente el canal de Yucatán se tiene valores hasta de 2 nudos, pasando el canal mencionado las mareas se propagan con valores de 1.7 nudos en el extremo de la Península disminuyendo considerablemente hasta 0.7 cerca del puerto de Sisal.

De acuerdo con la Dirección de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México las mareas varían entre uno y dos pies de altura. Esto significa para la propagación de la sondas de marea en los lugares internos de la costa.

De acuerdo con los entes expresados las corrientes marítimas en el litoral yucateco no tiene ningún efecto en el transporte litoral.

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta se transporta a lo largo de ella; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente entre la línea de playa y la zona de rompiente, aunque también fuera de esta existe transporte.

El estudio de transporte de sedimentos es importante para diferentes aspectos:

En ingeniería de costas el acarreo litoral, determina el diseño de protecciones costeras.

En el dragado es importante por lo problemas del volumen acarreado en función del tiempo, ocasionando azolves en zonas previamente dragadas.

Por otra parte, es importante asentar que el principal objetivo en el estudio de transporte de sedimentos es predecir si se tendrá una condición de equilibrio o existirá erosión o en depósitos y determinar las cantidades involucradas. La cantidad de transporte de sedimentos, expresada como masa, pero o volumen por unidad de tiempo, puede ser determinada por medio de mediciones de campo o por métodos analíticos.

Las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje; provocan esfuerzos cortantes sobre los sedimentos sólidos y hacen que sena transportados en suspensión o por el fondo a distancias mas o menos grandes y depositados en zonas tranquilas. Por ello antes de emprender la realización de una obra es preciso tomar en cuenta las posibles interacciones entre el fluido en movimiento y los sedimentos de fondo sobre los que ésta se actúa.

IV.7 Valuación del transporte litoral en la costa del Puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán

$$D_{50} \text{ (mm)} = 0.3$$

$$1/D_{50}^{0.5} = 1.8257$$

$$K = 1.8E - 6 * \left(\frac{L}{H} \right) * D_{50}^{-0.5}$$

Formula de Larras (4.27)

$$Q = KgH_o^2 Hr^2 Tsen \frac{7}{4} \alpha$$

DIRECCION	COEFICIENTE K										K	Ho ²	Hr ²	T	TM	7/4	1.75 TM	sem(1.75 TM)	t. trimestre	Q m ³ año		
	1.8x10 ⁴	1/(D ₅₀ ^{0.5})	Lo m	Ho m	d	d/Lo	d/L	L	H	Hr											L/H	m.s ²
NORTE	0.0000018	1.8257	122	2.94	2	0.01639	0.05132	38.9712	2.80182	0.953	13.909	9.81	4.57104E-5	8.644	0.898	7.92	1.2	1.75	21	0.35837	2.02E-6	19.955.53
NORESTE	0.0000018	1.8257	100	2.81	2	0.02	0.05763	34.7041	2.03725	0.725	17.035	9.81	5.59821E-5	7.896	0.526	7.94	1.2	1.75	21	0.35837	2.60E-6	16.874.92
ESTE	0.0000018	1.8257	100	2.73	2	0.02	0.05763	34.7041	0.87906	0.322	39.479	9.81	0.00012974	7.453	0.104	7.79	46	1.75	80.5	0.98629	2.41E-6	18.274.05
NOROESTE	0.0000018	1.8257	100	2.93	2	0.02	0.05763	34.7041	2.27954	0.778	15.224	9.81	5.00318E-5	8.585	0.605	7.78	-10	1.75	-17.5	-0.30071	2.93E-5	-1.745.05
TRANSPORTE LITORAL m³/año																			53,360			

Tabla 4.10 Calculo del Transporte Litoral en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.

CAPITULO V.

**PROCEDIMIENTO
CONSTRUCTIVO**

CAPITULO V PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

V.1 Operación inicial de trabajos para la rehabilitación de la línea de costa en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.

Se llevará a cabo el retiro del material en la playa oriente del puerto de El Cuyo, Yucatán, con el propósito de restituir la capacidad de retención del material generado por el transporte litoral, lo que ayuda a que el material no ingrese al puerto.

En primer lugar se hace un reconocimiento del sitio del lugar en donde se excavara; este resultado da el hecho que los trabajos que se realizarán de excavación en la playa oriente es del orden de 200 metros por 300 metros a excavar.

Por medio de balizas se delimita el área a trabajar, ya que se debe de tener en cuenta la superficie total que se cubrirá en este proyecto.

Así, ya tendiendo balizado el terreno el 7 de agosto del 2002 da inicio la excavación de la playa oriente de el Puerto de El Cuyo a 50 metros adyacente a la escollera este.



Foto 5.1 Letrero de obra colocado en el sitio indicado.
El Cuyo, Yucatán

V.1.1 Excavación en zona adyacente a la escollera oriente y depósito en la escollera poniente.

Una vez que se ha aprobado la planeación, se inicia con la actividad de excavación en la playa oriente a su vez se es trasladado el equipo necesario, como es el siguiente equipo:

- 1 Excavadora Caterpillar 235
- 1 Cargador frontal Caterpillar. 966 D
- 1 Cargador frontal Caterpillar. 950 E
- 1 Camión volteo de 7 m³
- 1 Camión volteo de 8 m³
- 1 Camión volteo de 14 m³
- 1 Camión volteo de 15 m³
- 1 Grúa lima



*Foto 5.2 Inicio de la excavación playa Este.
El Cuyo, Yucatán*

Esta excavación de aproximadamente 25000 metros cúbicos de material arenosos del puerto pesquero de El Cuyo Yucatán, se realizará a una profundidad máxima de 1.00 metros o hasta la profundidad que se encuentre el lecho rocoso referida al N.B.M de la zona adyacente a la escollera oriente

El material obtenido de la excavación, producto del acumulación del acarreo litoral en la escollera oriente del puerto pesquero se deposita en un área contigua a la zona de operaciones para su secado y posteriormente es transportado mediante camiones de volteo a la zona de depósito localizada en la playa poniente del puerto.



*Foto 5.3 Primeras cargas a camión playa Este.
El Cuyo, Yucatán
7 de Agosto 2002*

A efecto de restituir la erosión que presenta dicha playa, se transportara en producto de dicha excavación a la playa poniente para su restitución. Para transportar el material de la excavación a las zonas de deposito se utilizaran camiones de volteo con capacidad de 7 m³, 8 m³, 14m³ y 15 m³ y cargadores frontales para el extendido del mismo



*Foto 5.4 Excavación y carga, transporte de material. Playa Este.
El Cuyo, Yucatán
13 de Agosto 2002*

Durante la operación de excavación, se ejerce un control suficiente para asegurar el logro del trabajo asignado el costo mínimo, bajo ninguna circunstancia se dragará deliberadamente o se permitirá la excavación fuera del proyecto.

La excavación se realiza a las cotas y niveles de proyecto indicados en los planos correspondientes a dicho lugar.

Cualquier volumen excavado fuera de las líneas y niveles de proyecto, no se cuantificará para efectos de pago.

En primer instancia la retroexcavadora se coloca en posición de corte en el punto indicado por el supervisor y contratista.

A medida que se avance en la excavación se efectuará levantamiento por secciones a cada 20 m, durante el curso del trabajo principalmente con el objeto de determinar resultados de la excavación en el lugar, y la posible necesidad de cambios en las órdenes de excavación y límites, así como también para el control del costo del trabajo.

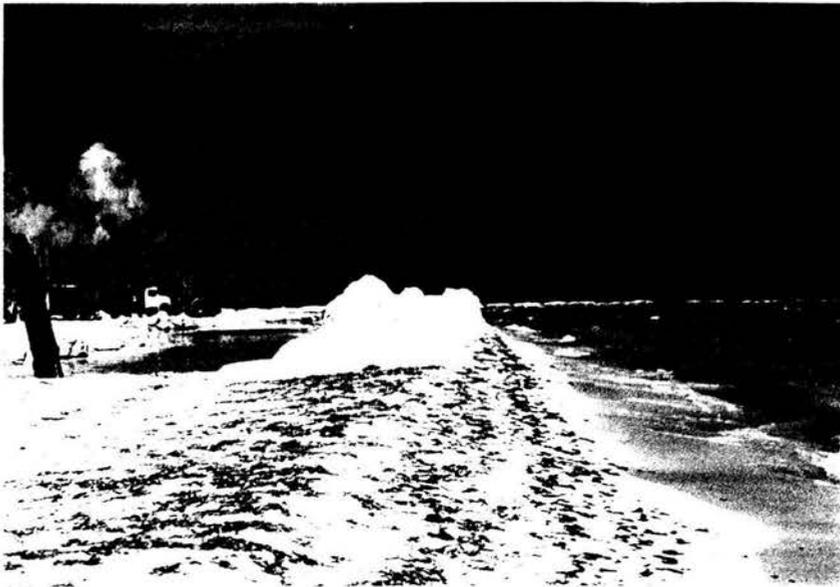
Al terminar se hará un levantamiento final y se elaboraran los planos con la planta y secciones de terminación de los trabajos.

A fin de proteger esta excavación de la acción del oleaje que se presenta y de la sobreelevación del nivel del mar causada por la marea de viento que permitía mayor alcance del oleaje que amenazaba azolvar la excavación, por tal motivo se construyó una protección con la arena producto de dicha excavación.



*Foto 5.5 Excavación y retro apilando (marea alta).
El Cuyo, Yucatán*

Con los trabajos de excavación en playa, se forma un bordo paralelo al cero de mareas como protección a la misma.



*Foto 5.6 Borde de protección en la playa Este.
El Cuyo, Yucatán*

Ya estando en la playa poniente se deposita la arena obtenida de la excavación en el sitio de depósito ubicado en la playa adyacente a la escollera oeste.



*Foto 5.7 Depósito en el área indicada, playa Oeste. Descarga en el cadenamiento 0 + 90
El Cuyo, Yucatán
Agosto de 2002*

Ya estando en la playa poniente se procede a empujar el material con ayuda de un cargador frontal para su nivelación.



*Foto 5.8 Empuje del material de depósito playa Oeste.
El Cuyo, Yucatán
8 de Agosto 2002*

El área de depósito del material tiene dimensiones de 50 m de ancho en una longitud de 1 Kilómetro a lo largo de la playa.



*Foto 5.9 Tiro de material, dragado formándose la playa Oeste.
El Cuyo, Yucatán*

Se continúan los trabajos de excavación y se observa que el contratista forma dos frentes de carga, uno en seco y otro donde se drenará el material excavado.



*Foto 5.10 Carga material de excavación.
El Cuyo, Yucatán
13 de Agosto 2002*

Así se continua los trabajos de excavación y deposito de material arenoso en el Puerto de El Cuyo, Yucatán.



*Foto 5.11 Tendido de material, en la playa oeste
El Cuyo, Yucatán
9 de Septiembre de 2002*

Durante las ultimas semanas del mes de agosto y de este mes de septiembre de 2002, se ha observado una actividad de los vientos y oleaje que se produce por esta causa que empezó a inquietar y tomar en cuenta las observaciones de la evolución inicial de la playa, ya que de acuerdo a nuestro programa de trabajo se realiza una excavación formando una zanja paralela a la playa este de donde se extrae material para alimentar la playa localizada al oeste del rompeolas oeste.



*Foto 5.12 Oleaje en ataque de borde de protección de playa.
El Cuyo, Yucatán
12 de Septiembre de 2002*

Estas condiciones del oleaje y vientos finalmente lograron romper la protección construida e iniciar el azolve de la excavación.



*Foto 5.13 Rotura del borde de la defensa playero roto por racha y oleaje.
El Cuyo, Yucatán
12 de Septiembre de 2002*



*Foto 5.14 Reparación de rotura del borde de playa.
El Cuyo, Yucatán
12 de Septiembre de 2002*

El día 20 de septiembre del 2002 se inicio el mal tiempo con el aumento de la velocidad de los vientos, la sobreelvacación del nivel del mar y la mayor agitación del oleaje, con ese motivo se reforzó nuevamente el bordo de protección, pero el oleaje finalmente rompió la protección y el oleaje impulso la arena hacia la fosa iniciando nuevamente de su azolve, de acuerdo a las observaciones la arena ya rebasaba la corona de la escollera este, y el oleaje cruzaba literalmente esta escollera este propagándose el oleaje dentro del canal hasta la escollera oeste, rebasando esta y rompiendo el empotramiento de esta escollera entre su empotramiento y el primer espigón, que se encontraba aislado invadiendo el oleaje el seno de escollera oeste.

Se suspende toda actividad en todo el estado, no hay servicios de luz, teléfono, agua, transporte. El huracán se interna a tierra entre Dzilam de Bravo y la Ciudad de Mérida, causando daños de severos, los vientos huracanados derribaron postes de energía eléctrica, el agua de lluvia provocó una inundación de gran magnitud en la ciudad, los servicios de agua potable se suspendieron por zonas y las líneas telefónicas subterráneas impidiendo continuar con servicios a mas de 10,000 líneas. No hubo operación del aeropuerto, quedando incomunicado por aire el estado.

Se elabora una Acta Circunstanciada en la ciudad de Mérida en la cual se dictaminan los daños hecho por dicho meteoro

Suspensión involuntaria de actividades, personal de dragado en revisión de daños causados por el huracán Isidore. Con esta queda concluida la obra de excavación para hacer una nueva reprogramación para su valoración.

En el período que se estima la empresa removió un volumen de 45,317 metros cúbicos y se realizará una revisión de pago, conforme a los volúmenes que arroje el comparativo entre los levantamientos topográficos inicial y final.

V.1.2 Calculo de cantidades

Las cantidades de material ya removidas dentro de los límites asignados para la excavación durante los periodos de los sondeos, se calcularon por el método Ley de Simpson reducida, hecha antes del huracán Isidore.

Antes de iniciar el mal tiempo se habían excavado cerca de 45 000 m³. Incluyendo el abudamiento considerado del 10%.

En donde se muestra el siguiente calculo, realizado con Ley Simpson reducida el cual se tiene:

CADENAMIENTO	AREA TOTAL M2	AREA ALMACEN M2	AREA SOBREEXCAVADA M2	AREA EXCAVADA M2	A1+A2 M2	DISTANCIA MEDIA M	VOLUMEN EXCAVADO M3	VOLUMEN ACUMULADO M3
0+010	166.60	10.43	0.00	156.17	156.17	0.00	0.00	0.00
0+030	166.11	10.81	0.00	155.30	311.47	10.00	3114.70	3114.70
0+050	164.86	10.12	0.05	154.69	309.99	10.00	3099.90	6214.60
0+070	162.27	10.59	0.00	151.68	306.37	10.00	3063.70	9278.30
0+090	162.70	10.42	0.00	152.28	303.96	10.00	3039.60	12317.90
0+110	164.58	10.68	0.00	153.90	306.18	10.00	3061.80	15379.70
0+130	164.43	11.22	0.05	153.16	307.06	10.00	3070.60	18450.30
0+150	167.20	11.25	0.00	155.95	309.11	10.00	3091.10	21541.40
0+170	161.25	10.79	1.90	148.56	304.51	10.00	3045.10	24586.50
0+190	164.06	10.59	0.27	153.20	301.76	10.00	3017.60	27604.10
0+210	164.27	10.35	0.31	153.61	306.81	10.00	3068.10	30672.20
0+230	169.21	11.41	0.00	157.80	311.41	10.00	3114.10	33786.30
0+250	167.56	10.54	0.00	157.02	314.82	10.00	3148.20	36934.50
0+270	132.55	10.69	0.00	121.86	278.88	10.00	2788.80	39723.30
0+290	86.24	0.00	0.00	86.24	208.10	10.00	2081.00	41804.30
0+310	75.51	0.00	0.00	75.51	161.75	10.00	1617.50	43421.80
0+330	76.03	0.00	0.00	76.03	151.54	10.00	1515.40	44937.20
0+340	0.00	0.00	0.00	0.00	76.03	5.00	380.15	45317.35

VOLUMEN TOTAL	45317.35
------------------	----------

Tabla 5.1 Cálculo de volumen de excavación en la playa oriente del Puerto de El Cuyo, Estado de Yucatán.

Después de ejecutar los trabajos correspondientes a esta actividad se realizaron los planos de levantamiento de verificación topohidrográfico para el control de excavación en este Puerto, los cuales constaron de playa oriente, y secciones de playa oriente. (Anexo Planos, SACD-EC-EX-01-0, SACD-EC-EX-01-1A y SACD-EC-EX-01-1B).

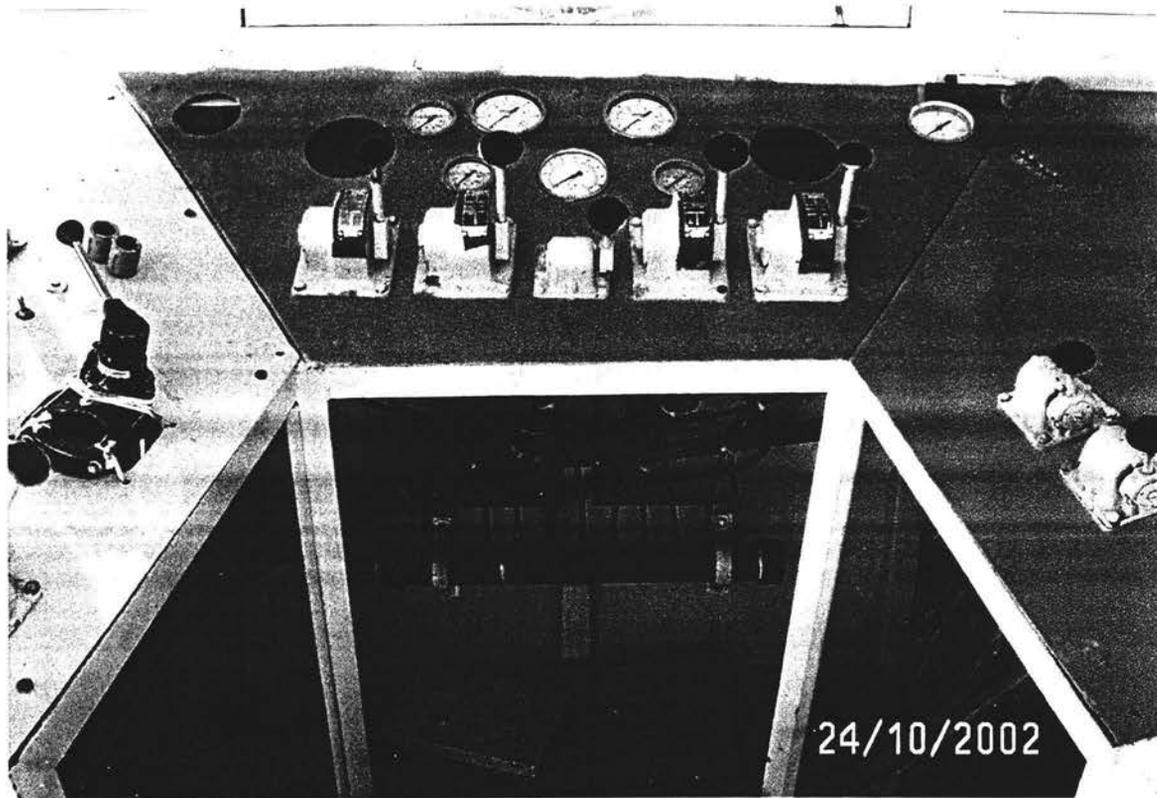
V.2 Operación inicial de dragado

Para el principio de las operaciones de dragado, un remolcador habrá de trasladar la unidad a la zona de operaciones. Debido al peso y cantidad de la tubería, la carga se realiza mediante la ayuda de grúas y tractocamiones para su transportación y movilización.



*Foto 5.15 Patio de maquinaria. Tubería de succión a bordo en tránsito al Cuyo Taller de la empresa constructora, Mérida Yucatán
26 de julio 2002*

La tripulación con que habrá de operar la draga “ Makax “ es de solo seis personas por turno, el turno es de seis horas. La tripulación se divide en dos departamentos: cubierta y máquinas.



*Foto 5.16 Caseta de control de la Draga " Makax "
El Cuyo, Yucatán*

El primer oficial de cada departamento, será responsable de elaborar el rol de cada turno, también deben revisar la bitácora de dragado para reportar incidentes, avances, fallas faltas, etc. al capitán de la draga. La responsabilidad del capitán se reduce a dirigir a sus oficiales y tripulación, presentar volúmenes dragados, solicitar combustible y refacciones, e imponer cierta disciplina mediante oficios y memorándums a su tripulación.

La zona que se va a dragar se inspeccionó minuciosamente. El capitán de la draga dispuso de los planos batimétricos sobre los cuales estuvo señalada, aparte de la profundidad, la dirección de corte, la cual se transfirió al área por dragar, indicando la línea central por media de estacas y delimitando los lados y declives para mayor conveniencia. Se efectuaron sondeos y pruebas en distintas partes de la zona y de acuerdo con esta inspección desarrollará su plan de operación.

V.2.1 Trabajos preliminares

Para el puerto de El Cuyo del Estado de Yucatán, previo al inicio de los trabajos de dragado se realizaron los muestreos de agua y de sedimentos que a continuación se presenta la realización de los mismos

V.2.1.1 Primer Muestreo y análisis de agua y sedimentos (Inicial)

Se realizó muestreos y análisis de agua y sedimentos a profundidad intermedia en 2 (dos) puntos, el primero en la parte media de la longitud del canal de acceso sobre el eje y el segundo punto en el centro geométrico de la dársena de maniobras.

También se realizaron los muestreos de sedimentos que fueron 3, los dos primeros en los mismos puntos estipulados para los muestreos de agua y el tercer punto en el centro geométrico de la zona de depósito del material ubicado en la playa poniente del puerto. Dichas muestras de agua y sedimento para sus análisis de laboratorio correspondientes.

Para estar dentro de los reglamentos y observando los aspectos ambientales se realizaron las tomas de muestras de agua para determinar las características del agua colectada en los muestreos, así como el sedimento. (Anexo Plano "Planta General Puntos de Muestreo de Agua y Sedimentos Marinos").



*Foto 5.17 Obtención de muestras de sedimentos en el eje del canal de navegación
El Cuyo Yucatán
3 Agosto*

Con referencia a los muestreos de agua y de acuerdo con las notas aclaratorias se determinaron los siguientes parámetros: Temperatura, Oxígeno disuelto, Amonio, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Fosfatos, Plomo, Salinidad, Potencial de hidrogeno, Alcalinidad, Hidrocarburos antropogénicos totales, Sólidos disueltos, Sólidos suspendidos totales Poliformes totales, Poliformes fecales, Turbidez,

En el sitio donde se recolectaron las muestras de agua se utilizaron los aparatos correspondientes para determinar algunos de los parámetros indicados con anterioridad y en laboratorio se determinaron los correspondientes.

Con referencia a los muestreos de sedimentos se obtuvieron los resultados de los siguientes parámetros conforme a la Norma Oficial Mexicana. (NOM-052-ECOL1993).

V.2.1.2 Lugar de la descarga

El lugar de descarga se seleccionó, tomando en consideración las dimensiones, ubicación y la clase de material sobre el cual se depositará el relleno, en el cual se restituirá la playa poniente de El Puerto de El Cuyo, Yucatán.

Se deberá tener siempre presente que el rendimiento de una draga aumenta conforme disminuye la longitud de su tubería de descarga.

Antes de depositar el material en la Playa Poniente, se inspeccionó el lugar y se retiró todos los desechos orgánicos de cualquier tamaño, como los troncos, basura, etc. con el fin de evitar que al descomponerse provoquen mayores asentamientos que los normales al compactarse el material.

V.2.1.3 Manejo de la tubería flexible y rígida

Durante la ejecución de los trabajos de dragado en el puerto del Cuyo Yucatán, para el armado y tendido de tubería de descarga se usó tubería rígida Extrupack de 16" y tubería flexible de 18"x16" de diámetro.



*Foto.5.18 Tubería rígida Extrupack 16" en el patio de maniobras
El Cuyo, Yucatán
24 de octubre 2002*

El codo giratorio o cuello de ganso, conecta a la tubería de descarga fija en la draga, con la línea flotante a fin de que ésta tenga la movilidad necesaria sin forzarla.

El codo giratorio consiste en dos codos de 90° unidos mediante una conexión esférica, a fin de que la draga pueda operar en su movimiento giratorio.

La disposición de la tubería flotante dependió de la situación de la draga y de la distancia al lugar de evacuación. Debíó de dejarse un margen razonable en la tubería que permita el avance de la draga. Esta se consiguió ya sea girando el codo y la tubería conectada a tierra hacia afuera, lejos de la popa de la draga, o haciendo un lazo entre la draga y el codo flotante.

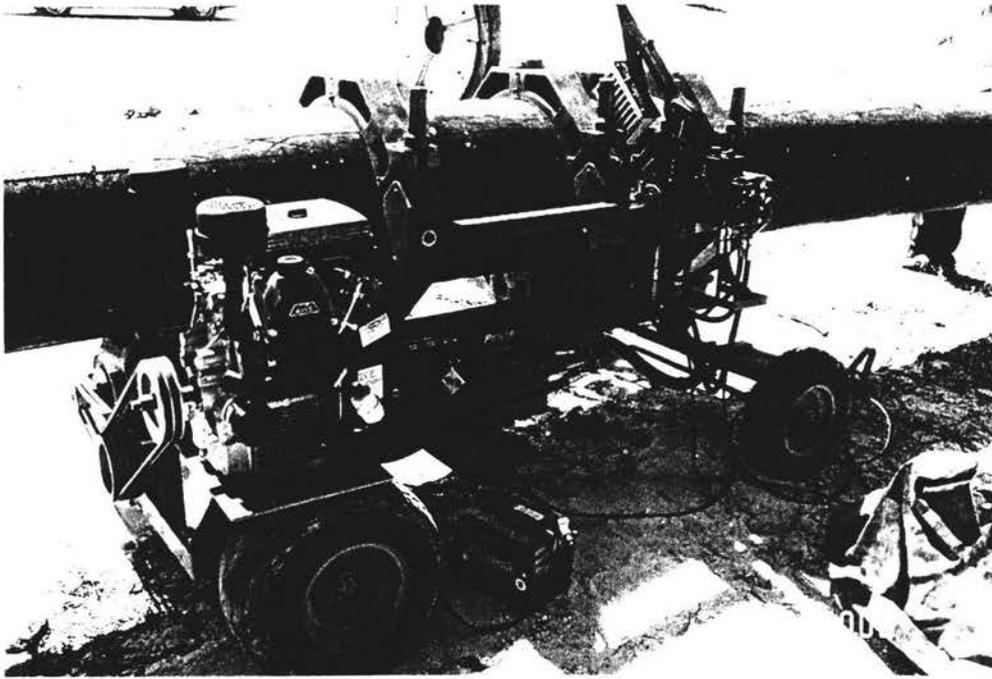


Foto.5.19 Conexión de la tubería flexible a la descarga de la draga estacionaria con cortador " Makax "
El Cuyo, Yucatán
9 de noviembre del 2002

Se eligió cuidadosamente el lugar en que la tubería flotante se conecte con la tierra; siempre mantuvo al mismo nivel la tubería flotante con la terrestre, la que hizo más fácil su conexión.

La conexión de la tubería flotante se ejecuta normalmente con la ayuda de una lancha.

Los tramos de tubo se tienden como se puede observar en la figura y se van enchufando mediante una plancha vulcanizadora. Para el galvanizado utilizaron una plancha de termofusión, que sirvió para unir los tramos de 6 metros de la tubería rígida; Se armaban día con día alrededor de 8 metros diarios de tubería Extrupack de 16", para el 1° de noviembre ya se tenían 150 metros de tendido de tubería.



*Foto 5.20 Equipo para la unión de la tubería. Obsérvese, plancha de termofusión. Motor generador y cortador de tubería.
El Cuyo, Yucatán
27 de Octubre de 2002*

Los tubos se conectan unos con otros, para lo cual llevan un extremo cónico, y el otro acampanado.

La tubería de descarga no sufre un desgaste parejo pues siempre el mayor desgaste ocurre en la parte inferior, en los costados el desgaste es del 20% al 25% de aquél, y de 10% aproximadamente en la parte superior.

La maniobra de los tubos de la línea de tierra se puede hacer a mano o por tractor con grúa ligera. De preferencia se debe emplear éste último procedimiento para abatir el costo de la mano de obra.

Posteriormente, la tubería rígida se colocaba en el agua (canal de navegación) y en el área de descarga (a 100 metros de la escollera poniente) para su conexión de juntas.



*Foto 5.21 Conexión de tubería flexible de 18" a tubería rígida 16".
El Cuyo, Yucatán
9 de Noviembre de 2002*

Los tramos de tubo se unen por medio de conexiones esféricas armadas en el lugar, se alinea la tubería con boyas a estacas y se arría hasta el fondo.

V.2.1.4 Situación en el lugar de operación

Para situar la draga en el lugar de trabajo, se remolca de popa o sea de la parte que van colocados los zancos. Al llegar al lugar en que va situarse, se arría la escala de dragado hasta el fondo y entonces se procede a empujar la popa, para centrarla con el eje del corte. Cuando la draga queda inmóvil se arría un zanco que la mantendrá en posición y una vez que está sin movimiento, se iza la escala y se procede a fondear los anclotes de los traveses que se utilizan en el borneo de la draga para efectuar el corte.



*Foto. 5.22 Dragas situada en el canal de acceso para su operación
El Cuyo, Yucatán
9 de Noviembre de 2002*

V.3 Operaciones de dragado

Como la draga se ha situado en el lugar conveniente, se controla la posición de la escala con relación a los anclotes de los traveses.

La draga se oscila o abanica de babor a estribor, observando que el ángulo entre el cortador y el cable de los traveses se mantenga no muy pequeño para evitar que se enrosque o lo corte accidentalmente durante su operación.

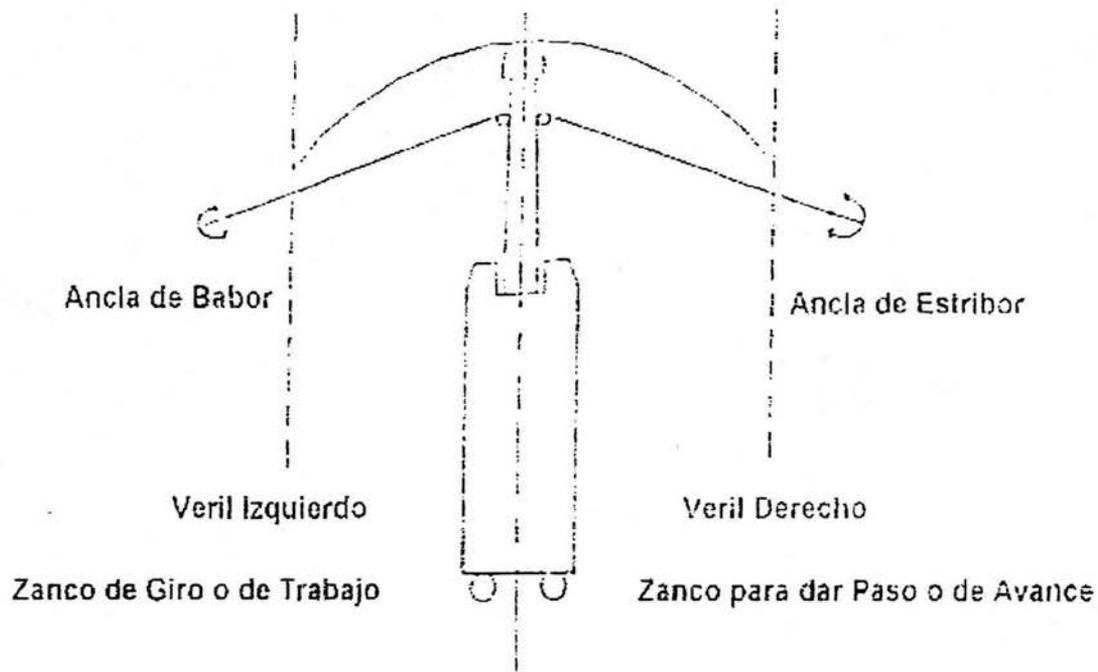
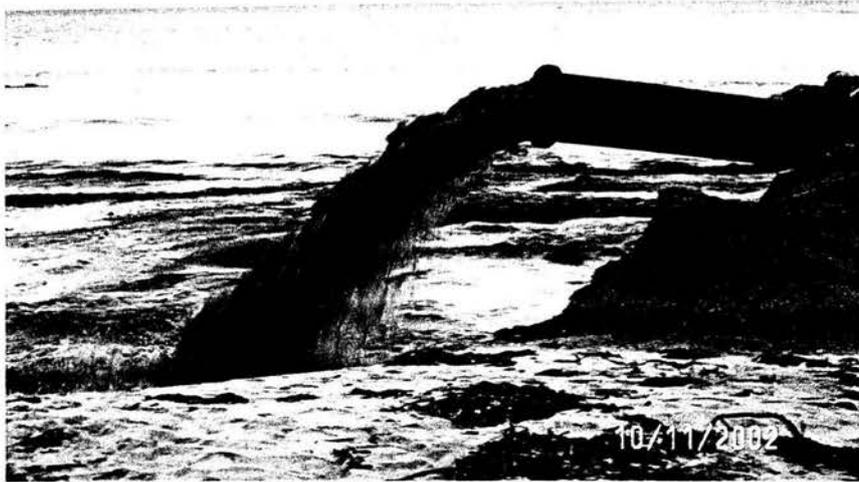


Figura 5.1 Colocación de las anclas de los traveses al comenzar la operación de la draga

Con la draga en posición, la línea de descarga conectada y los traveses convenientemente dispuestos para abanicar o bornear y las máquinas en funcionamiento, el 12 de noviembre del 2002 se da comienzo al dragado.



*Foto 5.23 Descarga de material en la playa oeste del canal de acceso.
10 de Noviembre de 2002*

El dragado comenzó con la dársena, en su costado derecho, con dirección al poniente y luego con dirección hacia el mar abarcando en un solo corte los 30 metros de plantilla señalado en el proyecto y se alcance la profundidad de máxima de 3.00 m referida al N.B.M o hasta la profundidad que se encuentre el lecho rocosos y se verifique el talud 3:1 se avanza al siguiente corte, los cambios de anclas se harán a cada 30 metros.

El tiro de material producto de dragado se hará en la playa poniente, conforme al plano del proyecto.

En el primer corte se arría la escala de dragado, haciendo penetrar el cortador unos cuantos centímetros, pues si se hace descender, mas de la cuenta, la parte inferior de ésta arrastrará por el fondo sometiendo los cables de los traveses a un esfuerzo considerable que podría hacer “garrear” los anclotes, o arrancarlos si están firmes a, muertos.

Para que la escala de dragado no encuentre obstáculo al abanicar, se debió de bajar el talud necesario, para permitir su libre movimiento en el corte.

Se invirtieron varias horas para despejar el trayecto de la escala, pero es absolutamente indispensable hacerse para iniciar correctamente el dragado.

Al comienzo del dragado se gira la draga a babor y se arría la escala hasta que el cortador toque le fondo, lo cual es indicado por el vacuómetro en la caseta de control, al aumentar la lectura del manómetro de la bomba de dragado, sobre la que se la que se tenía cuando se bombeaba agua únicamente. Además los cables de los winches de la escala se aflojarán, lo cual indicará que ésta descansa en el fondo y que debe izarse hasta que nuevamente se sienta la tensión de los cables.

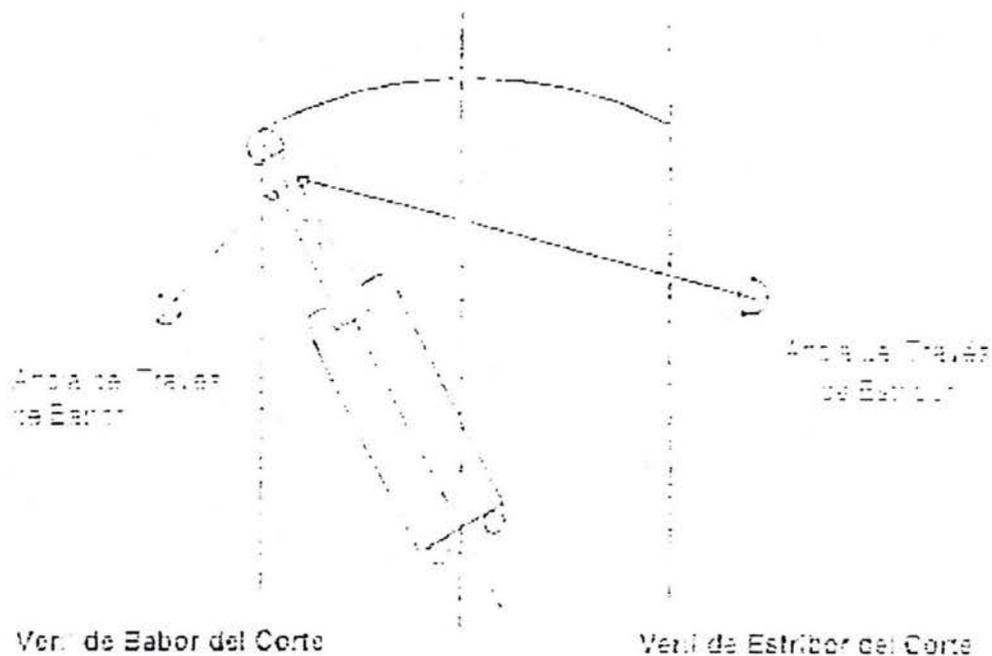


Figura 5.2 Al quedar a popa las anclas de los traveses, deben enmendarse para evitar que la draga se retire del corte o se tuerzan los zancos.

Se tuvo un especial cuidado al enrollar los cables en los tambores, para no montar las vueltas y evitar dificultades, manteniéndose una pequeña tensión a medida que se va desenrollando del tambor, lo cual se consigue aplicando los frenos.

El cortador comúnmente gira a la izquierda, mirándolo desde la proa de la draga, por consiguiente el corte lo hará desde babor a estribor. En la mayoría de los casos, la escala se arrió y el cortador agitó el material al abanicar de estribor a babor.

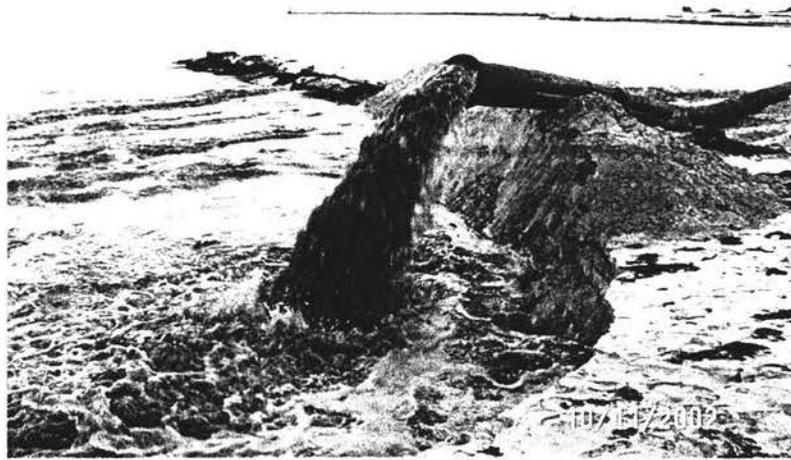
V.3.1 Avance o paso de la draga

Para efectuar el paso se bornea la draga a babor, tomando en esa posición un punto fijo a bordo (eje del zanco de trabajo), y enfilando con la baliza o estaca en el eje del corte.

Cuando la draga quedo inmóvil, se arría el zanco de estribor y se iza el de babor. Al arriar el zanco se debe aplicar el freno en el momento en que el puyón penetre en el fondo, lo cual evitó que el cable del tambor siga enrollándose, con peligro de que se anude o se formen cocas. Una vez que el zanco ha quedado inmóvil se podrá soltar el freno para que penetre más de acuerdo con su propio peso.

Enseguida se bornea la draga a estribor de la línea central del corte, a la misma distancia a que se hallaba de dicho punto cuando se izó el zanco de babor. Se arría el zanco de esa banda y se iza el de estribor, con lo que el paso o avance de la draga se habrá efectuado.

La mayor profundidad se obtiene abanicando sucesivamente antes de dar el paso.



*Foto 5.24 Descarga de material (obsérvese la socavación ocasionado por el lodo).
10 de Noviembre de 2002*

Cuando el avance continuo de la draga, la tubería flotante tuvo que aumentarse agregando nuevos tramos, este se debe de tener lista y colocada a lo largo de la línea para disponer de ella y conectarla sin pérdida de tiempo mediante el remolcador y chalán de maniobra si es necesario.

La draga “ Makax “ trabajaba en el canal de acceso a un ritmo semilento, su promedio diario de rendimiento fue de 2 horas, encontrándose con problemas en la succión, debido a la obstrucción consecuente de ramas, redes, sargazo etc. encontrados en esa región del canal de navegación.



*Foto 5.25 . Draga con problemas con la succión, encontrándose material orgánico, como sargazo redes, etc.
El Cuyo, Yucatán
9 de Noviembre de 2002*



Foto 5.26 Disminución de velocidad de descarga debido al taponamiento de succión en la draga ocasionado por el sargazo.

10 de Noviembre de 2002

La draga trabajó en el canal de acceso corriéndose al cadenamiento 0+048 y logró dragar, a partir de esa sección, con un ritmo un poco más constante, entre 30 y 45 minutos antes de obstruirse el cortador con la basura ya mencionada, para ese entonces, los poros de limpieza del cortador son todavía constantes y problemáticos, durando la limpieza y destape de la línea entre 25 y 30 minutos. Se le sugirió a la contratista que moviera la draga a otro cadenamiento mas adelante con la finalidad de encontrar tramos en los que no hubiera tanta basura ni sargazo, ya que el rendimiento obtenido no es el adecuado.

Al término de cada día y posterior al dragado, se procedía a sondear con un estadal fabricado en sito, de 5 metros largo por 15 centímetros ancho y 3 centímetros de espesor, en cada tres puntos del canal, es decir, en la margen izquierda de la canal, en el eje del canal y en la margen derecha del mismo. La draga era la que apoyaba este sondeo, la cual abanicaba según se le iba pidiendo al capitán de la misma, a babor, en el centro del canal o a estribor.



*Foto 5.27 Sondeo en el canal de acceso
El Cuyo, Yucatán
17 de Diciembre de 2002*

A la draga Makax se le suministraba aproximadamente 6000 litros de diesel para la ejecución de los trabajos de dragado al canal de navegación.

V.3.2 Movimiento de los anclotes

A medida que la draga avanza en el corte, los anclotes de los traveses se van quedando muy atrás en relación con el cortador, cuando esto ocurra deberán enmendarse, siguiendo el movimiento y dirección del avance, esto se hizo a cada 30 metros el cambio de anclotes.

V.3.3 Retroceso del frente de corte

Para retirar la draga del frente del corte, la operación es contraria a la del avance, es decir se bornea la draga desde estribor a la línea del centro, se arría el zanco de estribor se iza el de babor y se abanica la draga a esa misma banda; se baja el zanco de babor y se iza el de estribor.

En el cadenamiento 0+048 donde se encontró problemas con la succión se procedió a retroceder la draga para dar el corte y nivel de proyecto adecuado.



*Foto 5.28 Vista desde la caseta de operación, Dragas Makax operando en el canal de acceso.
El Cuyo, Yucatán
25 de Noviembre de 2002*

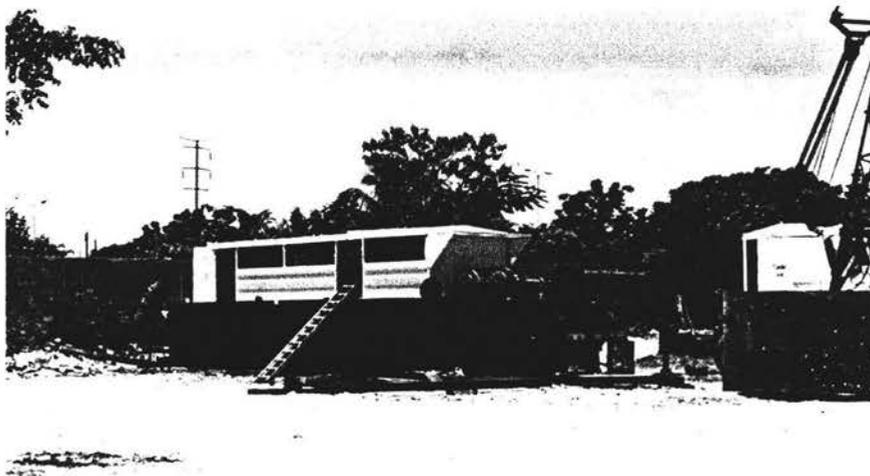
Al termino de las operaciones de dragado en el canal de acceso y dársena de maniobras se tuvo un avance lineal de aproximadamente de 620 metros lineales, terminando la obra el día 20 de enero del 2003.

V.4 Partes principales de la Draga Estacionaria con Cortador “ Makax ”

De las dragas hidráulicas, este tipo esta considerado como el de mayor eficiencia, porque la extracción del material lo efectúa de manera continua, sin tener que retirarse del lugar de trabajo para descargar, ya que el material lo envía a través de una tubería hasta el lugar de deposito.

V.4.1 El Casco

Se construyó de lamina de acero, el tamaño de la draga se le asignó por el diámetro de la tubería de descarga de material.



*Foto 5.29 Cuerpo de draga, maquinas reparación general de draga
Taller de la empresa constructora, Mérida Yucatán*

El casco se construyó de varias secciones para poder facilitar su transporte hasta el lugar de su operación. Esta construcción seccionada aumenta en un 4% el

costo inicial, se utilizó varios flotadores cilíndricos, para montar la maquinaria, caseta de control, escala de dragado y cabría.

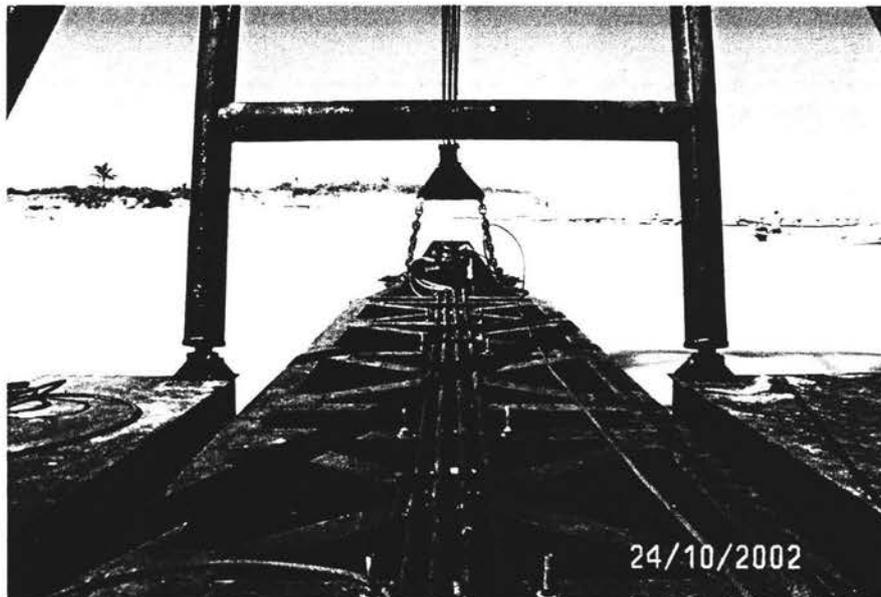
V.4.2 La Escala

Es un elemento estructural, construido a base de angulares de hierro para poder lograr alta resistencia y poco peso, la resistencia de la estructura de la escala es requerida afín de poder sostener, sin tener ningún problema de estabilidad, diversos elementos importantes de la draga, tales como:

- 1) Tubo de succión.
- 2) Eje del cortador.
- 3) La corona giratoria del cortador
- 4) Motor del cortador.

La escala permite ajustar el dragado a la profundidad que se desee, dentro de los límites que su longitud tolere.

El ángulo de inclinación de la escala de dragado durante su operación no debe sobrepasar de 45° , pues una arfada (levantamiento de la proa a causa del oleaje), puede atorarla en el fondo y sufrir averías de consideración, lo que es difícil que ocurra si el ángulo de Inclinación es menor a los 45° .



*Foto 5.30 Escala de la Draga Makax,
El Cuyo, Yucatán.*

Teniendo como referencia el ángulo bajo el cual es recomendable el dragado, y la longitud máxima de una escala, podemos entonces, calcular la profundidad máxima que puede tolerar dragar la escala de la draga Makax , el cálculo es el siguiente:

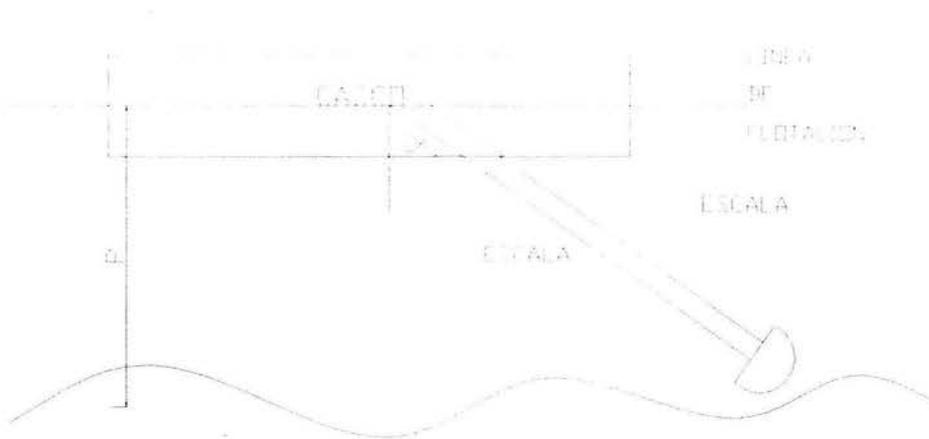


Figura 5.3 Bosquejo de la draga Makax, para calcular la profundidad de dragado

De la figura:

$$P = L \cos \alpha \quad (5.1)$$

En donde:

P = Profundidad de dragado

L = Longitud de la escala

α = Angulo que forma con la perpendicular en el punto de giro

Si L= 9.8 metros y $\alpha = 45^\circ$

entonces:

$$P_{\max} = 9.8 \cos 45^\circ$$

$$P_{\max} = 9.8(0.7071)$$

$$P_{\max} = 7 \text{ metros}$$

La maniobra de la escala de dragado se efectúa mediante una pluma a cabría, que sostiene el aparejo cuyos guarnes de cable de alambre, laboran en poleas convenientemente dispuestas para izarla o arriarla hasta la profundidad de dragado requerida.

El casco de la draga tiene compartimiento dentro de su estructura, con el fin de que se pueda almacenar combustible diesel, necesario para el motor principal de la draga, además, también cuenta en cada ala del pozo de la escala, con un compartimiento para el almacenaje de herramientas y equipo.

Se le da el nombre de pozo de la escala a la parte frontal hueca del casco de la draga donde está montada la escala.

V.4.3 Bomba centrífuga de dragado

La bomba centrífuga de dragado de diseño especial es la pieza más importante de la draga hidráulica y su construcción y funcionamiento son determinantes en la economía y efectividad de ésta.

La construcción de las bombas de dragado, es el resultado de continuos estudios y experimentos, pues no sólo se rigen por las leyes de la hidráulica, sino que prácticamente se determinan las dimensiones más convenientes para permitir el paso de los sólidos, evitar el desgaste excesivo y proporcionarle resistencia suficiente en todas sus partes.

V.4.4 Componentes de una bomba de succión.

Las partes principales de que se compone la bomba de dragado son:

- a) El impelente o impulsor
- b) La envolvente o carcasa
- c) Tapas de la bomba
- d) Eje o impulsor.



*Foto 5.31 Bomba de Succión, Draga Makax,
El Cuyo, Yucatán.*

V.4.5 Impelente

Este se construye de una aleación de acero al manganeso que resiste en cierto grado la erosión.

Los impelentes, tienen el cubo roscado y en él se atornilla el eje a fin de evitar que la tuerca y cubierta de ésta, se proyecten dentro de la entrada de la corriente de la mezcla, creando turbulencias y remolinos que causarían restricción a resistencia en la sección de la bomba como sucede en las antiguas.

Las aspas del impelente son las que efectúan la función fundamental y sirven de guía a la mezcla dragada al pasar a través de la bomba.

Las aspas del impelente se extienden siempre hasta la periferia, pero no hacia el centro, pues estorban el paso de las piedras, basuras y otros sólidos.

En una bomba correctamente diseñada la cantidad de derrame es del 1% al 2% del total de lo que ha sido bombeado. Debido a este derrame, el sello es una de las áreas de más rápido desgaste. El derrame permitido usualmente puede ser del 5% al 10%.

El mínimo espacio que prácticamente debe existir entre el impelente y la envolvente es de 1/8" aproximadamente, por lo cual el derrame puede ser reducido solamente mejorando el diseño del cierre de la succión, no incrementando la resistencia a la trayectoria que ofrece la corriente de derrame, sino aumentando el recorrido en las secciones cortas o empleando cambios bruscos de dirección.

V.4.7 Tapas de la bomba

Son dos de fundición o de placas de acero especial, una corresponde a la succión y lleva al centro la brida o flange de acoplamiento de la tubería, y la otra al lado del eje lleva el prensa-estopas y sello de agua para evitar el desgaste del eje por abrasión de la arena. Las tapas generalmente están divididas en sentido diametral, formando una pieza superior y una inferior para facilitar el desmontaje.

V.4.8 Eje

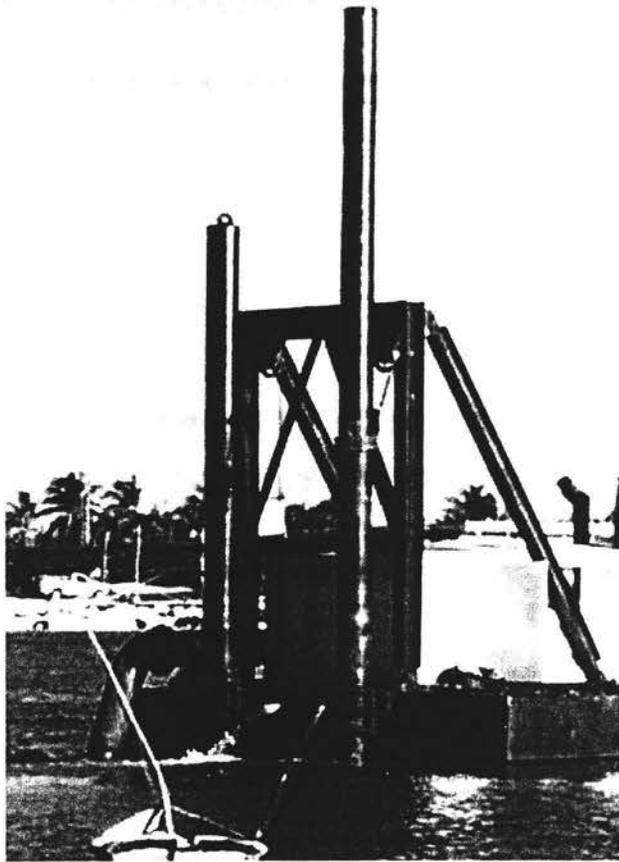
El eje es de acero y por un extremo va rascado para acoplarlo al impelente, por el otro lado está la brida de acoplamiento al motor o máquina de impulsión. Lleva una chumacera de empuje para contrarrestar el empuje axial.

V.4.9 Zancos

Comúnmente se emplean dos zancos para mantener la draga en posición, uno de ellos sirve como centro de giro para abanicar la draga, y se le denomina "zanco de trabajo" el otro utilizada para dar el paso, recibe el nombre de "zanco de avance".

Los zancos se construyen de tubo de acero reforzado, y tienen la longitud suficiente para que el puyón de que van provistos en su extremo inferior, penetre en el fondo. En algunas dragas antiguas, también se usaron zancos de madera con puyón de hierro o acero.

La colocación de los zancos es a popa, y se deslizan verticalmente en grúas o en pozos dispuestos para ese objeto. La posición del zanco de trabajo es siempre del lado en que va situada la descarga o conexión a la tubería flotante, con el fin de que al abanicar tenga poca amplitud de movimiento.



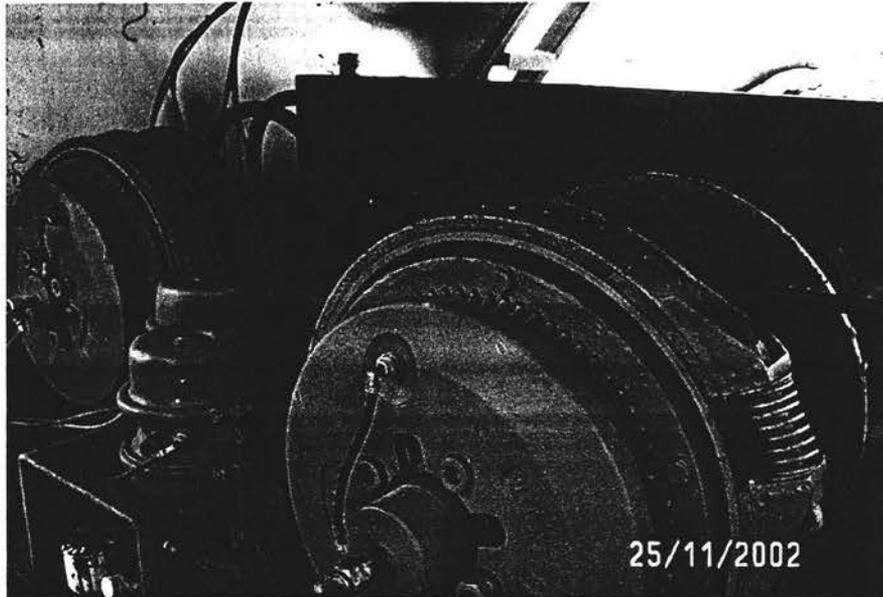
*Foto 5.32 Vista de los Zancos de la Draga Makax,
El Cuyo, Yucatán.*

Una draga operada por zancos ofrece las siguientes ventajas:

- a) Un corte parejo, pues el movimiento de abanicar es concéntrico.
- b) Mayor rapidez al avanzar en el corte.
- c) Como consecuencia de los puntos anteriores, el tiempo efectivo de bombeo se incrementa.

La torre de los zancos, se construyen generalmente de estructura tubular. En la torre se dispone la maniobra para arriar e izar los zancos, lo cual se efectúa por medio de un winche o uno de los tambores de la central de winches que se opera desde el control.

V.4.10 Winches



*Foto 5.33 Winches de la Draga Makax,
El Cuyo, Yucatán.*

Se les da comúnmente el nombre winche, al tambor o carrete donde va enrollado el alambre de acero que está maniobrando la operación de la draga. El movimiento giratorio del winches es proporcionado por un motor accionado hidráulicamente. En este tipo de draga, los winches ejercen un esfuerzo durante la maniobra de dragado de alrededor de 900okgs. de tensión del cable.

Se pueden describir básicamente dos trabajos principales que ejecutan los winches. Primeramente ejecutan el desplazamiento horizontal de la draga, para lo cual se utilizan dos winches, que funcionan coordinadamente a fin de que a una velocidad variada una de ellos desenrolle uno de los pares de alambre que se encuentran anclados a cada costado del canal a dragar, a la vez que el otro enrolla el otro alambre por el otro costado.

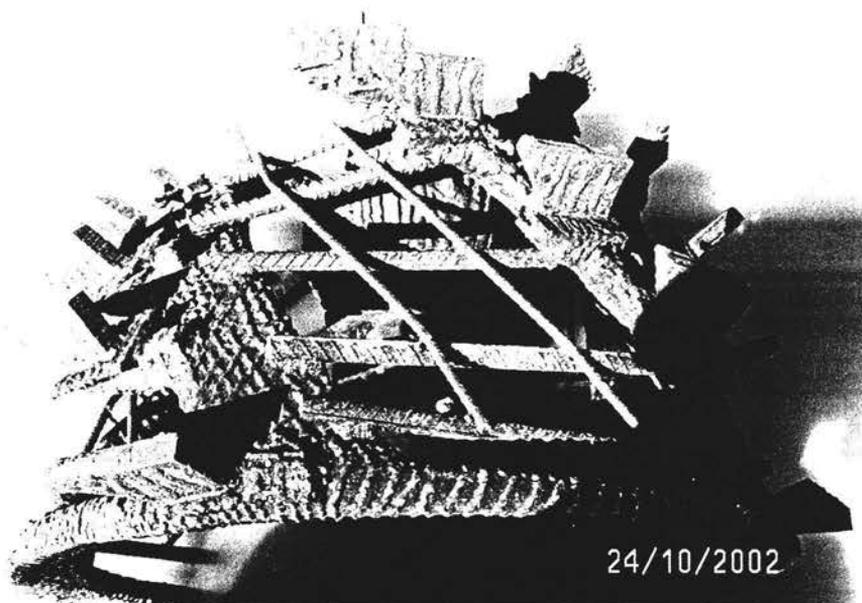
El tercer winche siempre por medio de un tambor que va enrollando, sube y baja la escala de dragado, ayudado por una serie de poleas a fin de utilizar una menor potencia.

Es importante considerar que para poder aprovechar la potencia de los winches, estos deben ubicarse al centro de la draga.

Se debe tener en consideración que tanto los winches, como los zancos, efectúan en conjunto, la maniobra del dragado a realizar, y dependiendo de la destreza del operador se podrá tener una mayor o menor calidad del dragado.

V.4.11 Cortador

La draga de succión con cortador se introdujo a fines del siglo XIX, para ampliar las facultades de los equipos tradicionales.



*Foto 5.34 Cortador de la Draga Makax,
El Cuyo, Yucatán.*

La draga de succión no podía extraer suelos relativamente duros, ni tampoco formar perfiles submarinos predeterminados. La draga con cortador puede realizar acertadamente las dos actividades. La boca de tubo de succión está dotada de un cortador rotativo, para desprender el suelo submarino que lleva hacia la boca del tubo. El cortador y el tubo de succión se colocan en una escala pivotante en el pontón o casco de la draga. La escala pende de una cabría con un aparejo y un molinete de manera que la escala puede descender y subir. La draga trabaja en una posición estacionaria. El movimiento lateral se realiza mediante cables de anclaje, a uno y otro lado de la unidad.

V.5 Elaboración de formatos

En la realización de una obra de dragado, al igual que en cualquier otra obra, es indispensable llevar un control detallado de los avances desarrollado en el trayecto del programa de trabajo.

Para tal efecto, se elabora formatos detallando en el mismo las operaciones de dragado, el avance del programa de obra y demás información necesaria de la obra.

V.6 Bitácora de obra

La residencia de supervisión será responsable directa de la supervisión, vigilancia control y revisión de los trabajos para tal efecto tendrá a su cargo cuando menos:

- I. Llevar la bitácora de la obra
- II. Verificar que los trabajos que se realicen conforme a lo pactado con el contrato correspondiente
- III. Revisar las estimaciones, de trabajos ejecutados y conjuntamente con la contratista aprobarlos y firmarlos para su trámite de paso.
- IV. Mantener los planos debidamente actualizados
- V. Constatar la terminación de los trabajos
- VI. Rendir un informe general sobre la forma y términos en que se fueron ejecutando los trabajos.

Por lo expuesto con anterioridad se puede afirmar que la bitácora de obra es un documento reglamentado para la ley de obras publicas y por tal motivo se hace mención en su elaboración.

Este documento o libreta (s) la cual esta debidamente numerada o foliada (todas las hojas internas) es donde se registran todas aquellas datos y sucesos importantes o sobresalientes en los transcurros de los trabajos a realizar, avalados por la representantes designados por la dependencia y la contratista respectivamente. Entre los datos tenemos:

1. Nombre de la obra
2. Numero de contrato
3. Fecha de la apertura e la bitácora y fechas subsecuentes hasta términos de la obra
4. Actividades diarias
 - a) Volumen dragado
 - b) Tiempo de dragado, maniobras, mantenimiento
 - c) Observaciones
5. Avance del programa de obra
6. Registro de firmas de los representantes

Todas las actividades diarias de la draga fueron reportadas en la bitácora con un día de posterioridad con fin de lo anotado en ella sea aprobada por ambas partes, siendo desglosados en los reportes de estado diarios de producción.

V.7 Levantamiento de Verificación final.

Después de la terminación de los trabajos de dragado se realizó un levantamiento final para obtener los volúmenes obtenidos durante la ejecución de los mismos.

El cual consiste en:

Previamente al inicio de los trabajos en campo, en gabinete se diseñan las líneas de recorrido en el software Hypack Max.

Se procede a la instalación de los equipos de posicionamiento a bordo de la embarcación efectuándose pruebas de intercomunicación entre los equipos de posicionamiento móvil y diferencial correspondientes a la recepción de datos, se verifica también la comunicación entre los equipos de captura de datos y sus periféricos, efectuando las pruebas de interfase general previo al arranque del levantamiento, todos los dispositivos operan normalmente al finalizar esta etapa de trabajo de la embarcación se enfila rumbo al muelle para embarcar a los representantes de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Puertos y de la empresa Dragadora, previo al inicio de las coordenadas de un vértice colocado las instalaciones portuarias, como prueba para checar el funcionamiento del equipo.

Posteriormente inicia la calibración de la ecosonda, utilizando la velocidad del sonido en el agua que es de 1520 m/s verificando las profundidades mediante la plancha de chequeo tradicional a (1.0, 2.0 y 3.0 metros), obteniéndose el mismo resultado de registro tanto en el digitalizador como en la impresión gráfica.



*Foto 5.35 Plancha de chequeo tradicional utilizado para verificar profundidades
El Cuyo, Yucatán.*

La interfase de los equipos fue verificada con el programa de procesamiento y captura dándose por satisfactorio el resultado, procediendo a la ubicación de la embarcación en la zona de trabajos.

Se inicia la batimetría en el canal de navegación, realizando recorridos a cada 20 metros de separación. Al finalizar el levantamiento se verifica de nuevo la calibración de la ecosonda bajo el mismo procedimiento anteriormente señalado, dando un resultado positivo.



*Foto 5.36 Brigada de Batimetría realizando el levantamiento en el canal de navegación, recorridos perpendicular al eje del canal.
El Cuyo, Yucatán.*

V.7.1 Volúmenes Finales

Ya estando en gabinete se realizó el volumen final correspondiente al levantamiento final, el cual se observa en las tablas 5.2 y 5.3 respectivamente. Lo que corresponde, el primero al volumen ejecutado en el área dragada en el Puerto de El Cuyo, y la segunda son áreas sobredragadas para garantizar la profundidad a la cota -3.00 m, cuyo nivel variaba de 35 a 50 cm de sobredragado.

Ver Planos:

LF-EC-01-0	Planta General
LF-EC-01-2	Planta Playa Oriente
LF-EC-01-3	Planta Playa Poniente
LF-EC-01-4	Secciones Canal
LF-EC-01-5	Secciones Dársena
LF-EC-01-6A	Secciones Playa Oriente
LF-EC-01-6B	Secciones Playa Oriente
LF-EC-01-7A	Secciones Playa Poniente
LF-EC-01-7B	Secciones Playa Poniente

CADENAMIENTO	AREA DRAGADA M2	A1+A2	DISTANCIA MEDIA M	VOLUMEN DRAGADO M3	VOLUMEN ACUMULADO M3
--------------	-----------------------	-------	----------------------	--------------------------	----------------------------

CANAL DE NAVEGACIÓN					
0+000	1.10	1.10	0.00	0.00	0.00
0+020	11.37	12.47	10.00	124.70	124.70
0+040	25.72	37.09	10.00	370.90	495.60
0+060	43.42	69.14	10.00	691.40	1187.00
0+080	41.63	85.05	10.00	850.50	2037.50
0+100	54.39	96.02	10.00	960.20	2997.70
0+120	62.23	116.62	10.00	1166.20	4163.90
0+140	62.90	125.13	10.00	1251.30	5415.20
0+160	74.90	137.80	10.00	1378.00	6793.20
0+180	86.06	160.96	10.00	1609.60	8402.80
0+200	89.29	175.35	10.00	1753.50	10156.30
0+220	84.52	173.81	10.00	1738.10	11894.40
0+240	80.60	165.12	10.00	1651.20	13545.60
0+256.6B	69.90	150.50	8.30	1249.15	14794.75
0+256.6A	69.90	139.80	0.00	0.00	14794.75
0+280	68.77	138.67	11.70	1622.44	16417.19
0+300	63.42	132.19	10.00	1321.90	17739.09
0+320	62.25	125.67	10.00	1256.70	18995.79
0+350.6A	59.97	122.22	15.30	1869.97	20865.76
0+350.6B	59.97	119.94	0.00	0.00	20865.76

0+360	55.78	115.75	4.70	544.03	21409.78
0+380	52.70	108.48	10.00	1084.80	22494.58
0+400	42.76	95.46	10.00	954.60	23449.18
0+420	45.35	88.11	10.00	881.10	24330.28
0+440	38.33	83.68	10.00	836.80	25167.08
0+460	36.20	74.53	10.00	745.30	25912.38
0+480	42.71	78.91	10.00	789.10	26701.48
0+500	48.70	91.41	10.00	914.10	27615.58
0+520	34.45	83.15	10.00	831.50	28447.08
0+540	13.21	47.66	10.00	476.60	28923.68
0+560	19.63	32.84	10.00	328.40	29252.08
0+580	14.95	34.58	10.00	345.80	29597.88
0+600	1.24	16.19	10.00	161.90	29759.78
0+620	0.00	1.24	10.00	12.40	29772.18

DÁRSENA					
0+000A	2.56	2.56	10.00	25.61	25.61
0+020A	0.35	2.91	10.00	29.08	54.69
0+040A	0.20	0.55	10.00	5.49	60.18
0+060A	0.00	0.20	10.00	2.02	62.20
0+080A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+100A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+120A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+140A	0.00	0.00	10.00	0.00	62.20
0+160A	3.80	3.80	10.00	38.00	100.20
0+180A	15.77	19.57	10.00	195.66	295.86

VOLUMEN TOTAL	30068.04
------------------	----------

Tabla 5.2 Tabla de las áreas dragadas en el Puerto de El Cuyo

CADENAMIENTO	AREASOBRE DRAGADA M2	A1+A2	DISTANCIA MEDIA M	VOLUMEN DRAGADO M3	VOLUMEN ACUMULADO M3
--------------	-------------------------	-------	----------------------	--------------------------	----------------------------

CANAL DE NAVEGACIÓN					
0+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020	11.50	11.50	10.00	115.00	115.00
0+040	9.71	21.21	10.00	212.10	327.10
0+060	7.33	17.04	10.00	170.40	497.50
0+080	28.36	35.69	10.00	356.90	854.40
0+100	9.77	38.13	10.00	381.30	1235.70
0+120	20.86	30.63	10.00	306.30	1542.00
0+140	17.67	38.53	10.00	385.30	1927.30
0+160	10.96	28.63	10.00	286.30	2213.60
0+180	16.65	27.61	10.00	276.10	2489.70
0+200	14.73	31.38	10.00	313.80	2803.50
0+220	17.95	32.68	10.00	326.80	3130.30
0+240	12.22	30.17	10.00	301.70	3432.00
0+256.6B	10.54	22.76	8.30	188.91	3620.91
0+256.6A	17.10	27.64	0.00	0.00	3620.91
0+280	16.42	33.52	11.70	392.18	4013.09
0+300	12.60	29.02	10.00	290.20	4303.29
0+320	13.56	26.16	10.00	261.60	4564.89
0+340	11.78	25.34	10.00	253.40	4818.29
0+350.6A	15.74	27.52	5.30	145.86	4964.15
0+350.6B	15.36	31.10	0.00	0.00	4964.15
0+360	5.99	21.35	4.70	100.35	5064.49
0+380	14.71	20.70	10.00	207.00	5271.49
0+400	20.58	35.29	10.00	352.90	5624.39
0+420	12.99	33.57	10.00	335.70	5960.09
0+440	9.75	22.74	10.00	227.40	6187.49
0+460	9.82	19.57	10.00	195.70	6383.19
0+480	10.88	20.70	10.00	207.00	6590.19
0+500	9.66	20.54	10.00	205.40	6795.59
0+520	15.42	25.08	10.00	250.80	7046.39
0+540	6.89	22.31	10.00	223.10	7269.49
0+560	10.63	17.52	10.00	175.20	7444.69
0+580	9.90	20.53	10.00	205.30	7649.99
0+600	0.00	9.90	10.00	99.00	7748.99
0+620	0.00	0.00	10.00	0.00	7748.99

DÁRSENA					
0+000A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+020A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+040A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+060A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+080A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+100A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+120A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+140A	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00
0+160A	9.68	9.68	10.00	96.80	96.80
0+180A	13.66	23.34	10.00	233.40	330.20

VOLUMEN TOTAL	8079.19
------------------	---------

Tabla 5.3 Tabla de las áreas sobredragadas en el Puerto de El Cuyo

VOLUMEN TOTAL DRAGADO EN EL PUERTO DE EL CUYO YUCATAN	38147.23
--	-----------------

V.7.2 Segundo Muestro y análisis de agua y sedimentos (Final)

Al término de la realización de los trabajos de dragado se hace un segundo muestreo y análisis de agua y sedimentos.

Estas muestras fueron tomadas en sitio, igual que en el primer muestreo, para dar una comparativa de resultados, debidamente localizadas las muestras son enviadas a laboratorio para el análisis correspondiente de: Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Intramabilidad, Biológicas infecciosas, Metales pesados (como exabante, cadmio, plomo y venario), Hidrocarburos, Materia orgánica extraíble, Toxicidad, Coliformes, Granulometría.

Se verificaron y certificaron las coordenadas de las zonas de depósito del material producto del dragado y de la excavación y retiro de material.

Se implementaron mecanismos para optimizar la acción del dragado pero sin resultados, para la excavación y retiro de material, del relleno y del cumplimiento de los términos y condicionantes de SEMARNAT.

Se vigiló y certificó que el depósito de material dragado y de la excavación y/o retiro de material de las zonas adyacentes al rompeolas Oriente del puerto de El Cuyo, se realizara en los lugares autorizados para ese propósito.

Se elaboraron los programas de obra (de avance físico; financiero, así como las reprogramaciones necesarias y sus correspondientes soportes que se sometieron para su autorización con la DEPENDENCIA.

La Supervisión del equipo de dragado y de la excavación y retiro de material se realizó con el objeto de optimizar la operación, a fin de conciliar toda aquella información que permitió concretar el objetivo, de acuerdo a los, proyectos.

Al término de las obras de dragado se recopiló la información necesaria para evaluar el resultado final.

ANEXO 1 PLANOS

Anexo 1 Planos

Capítulo II Descripción General

DD-CUYO-2002-01 Proyecto Geométrico Planta General

Capítulo IV Estudios Preliminares

LI-EC-01-2	Planta Playa Oriente
LI-EC-01-3	Planta Playa Poniente
LI-EC-01-4	Secciones Canal
LI-EC-01-5	Secciones Dársena
LI-EC-01-6A	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-6B	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-7A	Secciones Playa Poniente
LI-EC-01-7B	Secciones Playa Poniente

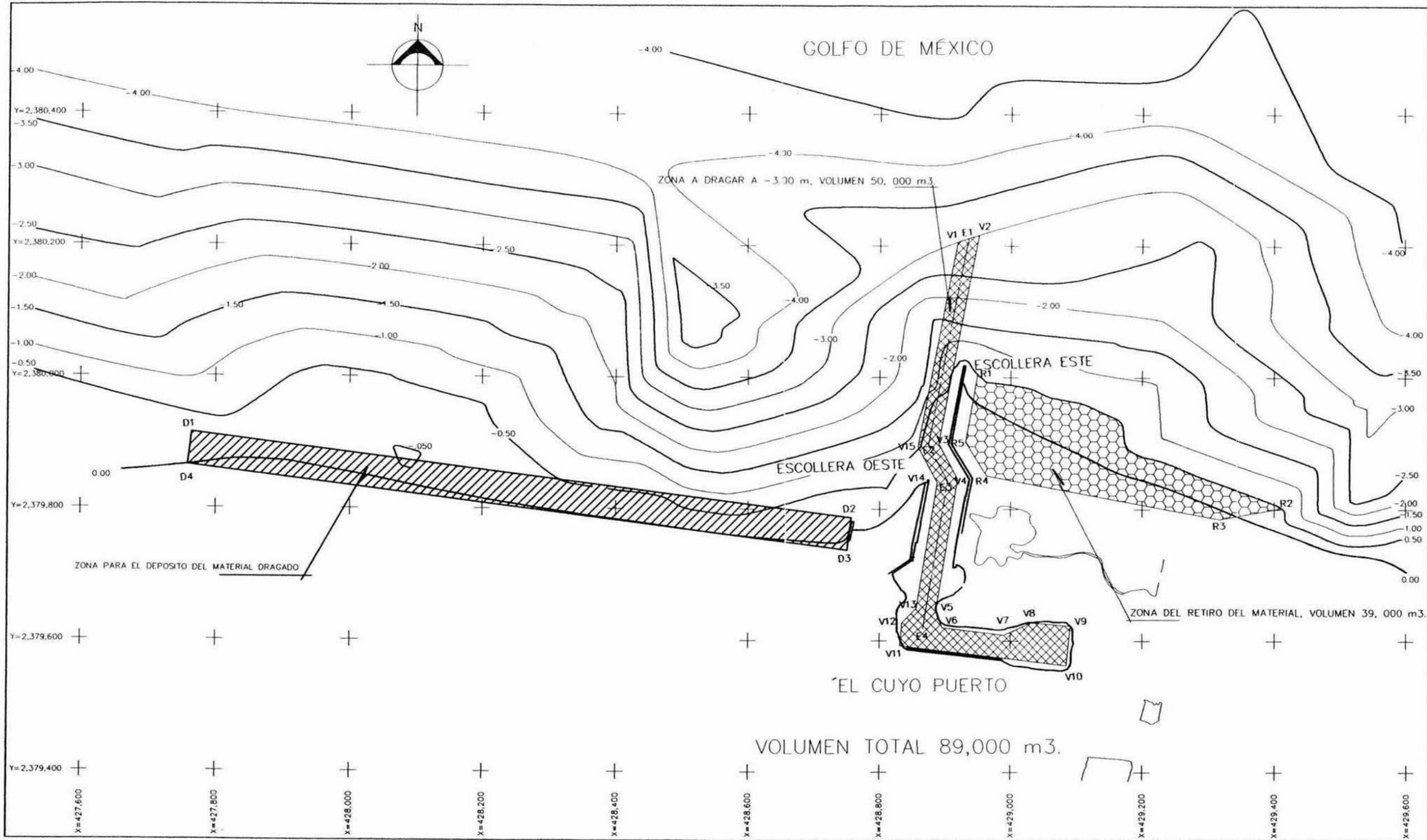
LI-EC-01-IE-1	Planta Canal Y Dársena
LI-EC-01-IE-2	Sección Playa Oriente
LI-EC-01-IE-3	Planta Playa Poniente
LI-EC-01-IE-4	Secciones Canal
LI-EC-01-IE-5	Secciones Dársena
LI-EC-01-IE-6A	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-IE-6B	Secciones Playa Oriente
LI-EC-01-IE-7A	Secciones Playa Poniente
LI-EC-01-IE-7B	Secciones Playa Poniente

Capítulo V Proceso Constructivo

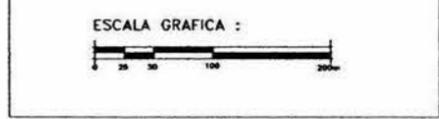
Planta General Puntos de Muestreo de Agua y Sedimentos Marinos

SACD-EC-EX-01-0	Planta Playa Oriente
SACD-EC-EX-01-1A	Secciones Playa Oriente
SACD-EC-EX-01-1B	Secciones Playa Oriente

LF-EC-01-2	Planta Playa Oriente
LF-EC-01-3	Planta Playa Poniente
LF-EC-01-4	Secciones Canal
LF-EC-01-5	Secciones Dársena
LF-EC-01-6A	Secciones Playa Oriente
LF-EC-01-6B	Secciones Playa Oriente
LF-EC-01-7A	Secciones Playa Poniente
LF-EC-01-7B	Secciones Playa Poniente



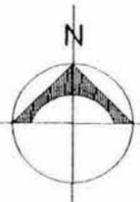
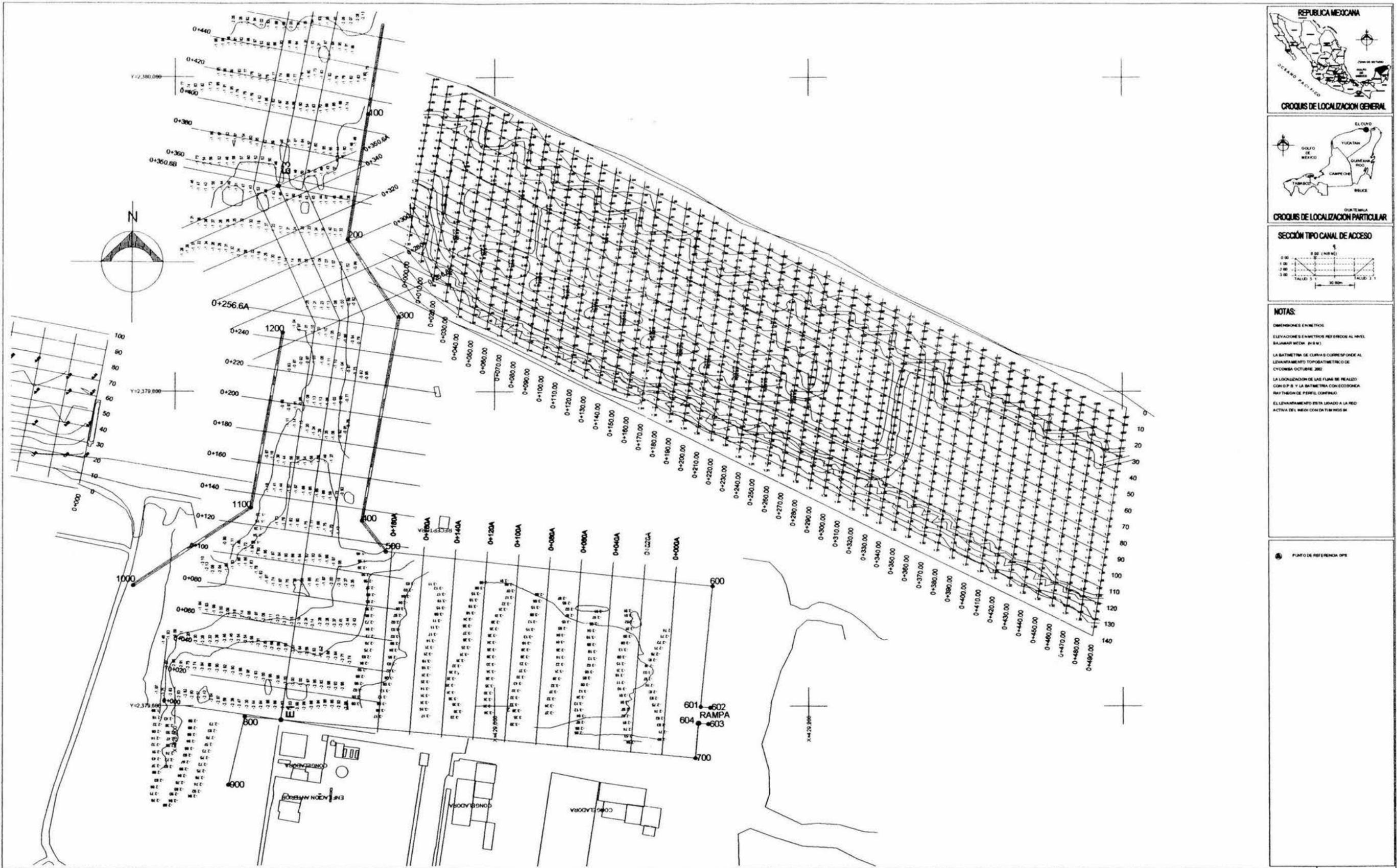
NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BAJAMAR MEDIA (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE CYCOMSA AGOSTO 2000
 LA LOCALIZACION DE LAS FIJAS SE REALIZO CON G.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA RAYTHEON DE PERFIL CONTINUO.



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



PROYECTO GEOMETRICO			
PARA EL DRAGADO DEL PUERTO EL CUYO, YUC., Y EL RETIRO DE MATERIAL ADYACENTE A LA ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN ESTE, PARA RECUPERAR SU CAPACIDAD DE RETENCIÓN			
COTAS	METROS	FECHA	HOJA 1 DE 1
ESCALA	PLANTA GENERAL	PLANO	1 DE 1
DD-CUYO-2002-01			



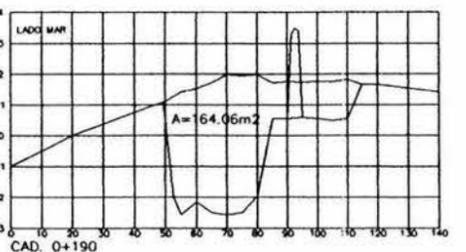
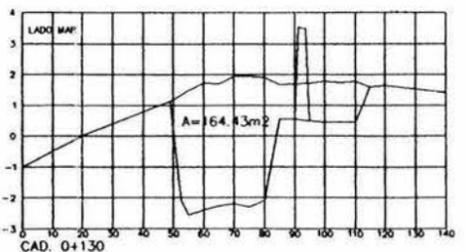
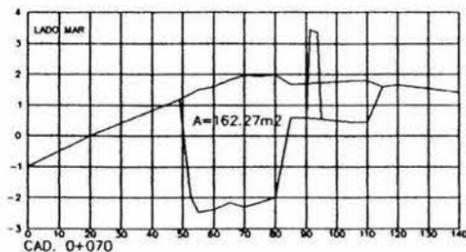
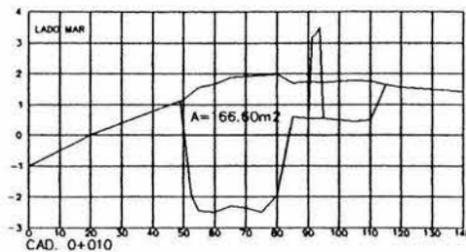
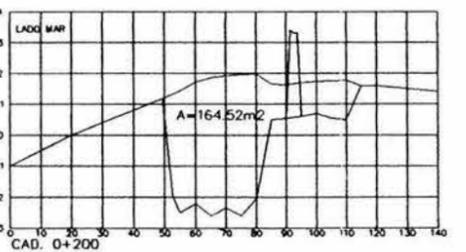
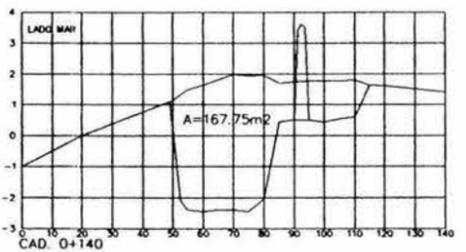
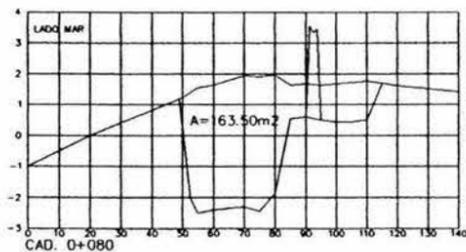
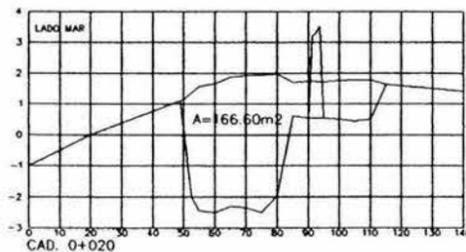
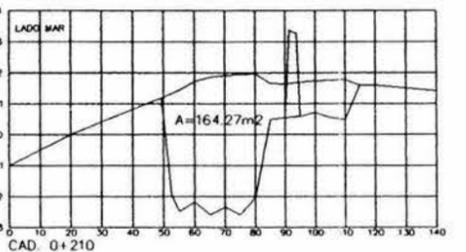
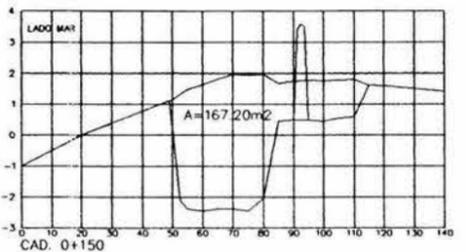
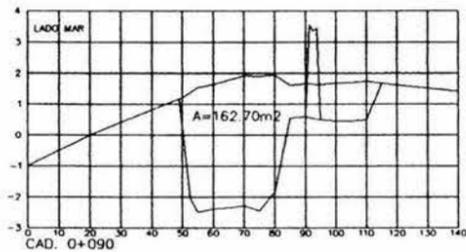
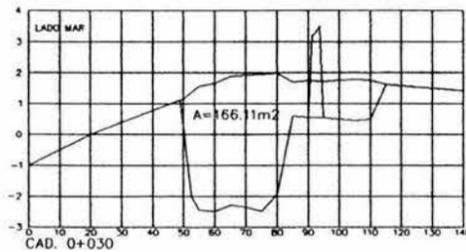
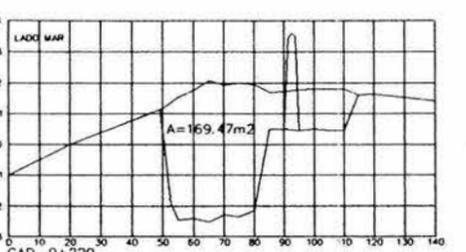
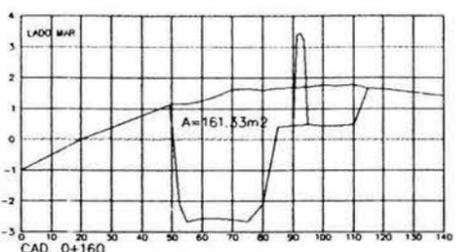
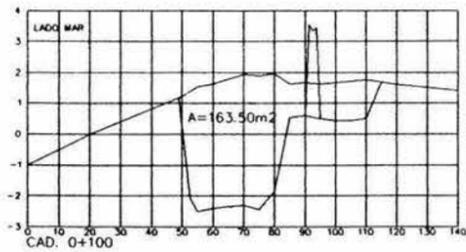
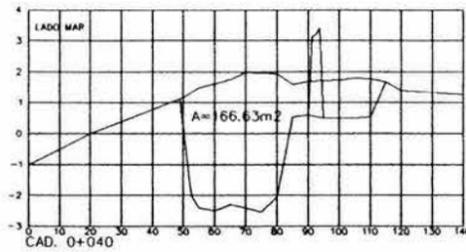
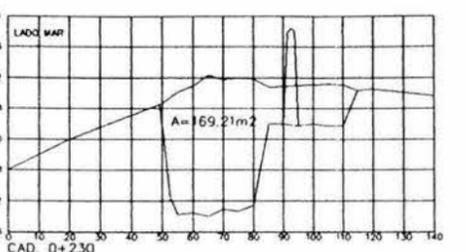
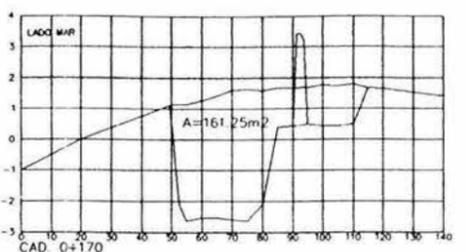
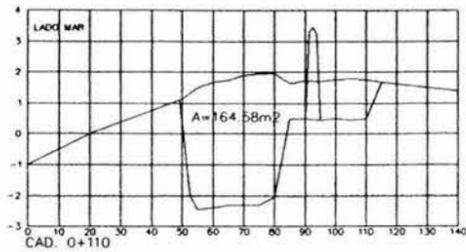
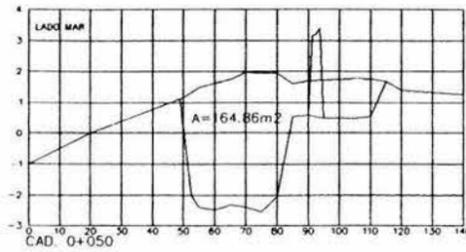
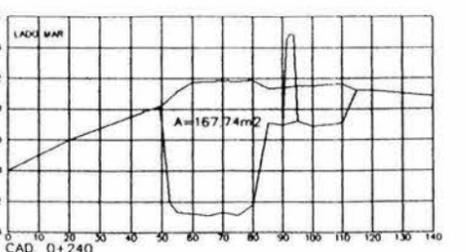
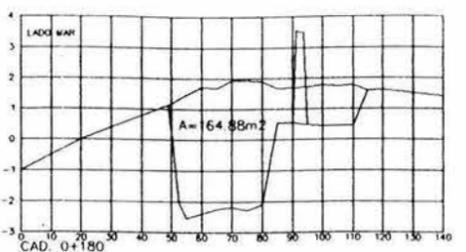
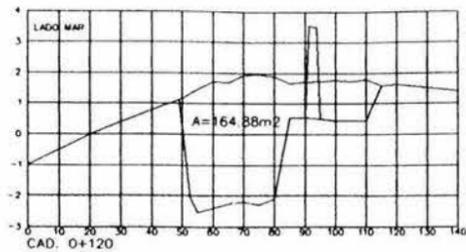
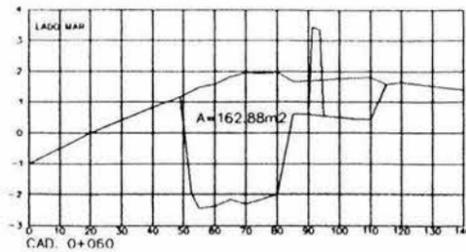
NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL BAJAMAR MEDIO (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVA S CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CYCOMBA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLANAS HE REALIZADO CON O.P.B. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONICA RAYTRON DE PERFIL CONTINUO
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM 83 M

PLANTO DE REFERENCIA OPT



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

	LEVANTAMIENTO DE VERIFICACIÓN TOPOGRÁFICO PARA EL CONTROL DE EXCAVACION EN EL PUERTO DE EL CUYO, EN YUCATÁN	
	PLANTA PLAYA ORIENTE	
COTAR	METROS	FECHA
ESCALA	1:800	OCTUBRE 2002
BACD-EC-EX-01-0		PLANO No. 1 DE 1



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BALAMAR MECH. (M.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE CYCOMBA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLANAS SE REALIZO CON G.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA RAYTRONIC DE PERIF. CONEJUNO
 EL LEVANTAMIENTO ESTA LIADO A LA RED ACTIVA DEL MUNICIPIO DE TAMPACON





NOTAS:

DIMENSIONES EN METROS

ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL DEL MAR (N.M.S.)

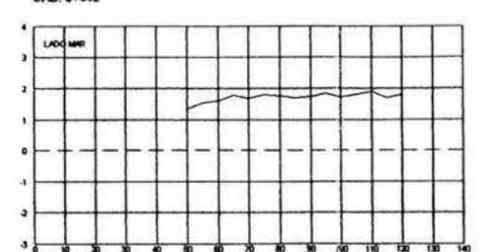
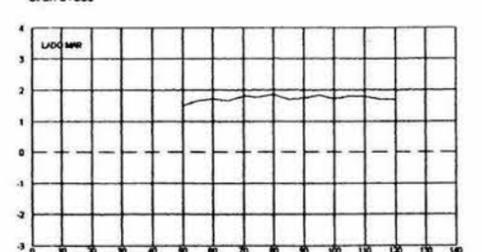
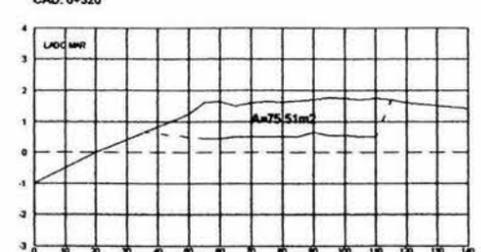
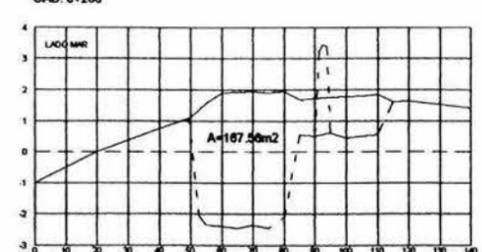
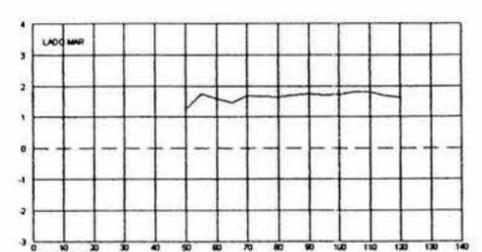
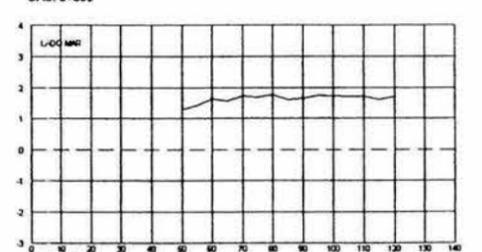
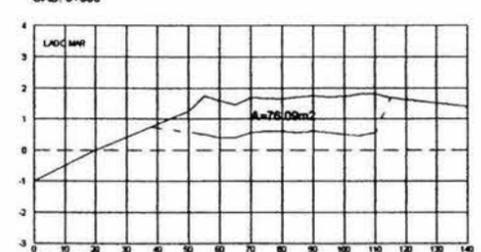
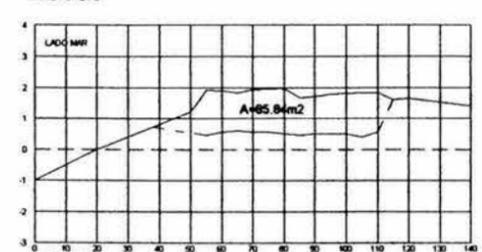
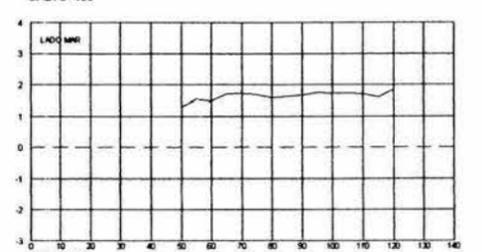
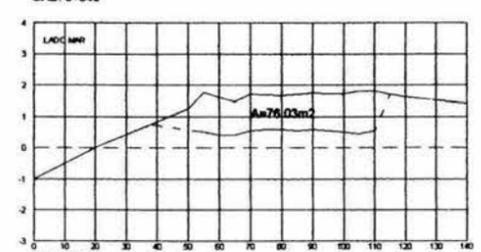
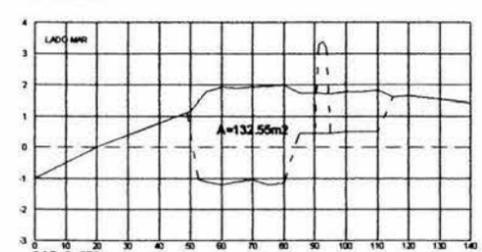
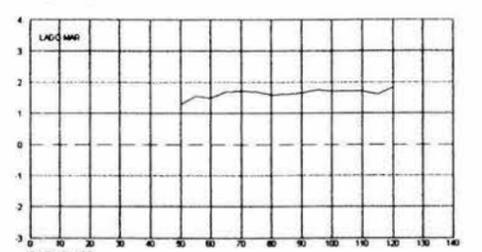
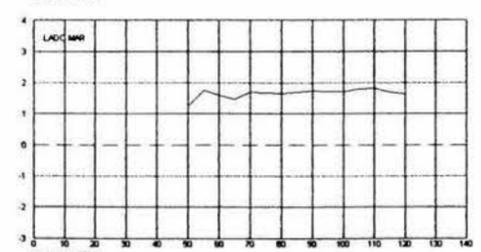
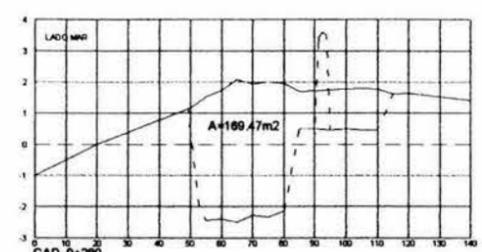
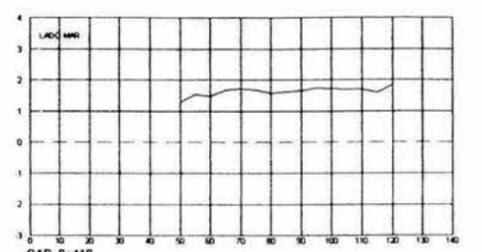
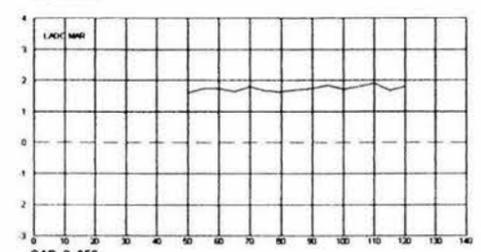
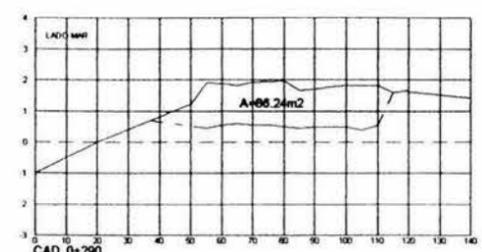
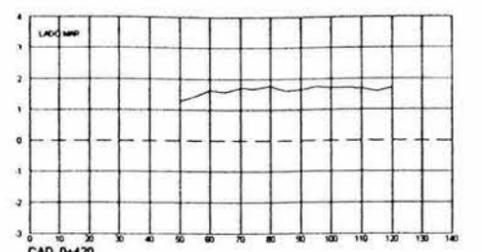
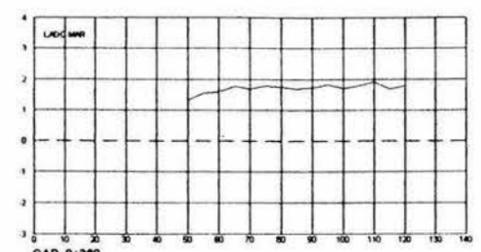
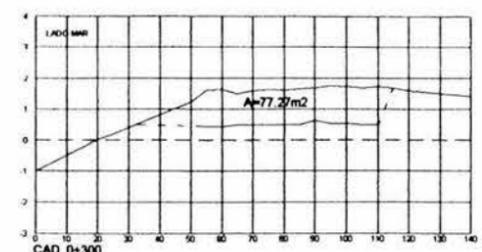
LA BATIMETRIA DE CURVA CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CYCLOPS OCTUBRE 2002

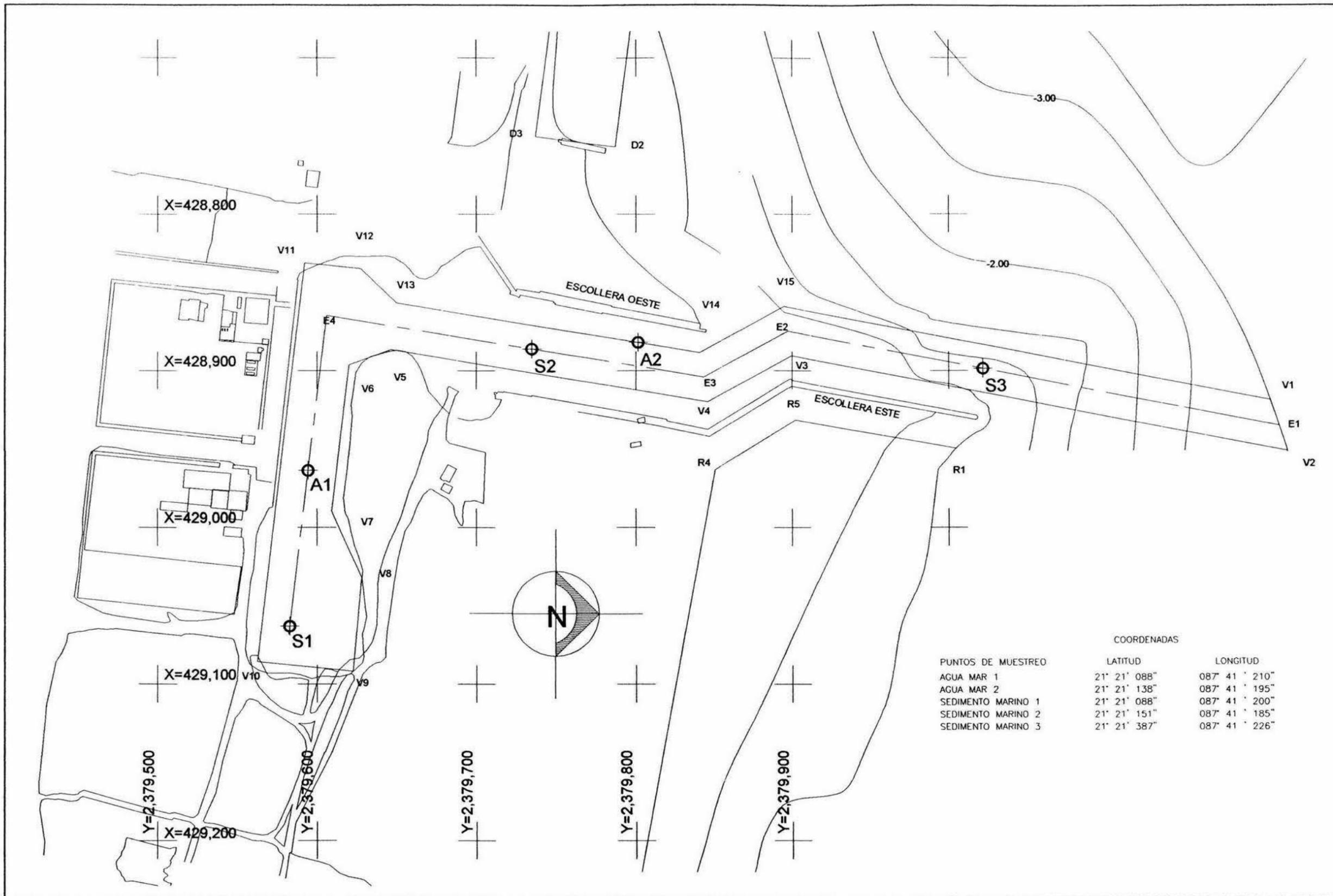
LA LOCALIZACION DE LAS PLANAS SE REALIZO CON GPS Y LA BATIMETRIA CON ECHOLUBA

BATIMETRIA DE PERFIL CONEJADO

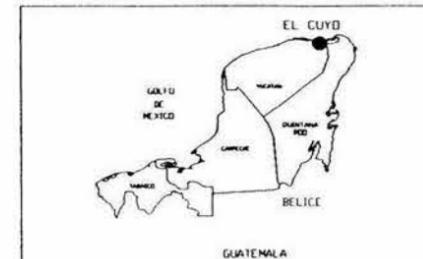
EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATOS DE 1985

● PUNTO DE REFERENCIA OPS



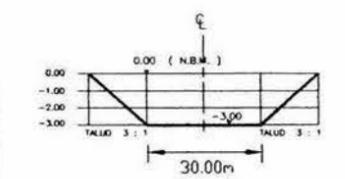


CROQUIS DE LOCALIZACION GENERAL



CROQUIS DE LOCALIZACION PARTICULAR

SECCION TIPO CANAL DE ACCESO



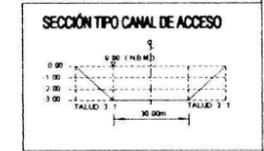
PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
AGUA MAR 1	21° 21' 088"	087° 41' 210"
AGUA MAR 2	21° 21' 138"	087° 41' 195"
SEDIMENTO MARINO 1	21° 21' 088"	087° 41' 200"
SEDIMENTO MARINO 2	21° 21' 151"	087° 41' 185"
SEDIMENTO MARINO 3	21° 21' 387"	087° 41' 226"

NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BAJAMAR MEDIA (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE CICOMSA AGOSTO 2000
 LA LOCALIZACION DE LAS FIJAS SE REALIZO CON G.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA RAYTHEON DE PERFIL CONTINUO.



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

FACULTAD DE INGENIERIA
LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO
 PARA EL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DEL CANAL DE ACCESO Y RETIRO DE MATERIAL ADYACENTE A LA EXTRACTURA DE PROTECCION ESTE, PARA RECUPERAR SU CAPACIDAD DE RETENCION
 PLANTA GENERAL
 PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA Y SEDIMENTOS MARINOS
 AGOSTO / 2002



NOTAS:

DIMENSIONES EN METROS

LEVANTACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BAJAMAR MEDIO (N.M.M.)

LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE OCHOYSA AGOSTO 2002

LA LOCALIZACION DE LAS FIJAS SE REALIZO CON G.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA RAYTRON DE PERFIL CONTINUO

EL LEVANTAMIENTO ESTA USANDO LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84

SIMBOLOGIA:

— E.L.E. DE CANAL DE ACCESO Y DARSENA

● PUNTO DE REFERENCIA O.P.R.



TESIS PROFESIONAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ROBERTO PAZ GARCÍA

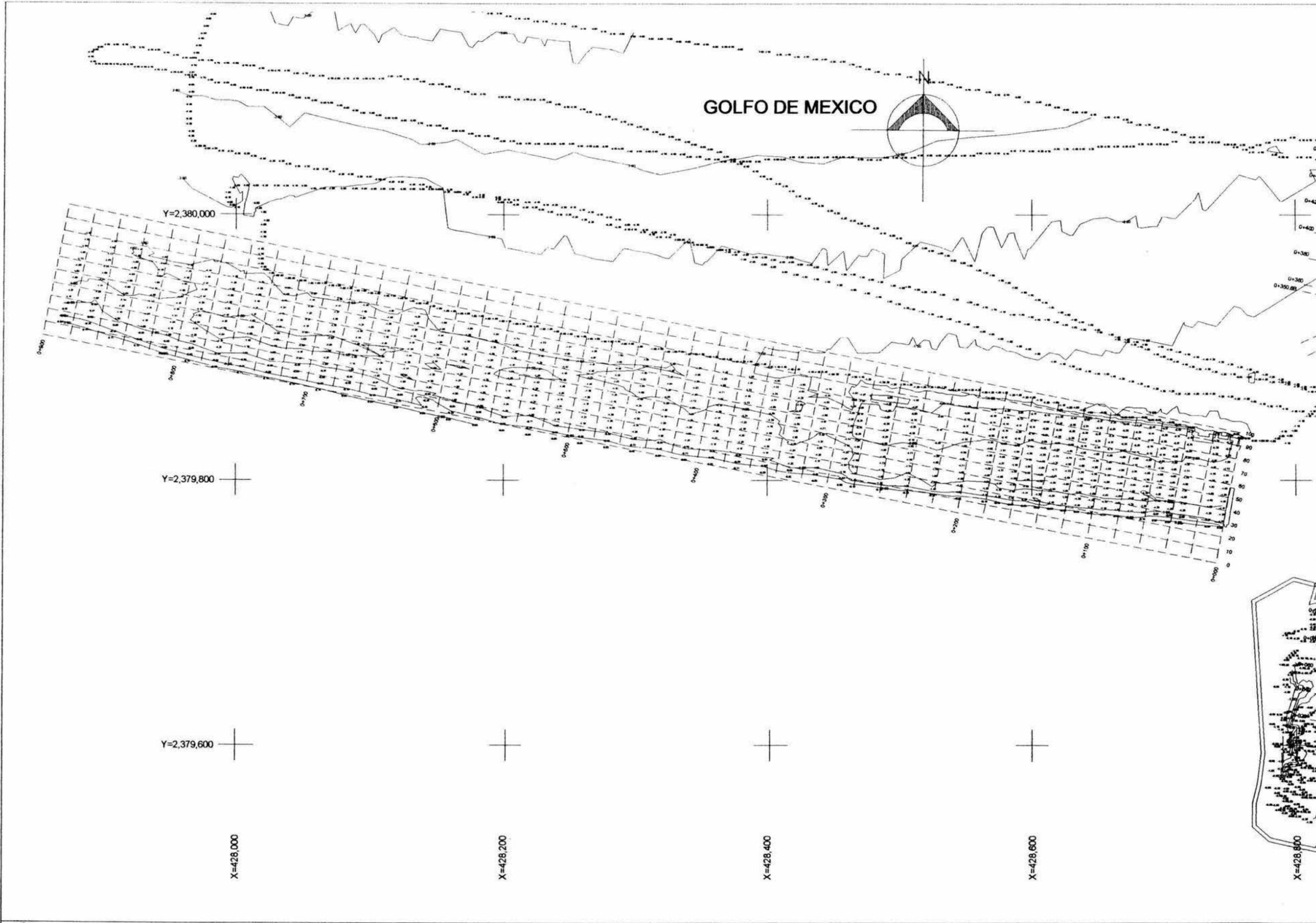


LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
PLANTA PLAYA ORIENTE

ESCALA: 1:500

FECHA: AGOSTO 2002

PLANO No. 1.0E1



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL BALANZAR MEDIO (N.S.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CYCOMBA AGOSTO 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLANTAS SE REALIZO CON O.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ESCOBORA. SENTIDO DE PERFIL CONVENIDO
 EL LEVANTAMIENTO ESTA USANDO A LA RED ACTIVA DE LA RED CON DATUM NAD 83

SIMBOLOGIA:
 --- EJE DE CANAL DE ACCESO Y DARRERA

● PLANTO DE REFERENCIA OPS

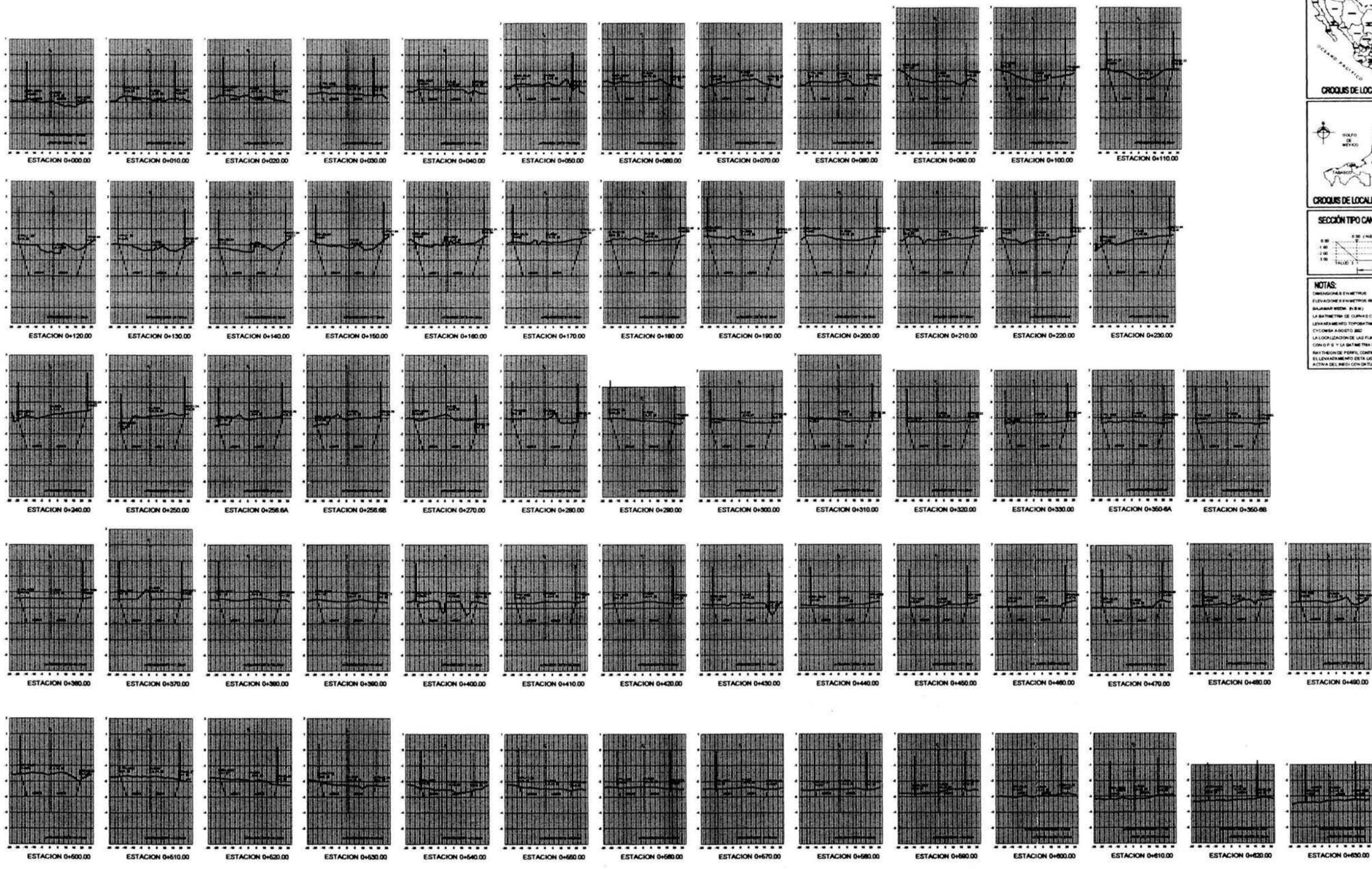


TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA		LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATÁN	
PLANTA PLAYA PONIENTE		FECHA: AGOSTO 2002	
COTAR	METROS	LIEC-013	PLANO No. 1 DE 1
ESCALA	1:250		



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BAJAMAR MEDIO (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CICLOSA A OGIETO 200
 LA LOCALIZACION DE LAS FLUJAS SE REALIZO
 CON O.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA
 RAYTIBOND DE PERFILES CONTROLADO
 EL LEVANTAMIENTO ESTE USADO A LA RED
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM 85 M



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

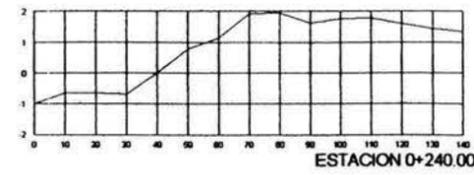
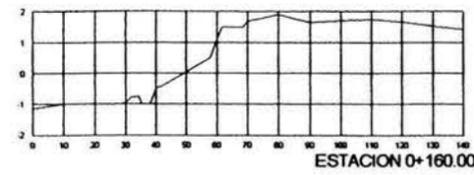
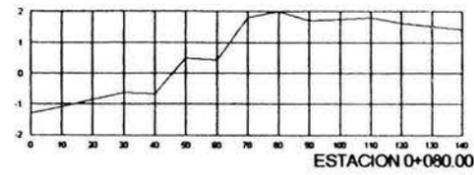
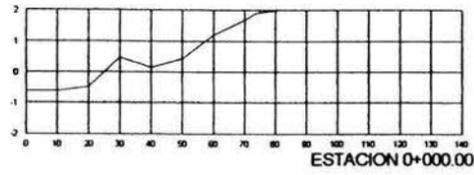
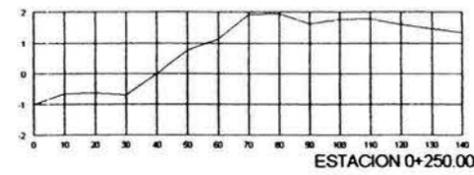
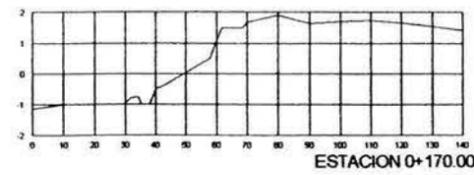
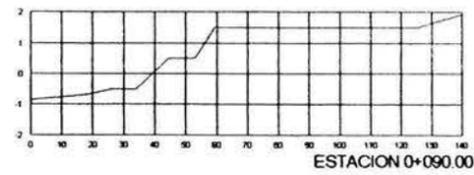
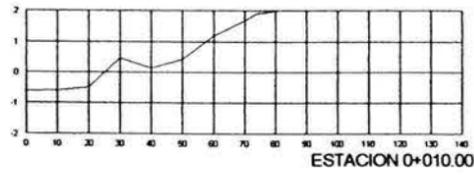
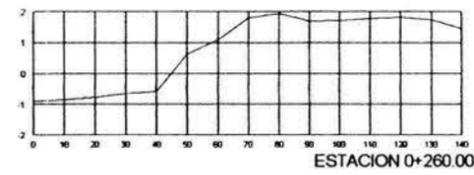
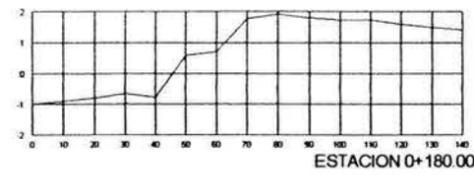
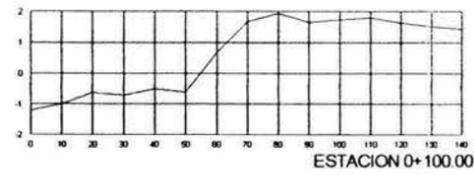
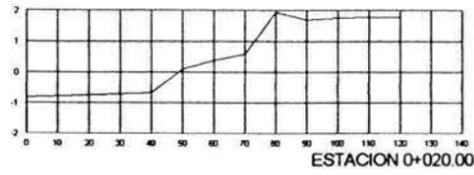
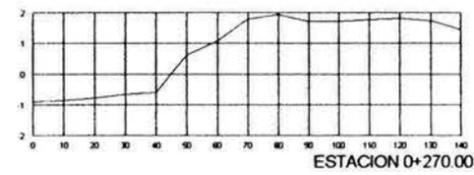
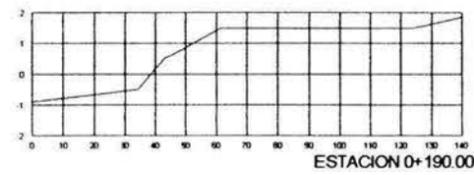
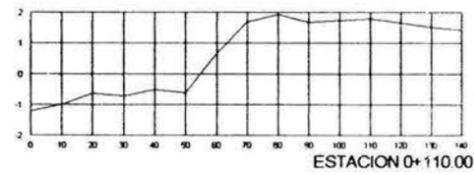
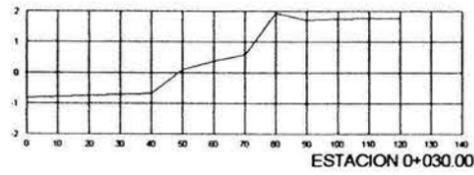
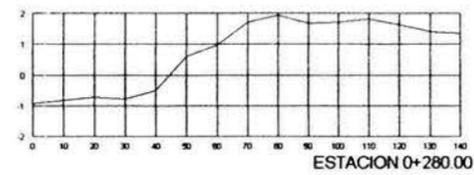
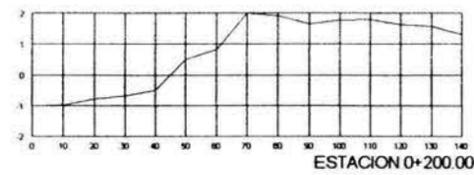
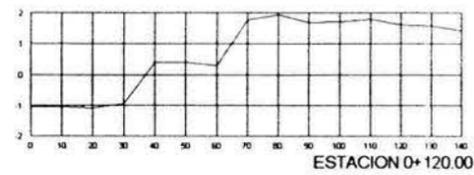
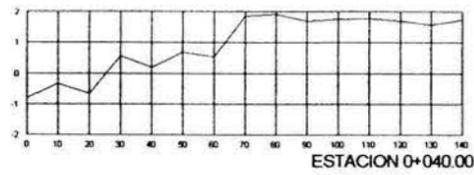
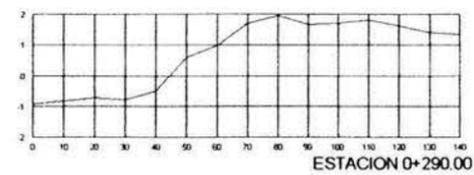
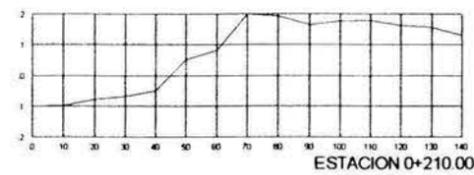
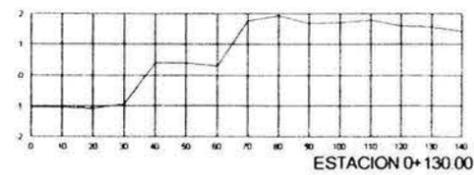
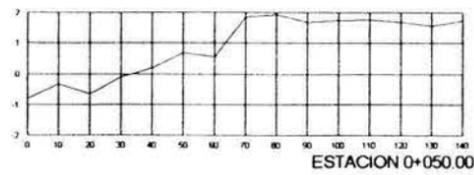
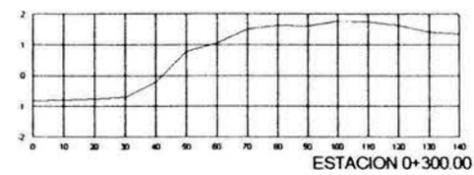
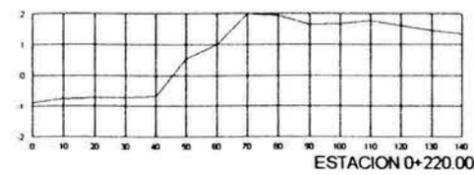
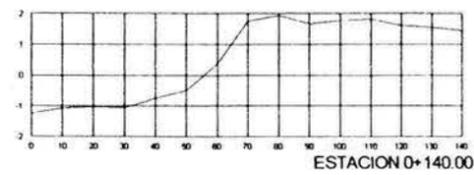
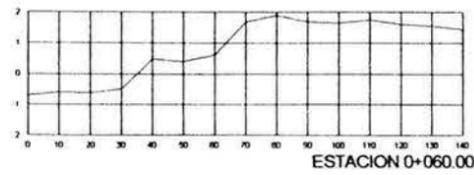
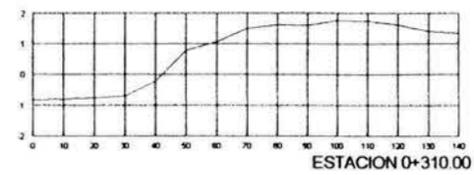
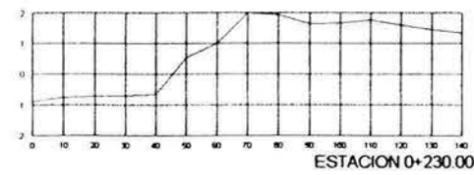
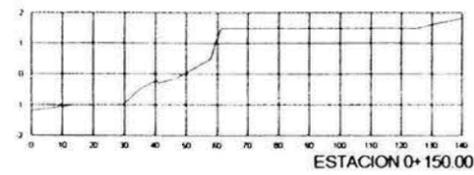
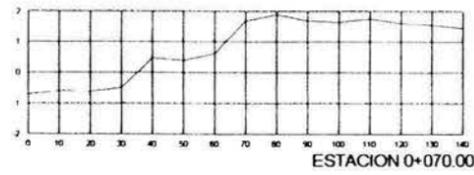
LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN

SECCIONES CANAL

CONDA METROS
 ESCALA 1:1000
 Y 1:300

FECHA: AGOSTO 2002
 PUNTO: 1 DE 1

LI-BC-01-4



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL
 BAJAMAR MEDIA (B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE
 CICLO DEL AGOSTO 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLANES DE REALIZO
 CON O.P.R. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONAR
 RAYTADO DE PERFIL CONTROL
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED
 ACTIVA DEL MUNICIPIO DE PLAYA ORIENTE

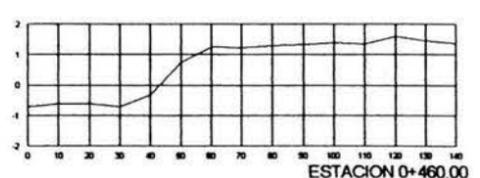
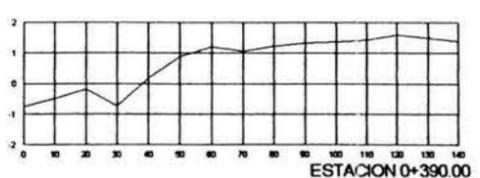
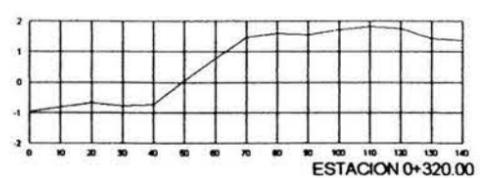
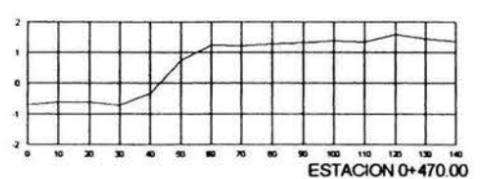
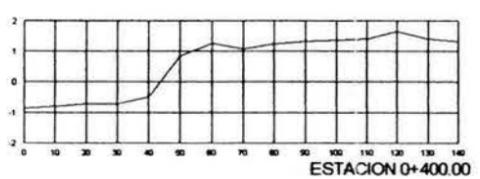
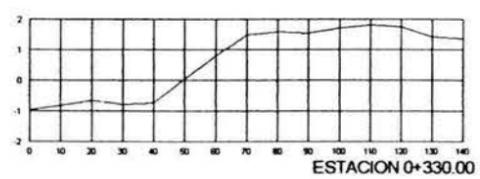
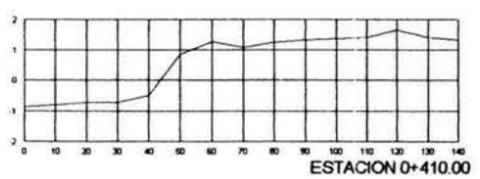
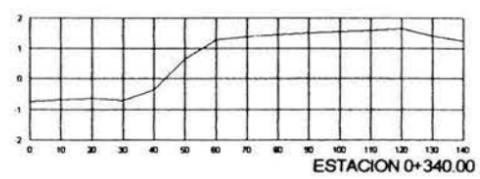
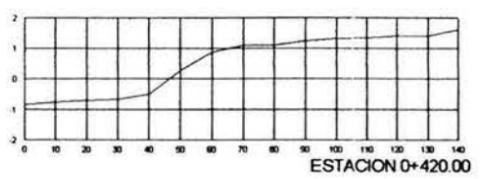
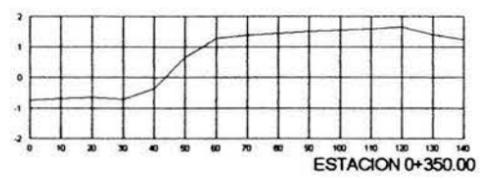
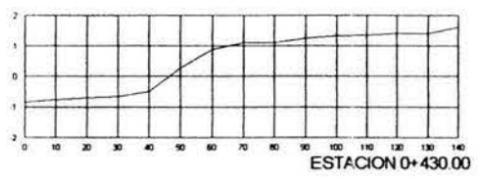
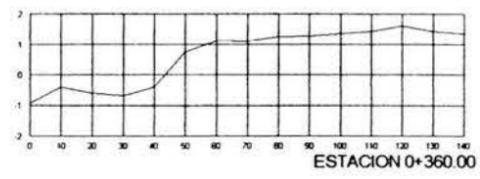
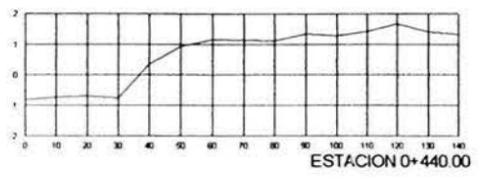
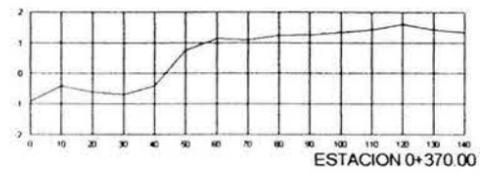
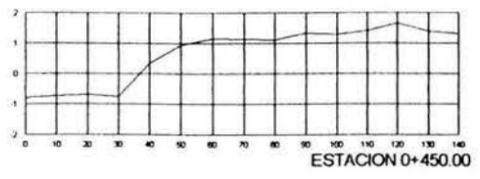
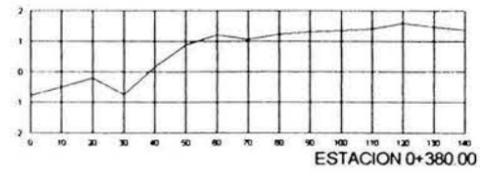
VER PLANTA DE RECONOCIMIENTO EN PLANO U-EC-01-2



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ROBERTO PAZ GARCIA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA ORIENTE
 ESCALA: METROS 1:200
 FECHA: AGOSTO 2002
 PLANO No. U-EC-01-6A
 1 DE 2



NOTAS:
DIMENSIONES EN METROS
ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BAJAMAR MEDIO (N.B.M.)
LA BATIMETRIA DE OBRAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CICLORES AGOSTO 2002
LA LOCALIZACION DE LAS LINEAS DE REALIZO CON LA P.E. Y LA BATIMETRIA CONFECCIONA MAYTECION DE PERIL CONTINIO
EL LEVANTAMIENTO ESTA LEJADO A LA RED ALTIMA DEL INEGI CON DATUM 1985 M

VER PLANTA DE SECCIONES EN PLANO LOCAL 2



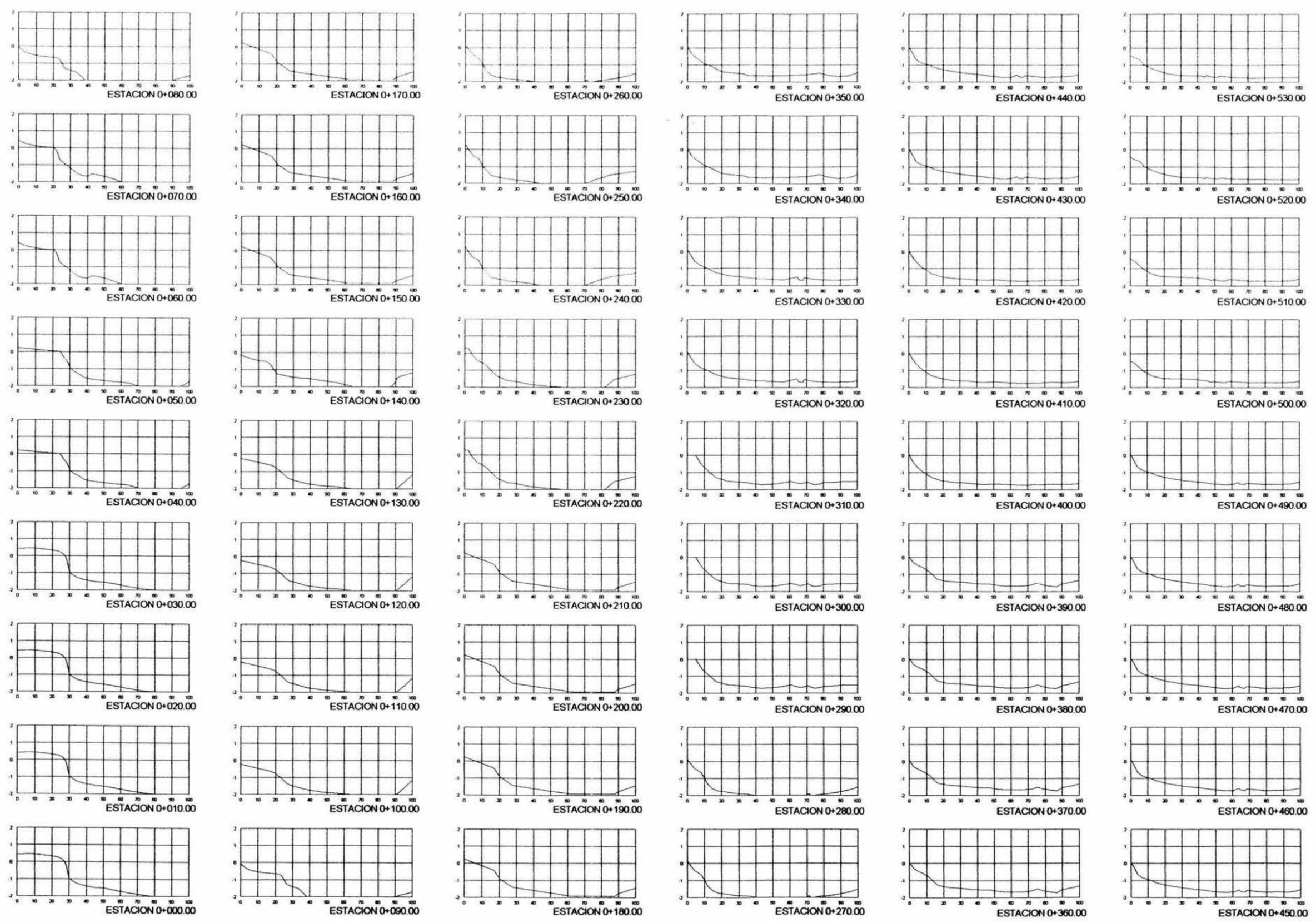
TESIS PROFESIONAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ROBERTO PAZ GARCIA

	LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL EN EL PUERTO PESQUERO DEL CUYO, EN YUCATAN		FECHA: AGOSTO 2002
	SECCIONES PLAYA ORIENTE		PLANO No. 2 DE 2
CORAL ESCALA HOR. 1:500 VER. 1:500	METROS U-EC-01-08		



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BALAMAR MEDIA (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE CYCOMSA ABRIL 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS LINEAS DE REALIZO CON O.P.E. Y LA BATIMETRIA CON ESTACIONERAS
 RAY TIEBON DE PERFIL CONTRA EL ELEVAMIENTO ESTA LEJADO A LA RED ACTIVA DEL B.M. CON DATUM P.M. 84

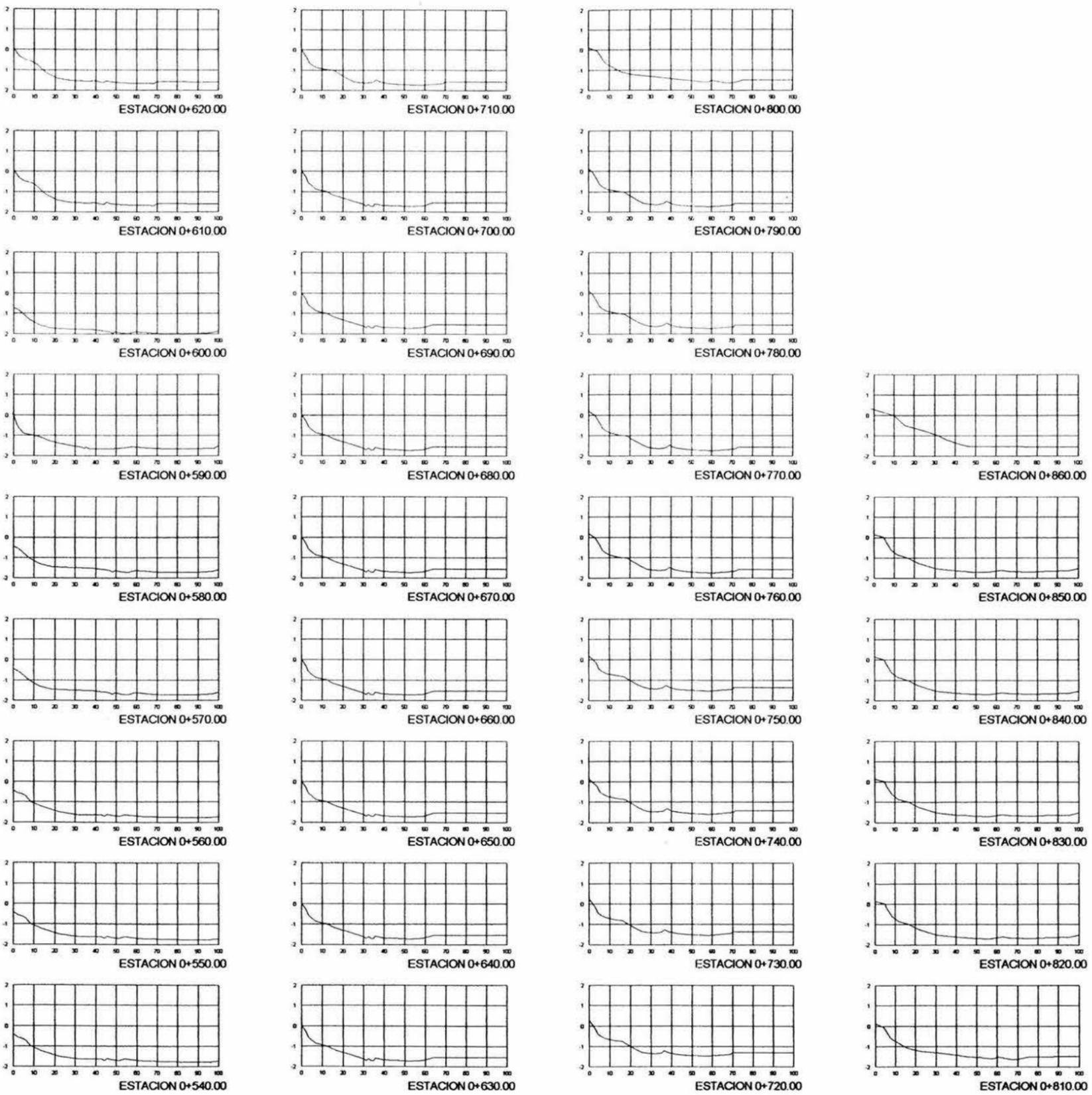
VER PLANTA DE SECCIONES EN PLANO UCCO-1



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA PONIENTE
 COTAS METROS
 ESCALA 1:500
 FECHA: AGOSTO 2002
 PLANO No. LI-EC-01-7A
 VER. 1 DE 2



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BAJAMAR MEDIA (B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CICLONIA A DICIEMBRE
 LA LOCALIZACION DE LAS LINEAS SE REALIZO
 CON I.P.S. Y LA BATIMETRIA CON E.CORONCA
 RAYTOS DE PERFIL CONTROLADO
 EL LEVANTAMIENTO ESTA SUJETO A LA RED
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM 1985 M.

VER PLANTA DE SECCIONES EN PLANO LEG-2



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

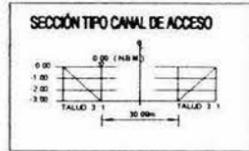
FACULTAD DE INGENIERIA

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN.

SECCIONES PLAYA PONIENTE

ORDEN	METROS	FECHA
ERONIA	1:500	AGOSTO 2002
VER	1:300	PLANO No. 2 DE 2

LI-EC-01-78



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL BAJAMAR MEDIO (N.M.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CYCOMSA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS FILAS SE REALIZO CON O.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ESCORION RAYTRON DE PERIF. CONTRAL
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED ACTIVA DEL NEGOCIO CON DATUM 1985 M

SIMBOLOGIA:
 E.E. DE CANAL DE ACCESO Y DARSENA

PLANTO DE REFERENCIA GPS

VERTICE	X	Y
E1	428,885.8351	2379,580.8907
E2	428,902.8181	2379,844.9116
E3	428,884.0138	2379,630.5721
E4	428,927.2985	2380,246.1260



Vertice	X	Y
E1	428,885.8351	2379,580.8907
E2	428,902.8181	2379,844.9116
E3	428,884.0138	2379,630.5721
E4	428,927.2985	2380,246.1260



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
PLANTA CANAL Y DARSENA
 ESCALA: 1:500
 FECHA: OCTUBRE 2002
 PLANO No. 1 DE 1



NOTAS:

DIMENSIONES EN METROS

ELEVACIONES EN METROS REFERENCIAL AL NIVEL BALAMARI MEDIA (B.M.)

LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CICLOSA OCTUBRE 2002

LA LOCALIZACION DE LAS PLUMAS SE REALIZO CON O.P. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA PORTATIL DE PERAL CONTROLADO

EL LEVANTAMIENTO ESTA SUJETO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84

SIMBOLOGIA:

--- E.A. DE CANAL DE ACCESO Y DERRAMA

● PUNTO DE REFERENCIA OPT



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION NIVEL EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN

SECCION PLAYA ORIENTE

COPIA METROS
 BRUNIA 1:500

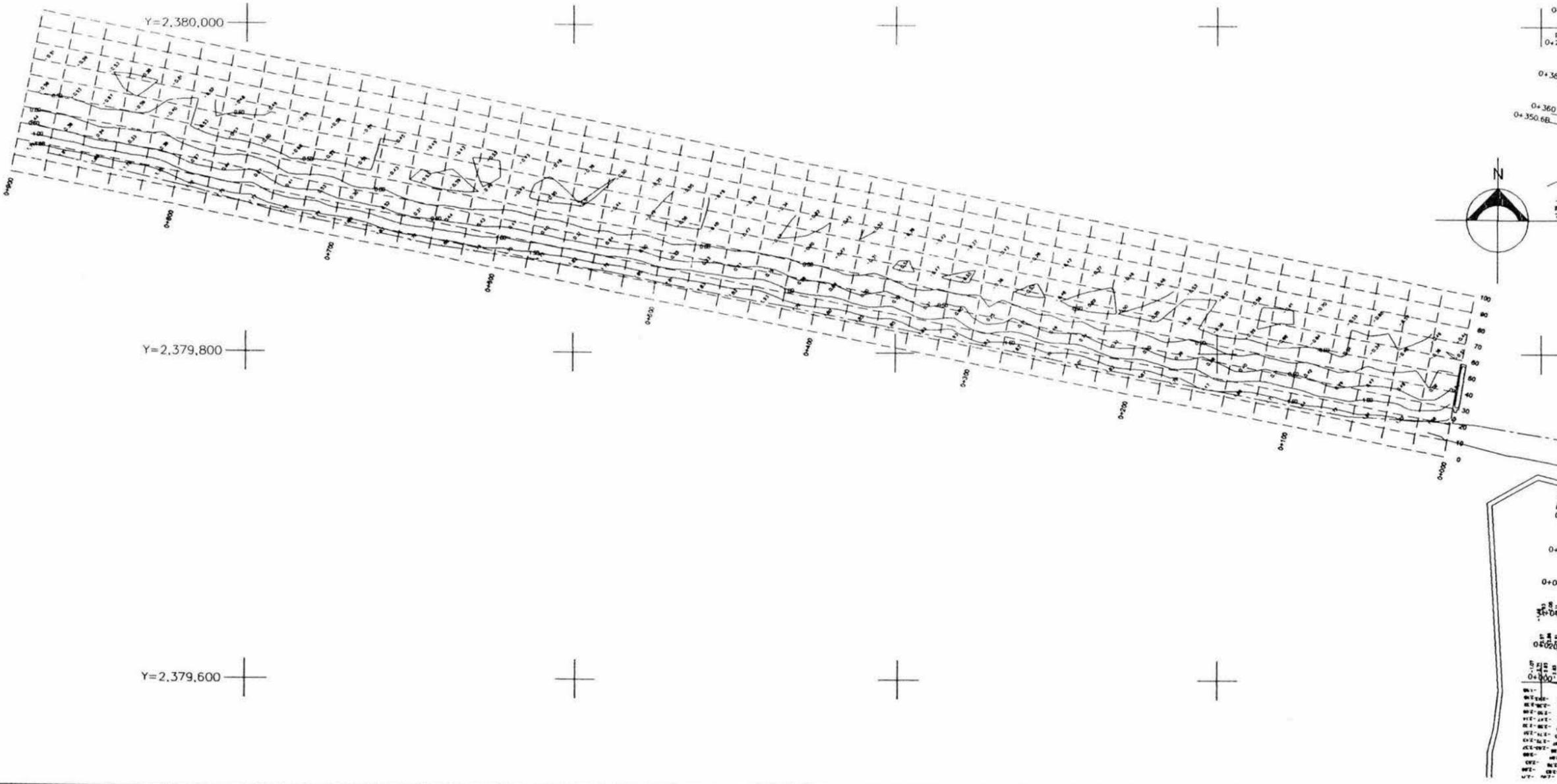
FECHA: OCTUBRE 2002
 PLANO No. 1 DE 1

Y=2,380,200

Y=2,380,000

Y=2,379,800

Y=2,379,600



NOTAS:

DIMENSIONES EN METROS

ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL BAJANAR MEDIO (N.B.M.)

LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE CYCOMSA OCTUBRE 2002

LA LOCALIZACION DE LAS FILAS SE REALIZO CON O.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA RAY THEON DEL PERFIL CONTROL

EL LEVANTAMIENTO ESTA LIGADO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84

SIMBOLOGIA:

— EJE DE CANAL DE ACCESO Y DARSENA



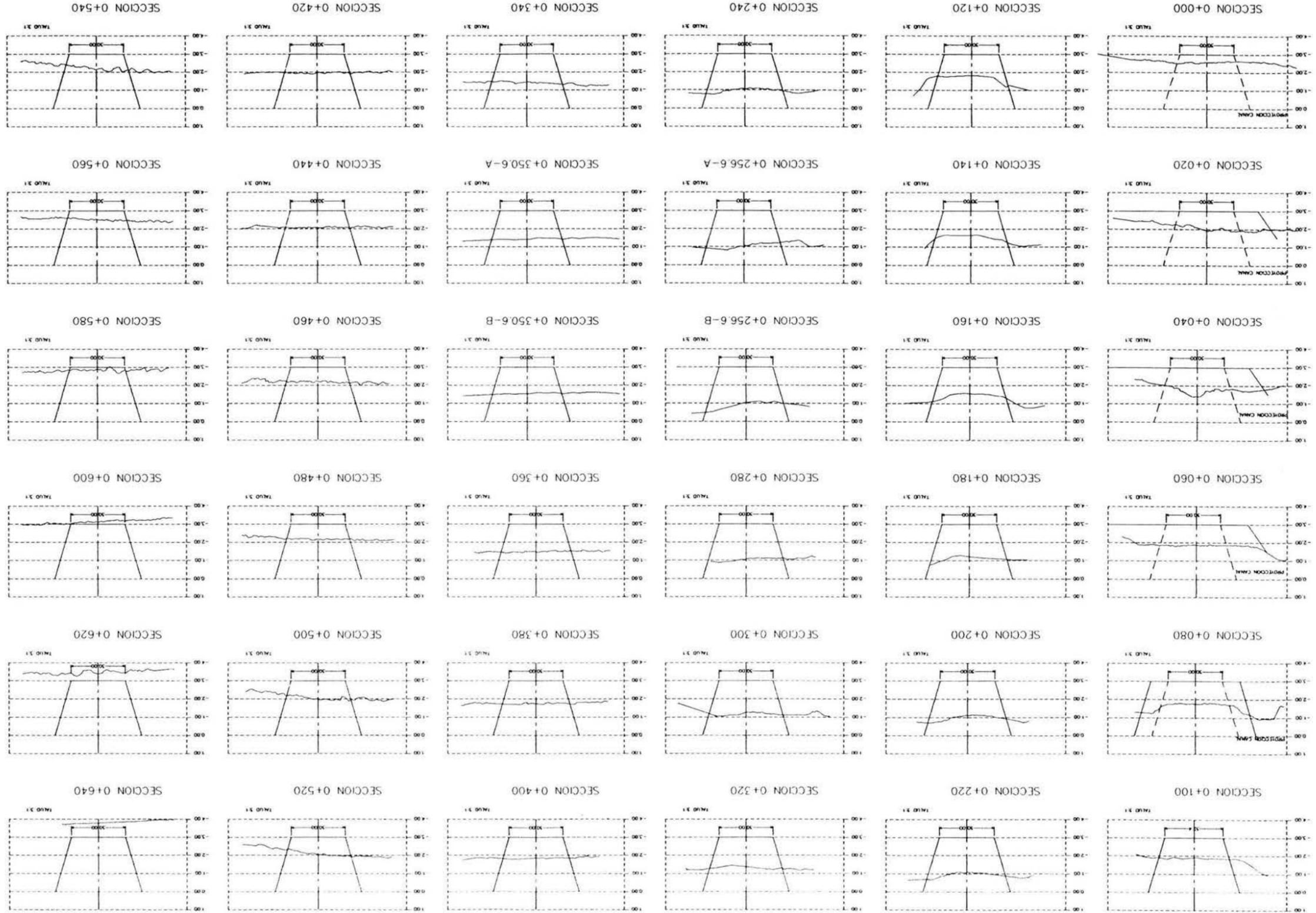
TESIS PROFESIONAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
PLANTA PLAYA PONIENTE

OTRA ESCALA	METROS	FECHA
1:1000		OCTUBRE 2002

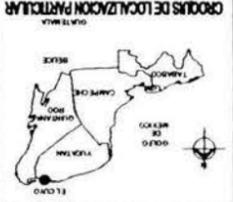
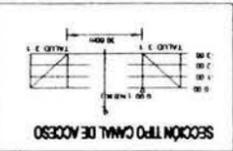
LI-EC-01-IE-3 PLANO No. 1 DE 1

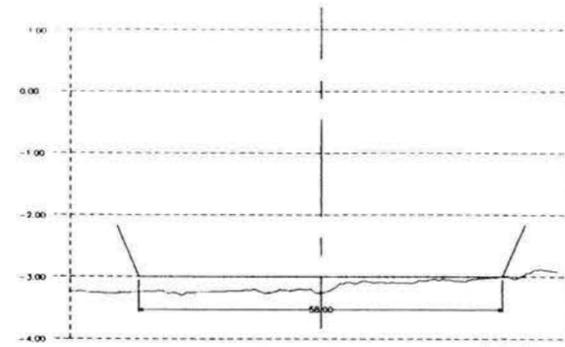


PLANO DE RESPALDO

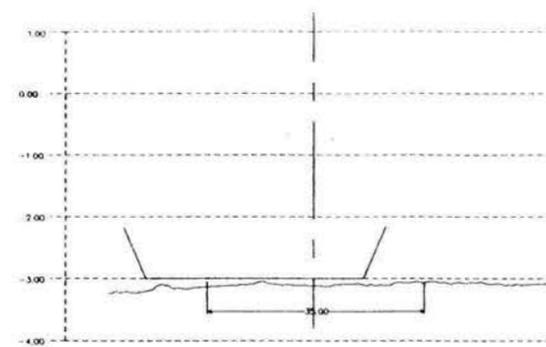
NOTAS:
DIMENSIONES EN METROS
ELEVACIONES EN METROS RESPECTO AL NIVEL
BARRAMETRO N.º 911
LA BARRAMETRA DE COMPARACION AL
PLANIMETRICO TOPOGRAFICO DE
CANTON OCHIMILCO
LA LOCALIZACION DE LAS LINEAS DE REALDO
CON 6 P. S. LA BARRAMETRA DE COMPARACION
PARTICULAR DE ESTE PLANIMETRICO
EL LEVANTAMIENTO ESTA SUJETO A LA MEDIDA
ACTUAL DEL TERRENO CON CANTONAMIENTO

SIMBOLOGIA:
LÍNEA DE CANAL DE ACCESO

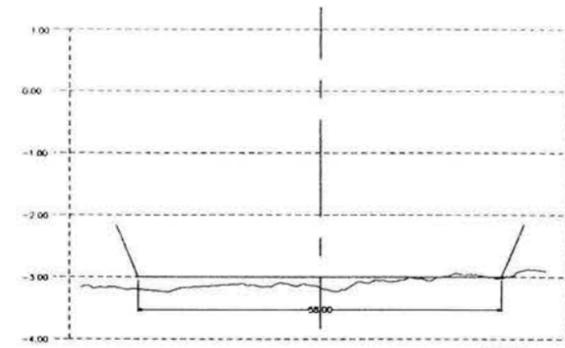




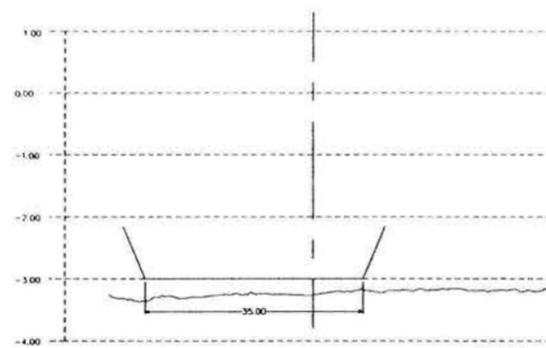
SECCION 0+060A TALUD 3:1



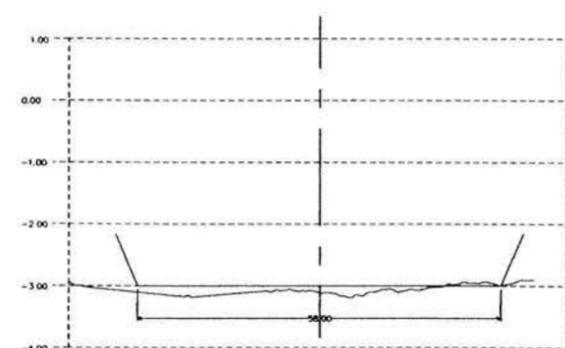
SECCION 0+140A TALUD 3:1



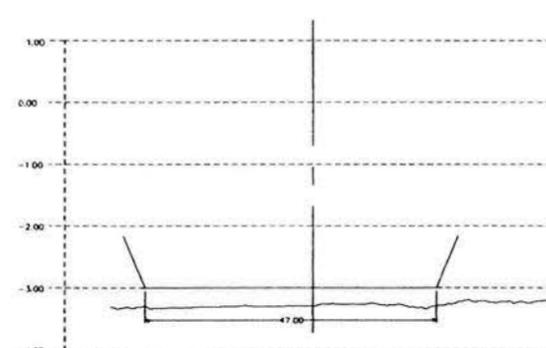
SECCION 0+040A TALUD 3:1



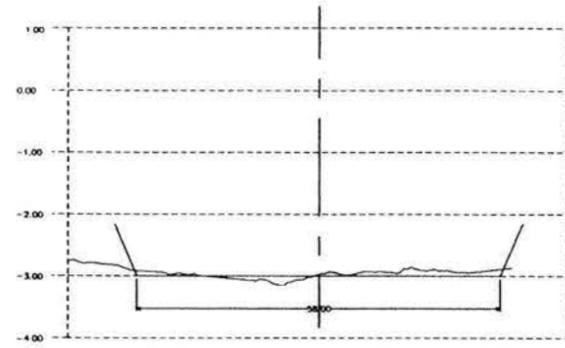
SECCION 0+120A TALUD 3:1



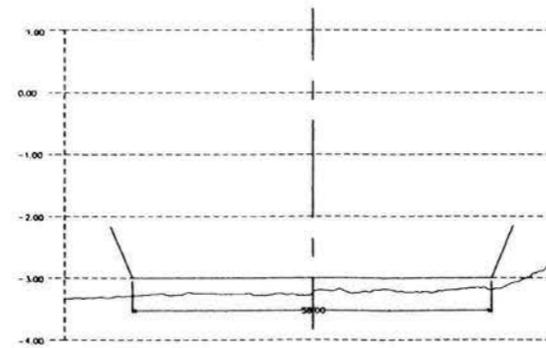
SECCION 0+020A TALUD 3:1



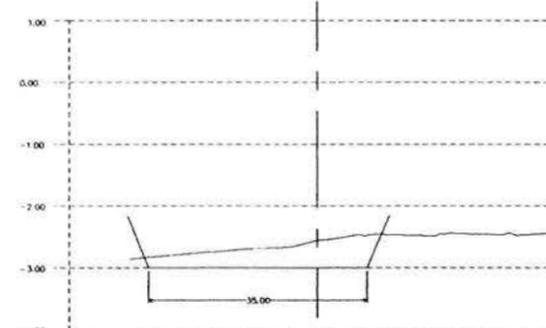
SECCION 0+100A TALUD 3:1



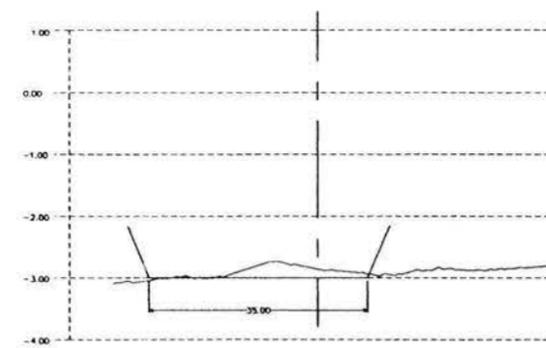
SECCION 0+000A TALUD 3:1



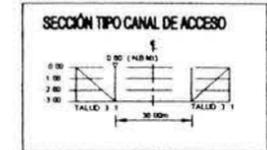
SECCION 0+080A TALUD 3:1



SECCION 0+180A TALUD 3:1

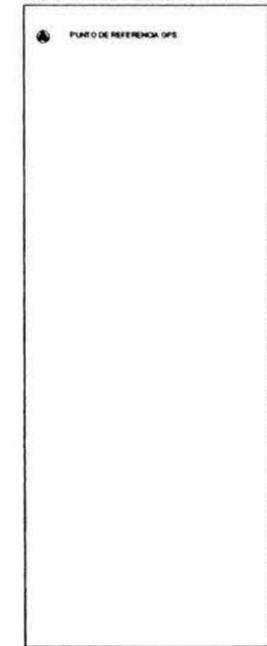


SECCION 0+160A TALUD 3:1



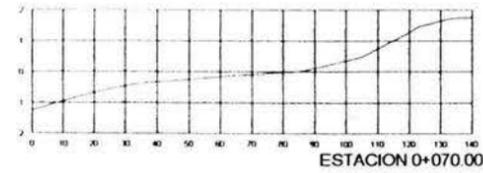
NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BALAMBAR MEDIO (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVA CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE CYCONSA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLUMAS SE REALIZO CON G.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA HAYTHEON DE PERIL CONTINUA
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84

SIMBOLOGIA:
 E.A. DE DARSENA

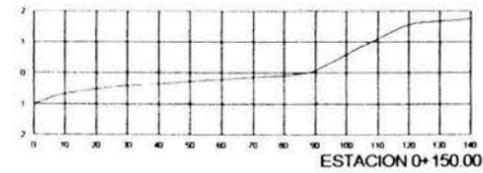


TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

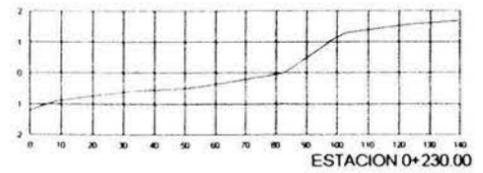
FACULTAD DE INGENIERIA		LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN	
SECCIONES DARSENA			
CURVA	METRO	FECHA	OCTUBRE 2002
ESCALA	1:500	PLANO No.	LI-EC-01-E-5
	1:50		1 DE 1



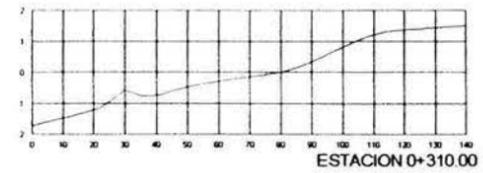
ESTACION 0+070.00



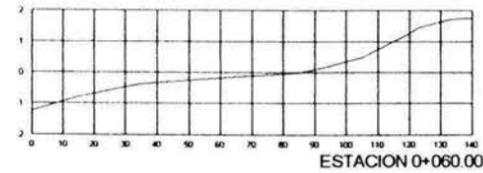
ESTACION 0+150.00



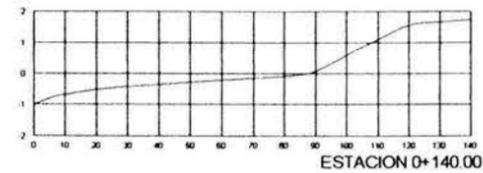
ESTACION 0+230.00



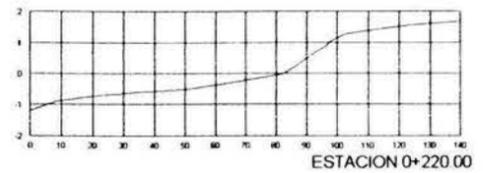
ESTACION 0+310.00



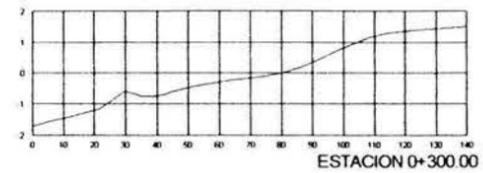
ESTACION 0+060.00



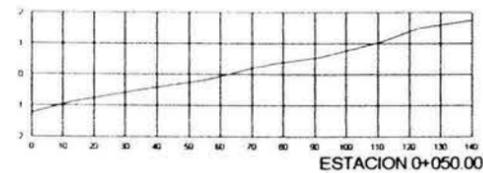
ESTACION 0+140.00



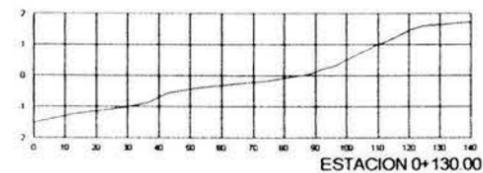
ESTACION 0+220.00



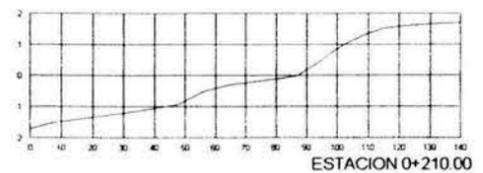
ESTACION 0+300.00



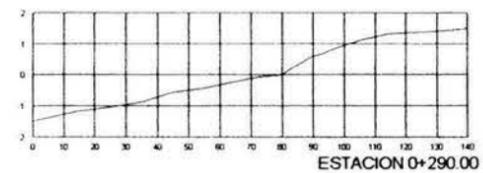
ESTACION 0+050.00



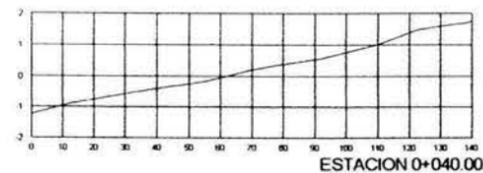
ESTACION 0+130.00



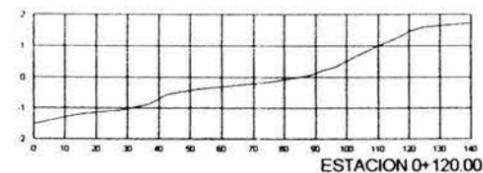
ESTACION 0+210.00



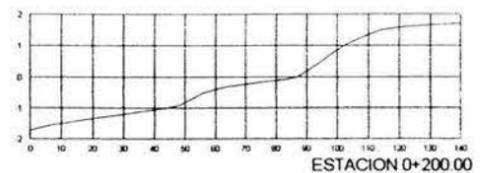
ESTACION 0+290.00



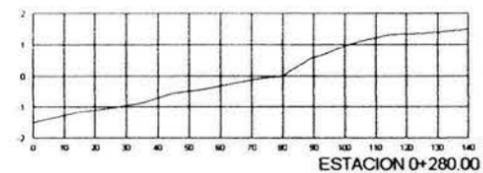
ESTACION 0+040.00



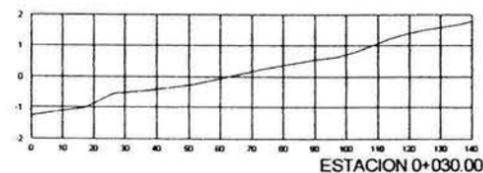
ESTACION 0+120.00



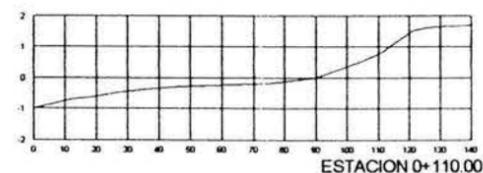
ESTACION 0+200.00



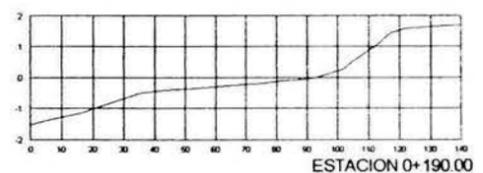
ESTACION 0+280.00



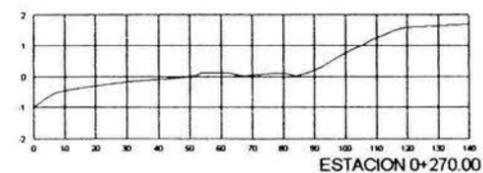
ESTACION 0+030.00



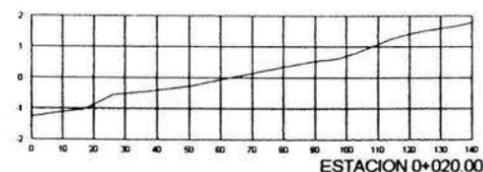
ESTACION 0+110.00



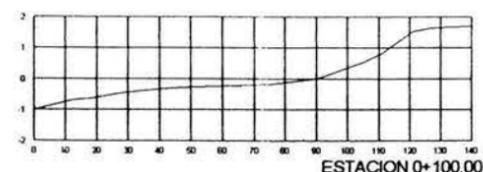
ESTACION 0+190.00



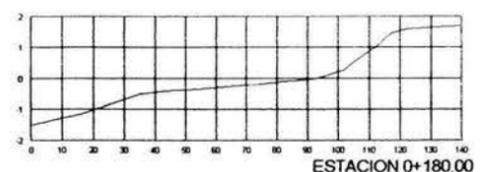
ESTACION 0+270.00



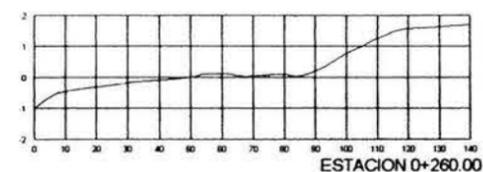
ESTACION 0+020.00



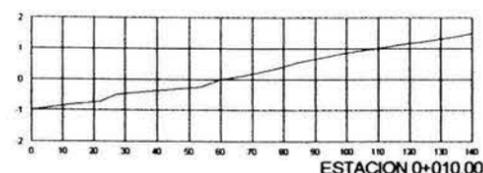
ESTACION 0+100.00



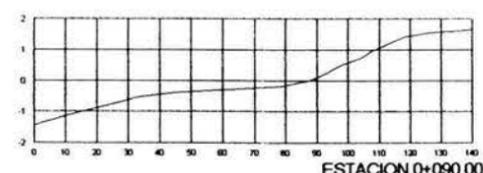
ESTACION 0+180.00



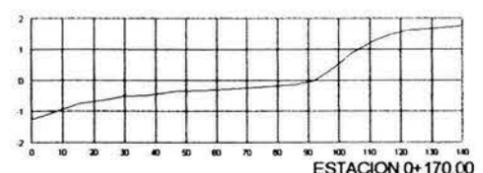
ESTACION 0+260.00



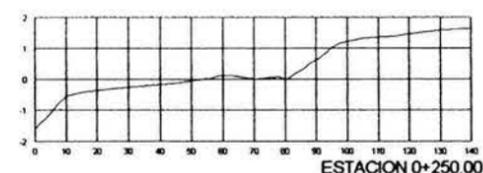
ESTACION 0+010.00



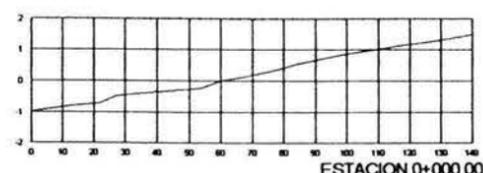
ESTACION 0+090.00



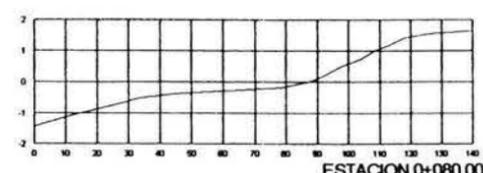
ESTACION 0+170.00



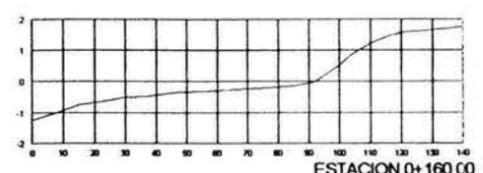
ESTACION 0+250.00



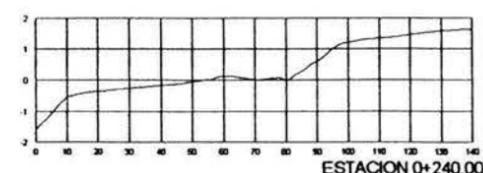
ESTACION 0+000.00



ESTACION 0+080.00



ESTACION 0+160.00



ESTACION 0+240.00



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BAHAMON MEDIO (Nivel)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CYCOMSA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS FIRMAS SE REALIZO
 CON O.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECDSONER
 TRAYECTORIA DE PERIF. CONTROL
 EL LEVANTAMIENTO ESTA USADO A LA REG.
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM PRO 84

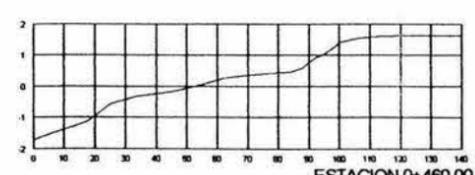
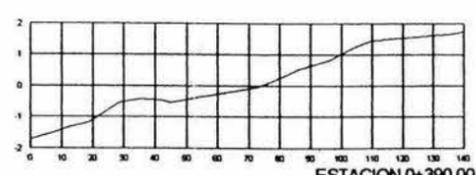
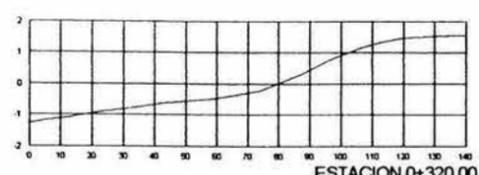
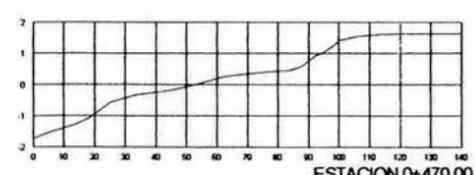
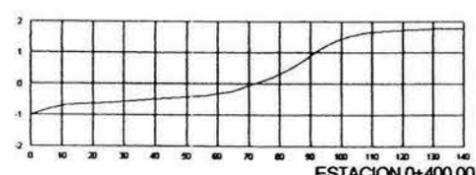
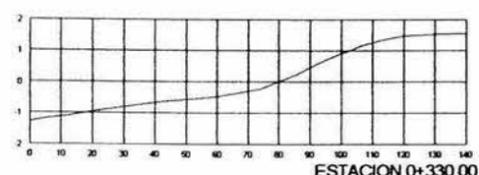
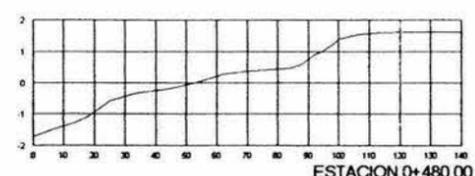
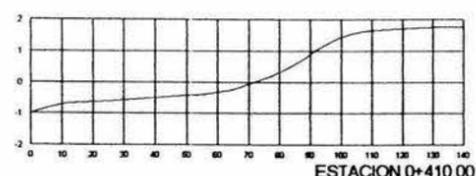
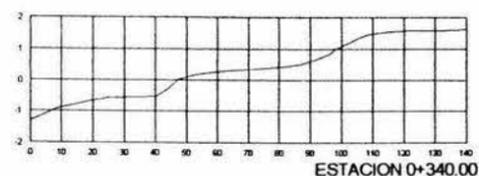
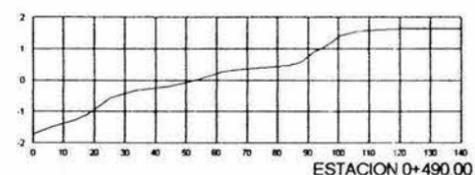
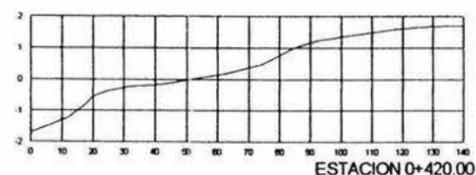
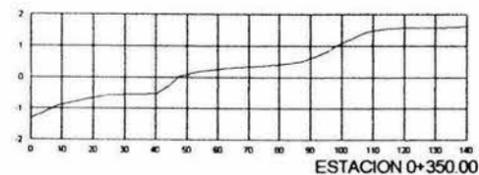
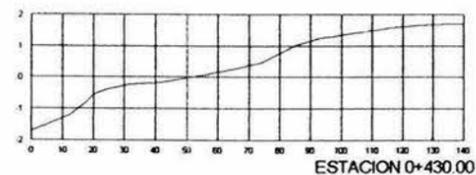
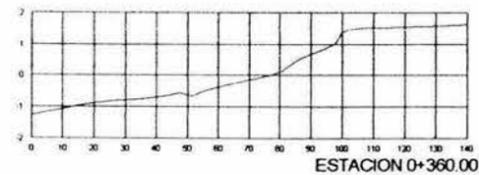
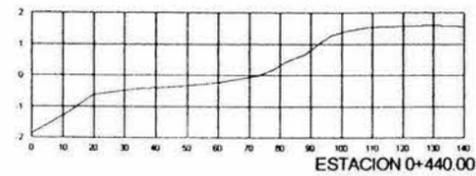
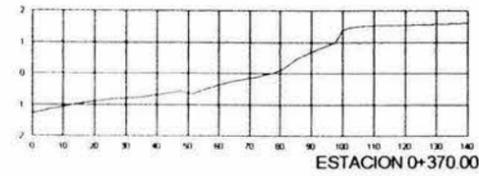
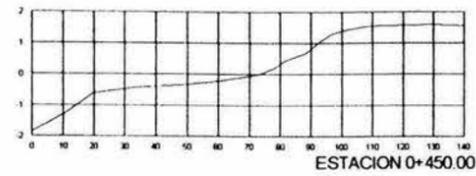
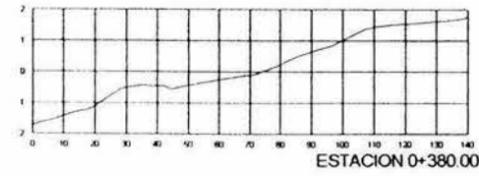
PUNTO DE REFERENCIA OPS
 VER PLANTA DE SECCIONES EN PLANO LIECIE-2



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA ORIENTE
 OTRAS METROS
 ESCALA 1:1000
 FECHA: OCTUBRE 2002
 PLANO No. LIEC-01-HE-8A
 1 DE 2



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BAJARAJ MEDIO (N.M.B.)
 LA BATIMETRIA DE OBRAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMETRICO DE
 CYCOMSA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLASAS SE REALIZO
 CON O.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA
 NAVTECH ONES PERFIL CONTINUO
 EL LEVANTAMIENTO ESTA USANDO LA RED
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84

PLANTO DE REFERENCIA GPS
 VER PLANTA DE SECCIONES EN PLANO LLECC-01-E-08



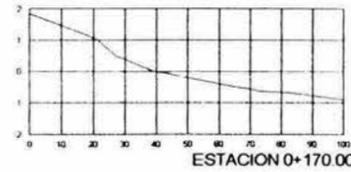
TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



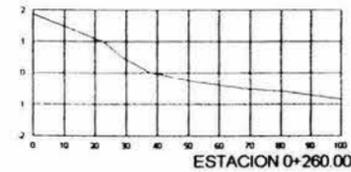
LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA ORIENTE
 OBTEN: METROS
 ESCALA X 1:500
 Y 1:100
 FECHA: OCTUBRE 2002
 PLANO No. LLECC-01-E-08
 2 DE 2



ESTACION 0+080.00



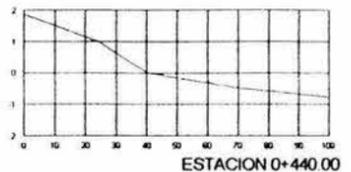
ESTACION 0+170.00



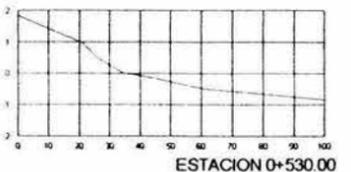
ESTACION 0+260.00



ESTACION 0+350.00



ESTACION 0+440.00



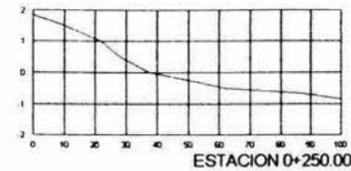
ESTACION 0+530.00



ESTACION 0+070.00



ESTACION 0+160.00



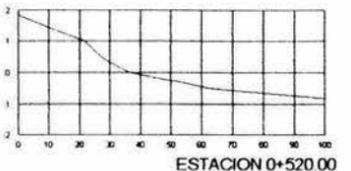
ESTACION 0+250.00



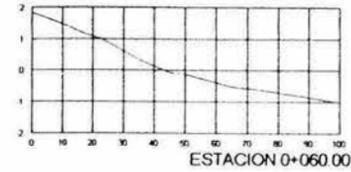
ESTACION 0+340.00



ESTACION 0+430.00



ESTACION 0+520.00



ESTACION 0+060.00



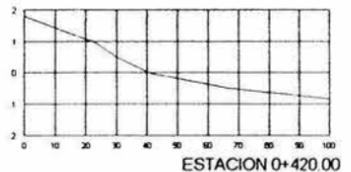
ESTACION 0+150.00



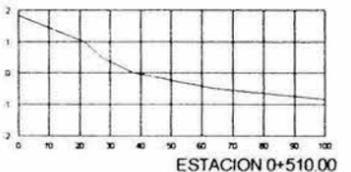
ESTACION 0+240.00



ESTACION 0+330.00



ESTACION 0+420.00



ESTACION 0+510.00



ESTACION 0+050.00



ESTACION 0+140.00



ESTACION 0+230.00



ESTACION 0+320.00



ESTACION 0+410.00



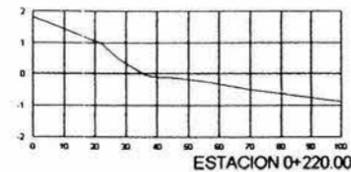
ESTACION 0+500.00



ESTACION 0+040.00



ESTACION 0+130.00



ESTACION 0+220.00



ESTACION 0+310.00



ESTACION 0+400.00



ESTACION 0+490.00



ESTACION 0+030.00



ESTACION 0+120.00



ESTACION 0+210.00



ESTACION 0+300.00



ESTACION 0+390.00



ESTACION 0+480.00



ESTACION 0+020.00



ESTACION 0+110.00



ESTACION 0+200.00



ESTACION 0+290.00



ESTACION 0+380.00



ESTACION 0+470.00



ESTACION 0+010.00



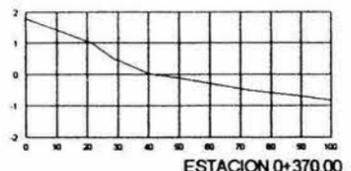
ESTACION 0+100.00



ESTACION 0+190.00



ESTACION 0+280.00



ESTACION 0+370.00



ESTACION 0+460.00



ESTACION 0+000.00



ESTACION 0+090.00



ESTACION 0+180.00



ESTACION 0+270.00



ESTACION 0+360.00



ESTACION 0+450.00



NOTAS:
DIMENSIONES EN METROS
ELEVACIONES EN METROS REFERENCIAS AL NIVEL
BAJAMAR MEDIO (N.M.M.)
LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
CYONBA OCTUBRE 2002
LA LOCALIZACION DE LAS PUNAS SE REALIZO
CON U.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDA
MAYORACION DE PERFIL CONTROLADO
EL LEVANTAMIENTO ESTA USADO A LA RED
ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84



TESIS PROFESIONAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ROBERTO PAZ GARCÍA

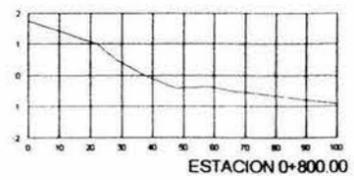
FACULTAD DE INGENIERÍA
LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA PONIENTE
COPIE METROS
EBOVA 1:1000
VOR 1:100
LH-01-E-7A
FECHA: OCTUBRE 2002
PLANO No. 1 DE 2



ESTACION 0+620.00



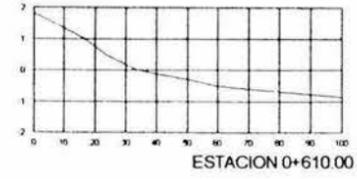
ESTACION 0+710.00



ESTACION 0+800.00



ESTACION 0+890.00



ESTACION 0+610.00



ESTACION 0+700.00



ESTACION 0+790.00



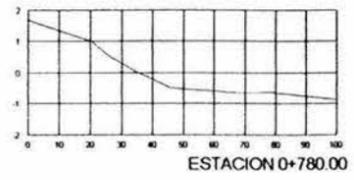
ESTACION 0+880.00



ESTACION 0+600.00



ESTACION 0+690.00



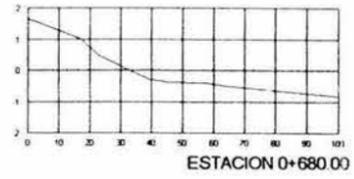
ESTACION 0+780.00



ESTACION 0+870.00



ESTACION 0+590.00



ESTACION 0+680.00



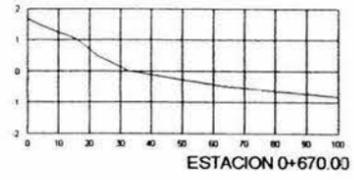
ESTACION 0+770.00



ESTACION 0+860.00



ESTACION 0+580.00



ESTACION 0+670.00



ESTACION 0+760.00



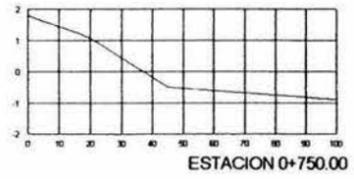
ESTACION 0+850.00



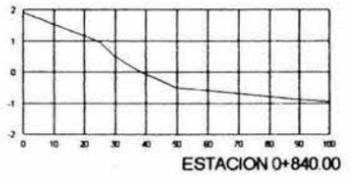
ESTACION 0+570.00



ESTACION 0+660.00



ESTACION 0+750.00



ESTACION 0+840.00



ESTACION 0+560.00



ESTACION 0+650.00



ESTACION 0+740.00



ESTACION 0+830.00



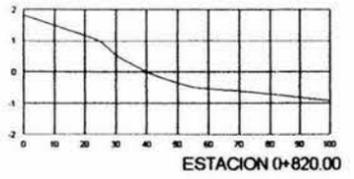
ESTACION 0+550.00



ESTACION 0+640.00



ESTACION 0+730.00



ESTACION 0+820.00



ESTACION 0+540.00



ESTACION 0+630.00



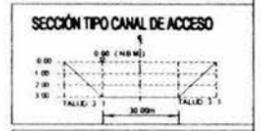
ESTACION 0+720.00



ESTACION 0+810.00



ESTACION 0+900.00



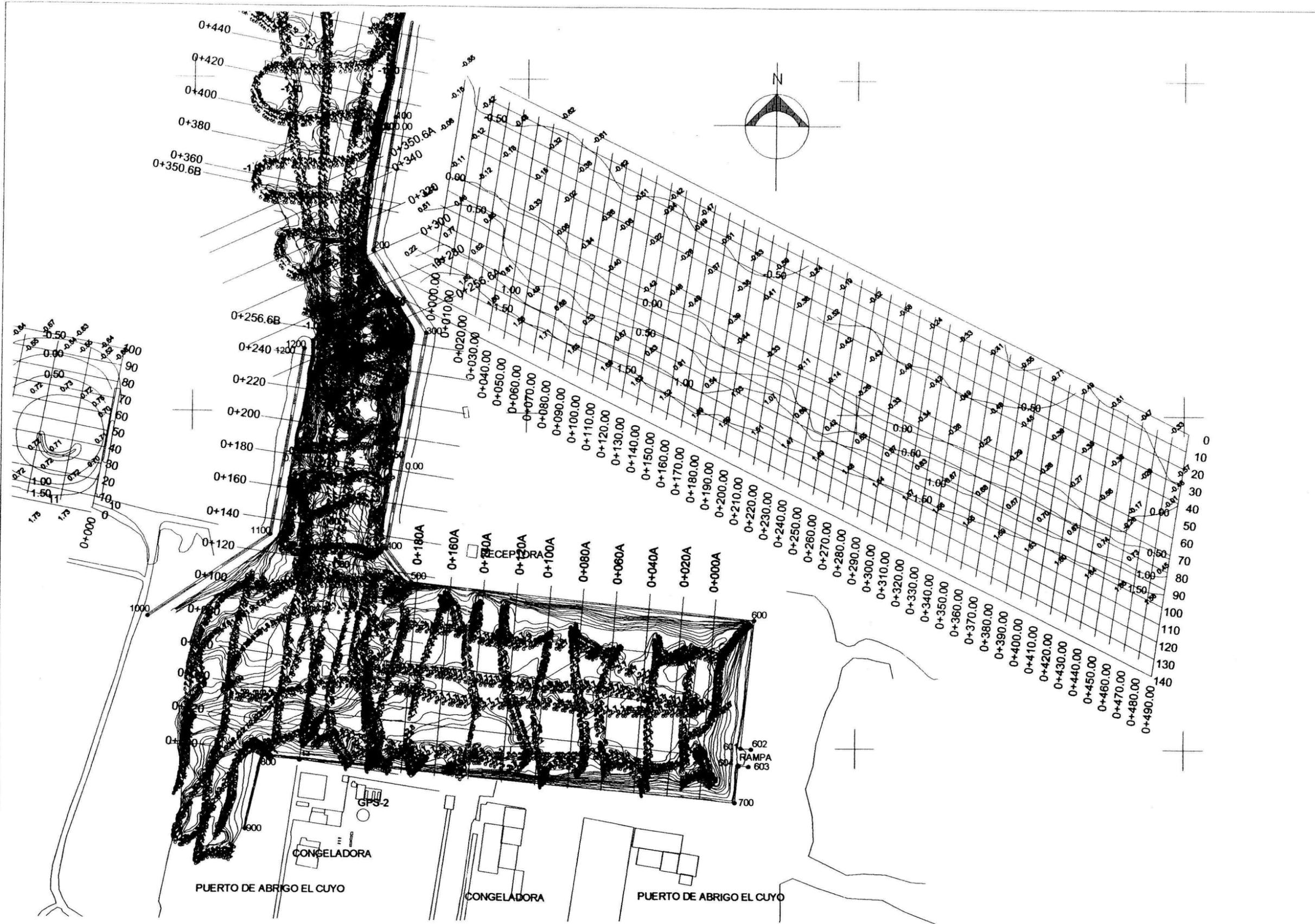
NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REDONDOS AL NIVEL
 BALANAR MEDA (P.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CYCOMSA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLANAS SE REALIZO
 CON UN NIVEL DE LA BATIMETRIA CON ESCALA
 1:500 Y UN TIRANTE DE PUNTO CONTROLADO
 EL LEVANTAMIENTO ESTA LOGADO A LA RED
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM 1985 M



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ROBERTO PAZ GARCIA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION INICIAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA PONIENTE
 OTRAS METROS
 ESCALA POR 1:500
 VER 1:500
 FECHA: OCTUBRE 2002
 PLANO No. 2 DE 2
 LHEC-01-IE-78



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BAHAMAR MEDIA (B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CYONISA OCTUBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS FIRMAS SE REALIZO
 CON O.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECONOMERA
 RAYTHEON DE PERFIL CONTROL
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED
 ACTIVA DEL RIESG CON DATUM WGS 84

SIMBOLOGIA:
 --- E.E. DE CANAL DE ACCESO Y DISEÑO

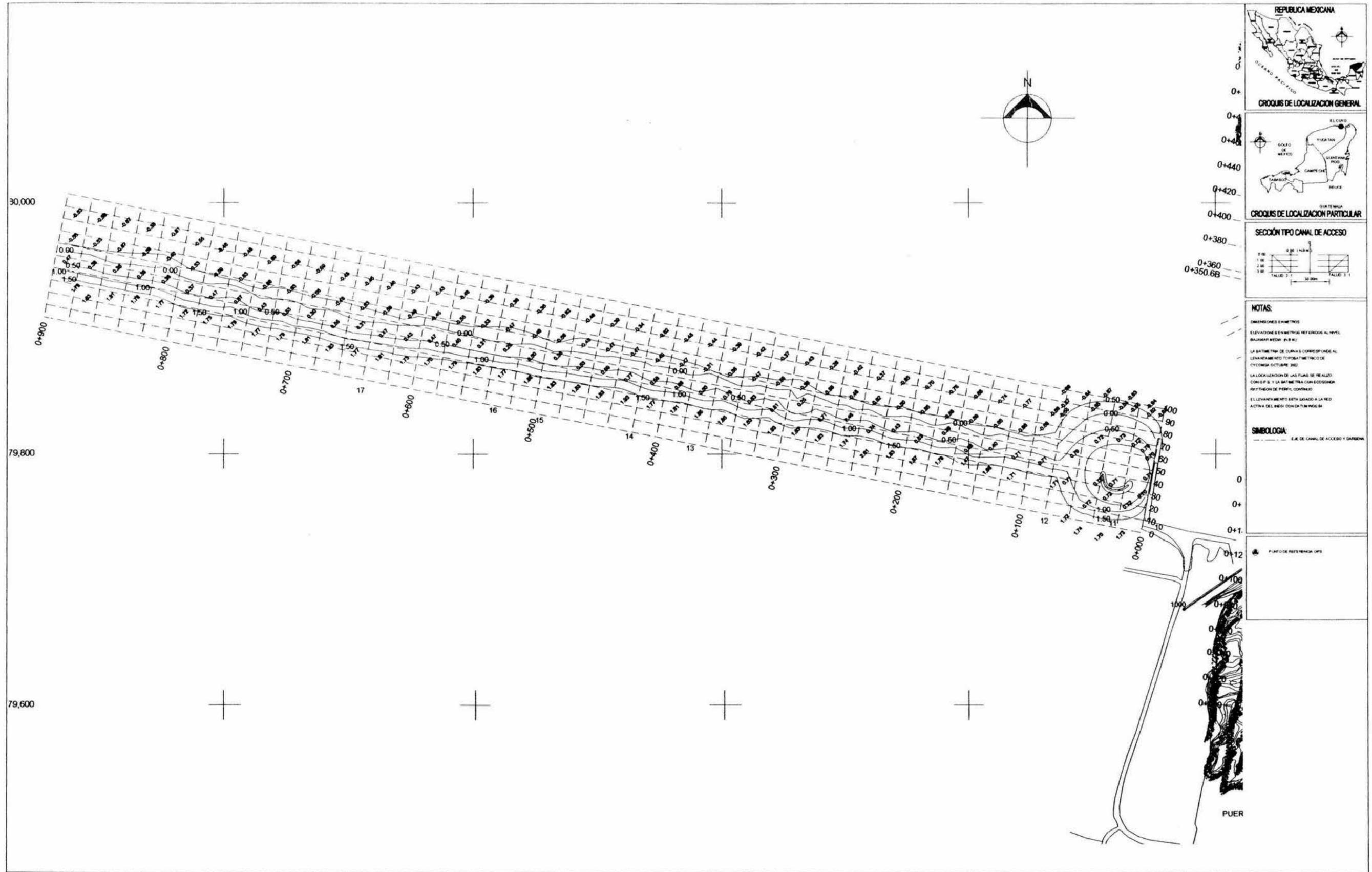
● PUNTO DE REFERENCIA GPS



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION FINAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
PLANTA PLAYA ORIENTE
 COTAR METROS
 ESCALA 1:100
 FECHA: DICIEMBRE 2002
 PLANO No. 1 DE 1



NOTAS:

- DIMENSIONES EN METROS
- ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL BAJAMAR MEDIA (N.B.M.)
- LA BATIMETRIA DE CURVA S CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO METRICO DE OCTUBRE 2002
- LA LOCALIZACION DE LAS PLANTAS SE REALIZO CON GPS Y LA BATIMETRIA CON ECOSONAR (MAYOR DE PERIMETRO, CONTINUA)
- EL LEVANTAMIENTO ESTA LOGADO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM NAD 83

SIMBOLOGIA:

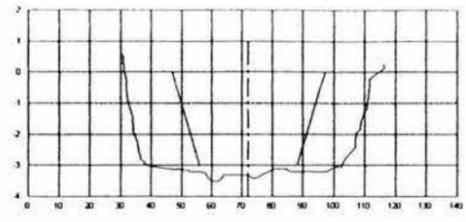
- EJE DE CANAL DE ACCESO Y DARSENA

● PUNTO DE REFERENCIA GPS

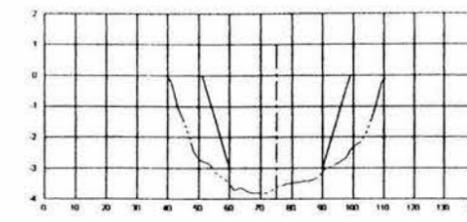


TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

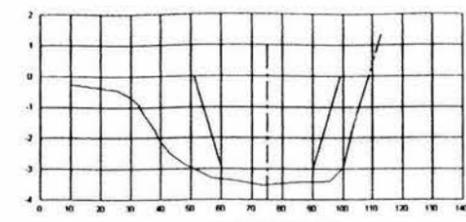
FACULTAD DE INGENIERÍA
 LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION FINAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
PLANTA PLAYA PONIENTE
 CODIGO: METROS
 ESCALA: 1:200
 LFE-01-3
 FECHA: DICIEMBRE 2002
 PLANO No. 1 DE 1



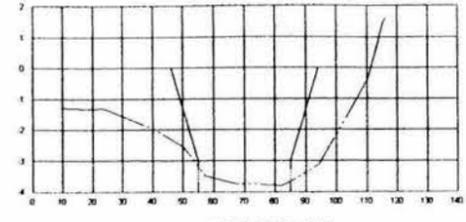
SECCION 0+100



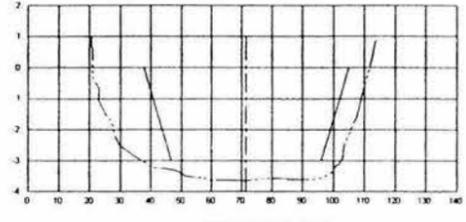
SECCION 0+220



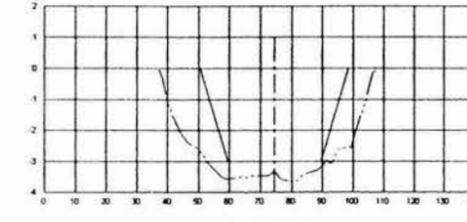
SECCION 0+320



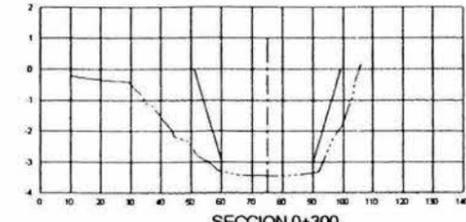
SECCION 0+400



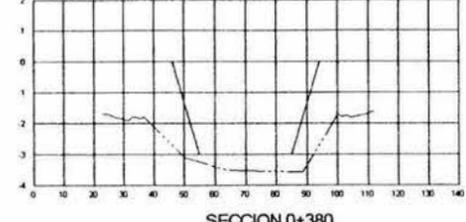
SECCION 0+080



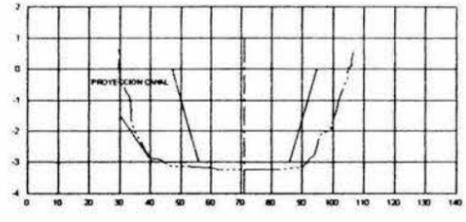
SECCION 0+200



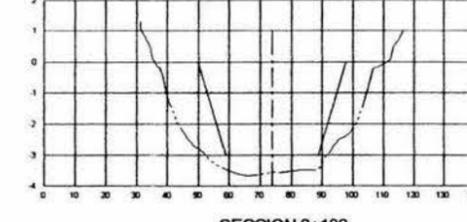
SECCION 0+300



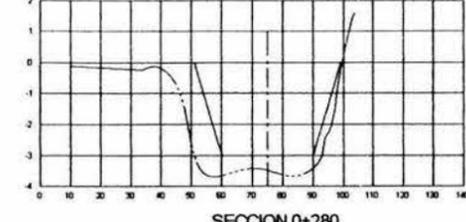
SECCION 0+380



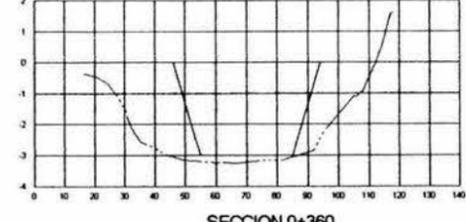
SECCION 0+060



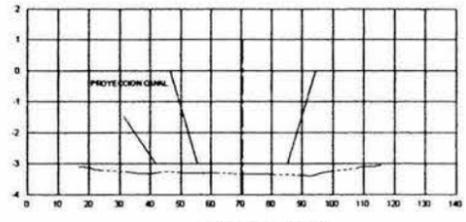
SECCION 0+180



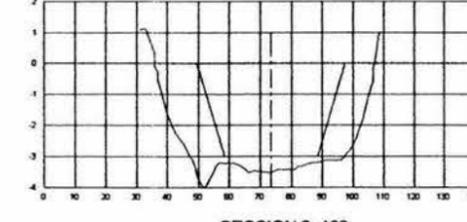
SECCION 0+280



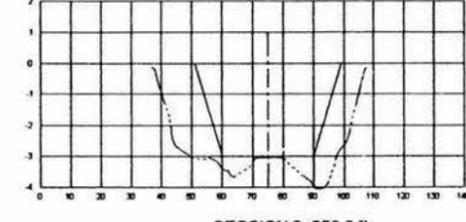
SECCION 0+360



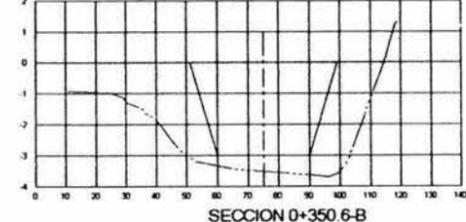
SECCION 0+040



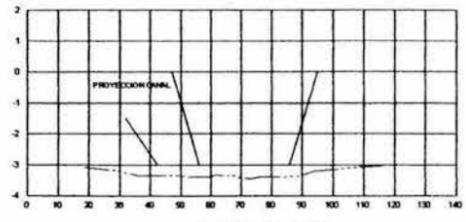
SECCION 0+160



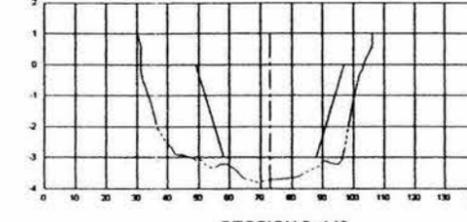
SECCION 0+256.6-B



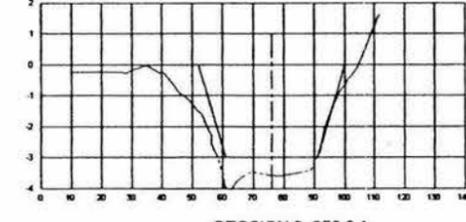
SECCION 0+350.6-B



SECCION 0+020



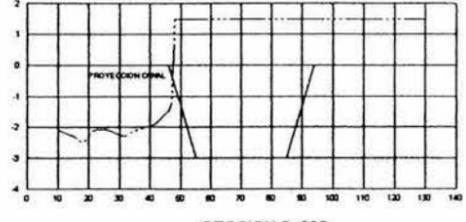
SECCION 0+140



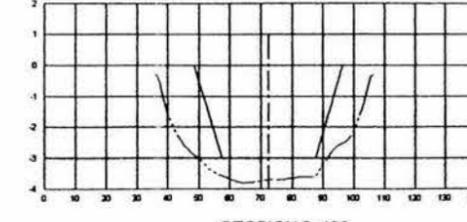
SECCION 0+256.6-A



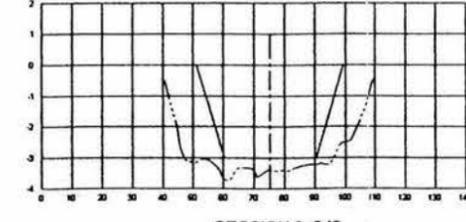
SECCION 0+350.6-A



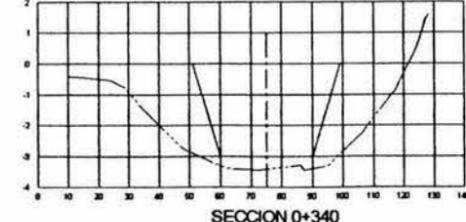
SECCION 0+000



SECCION 0+120



SECCION 0+240



SECCION 0+340



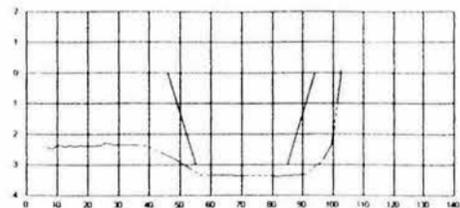
NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL BAJAJAR MEDIO (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CYCONSA DICIEMBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS FLUJAS SE REALIZO CON G.P.S. Y LA BATIMETRIA CON ECOSONDIA METODICO DE PERFIL CONTROL
 EL ORIENTAMIENTO ESTÁ LEJADO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84

SIMBOLOGIA:
 --- E.L.E. DE CANAL DE ACCESO

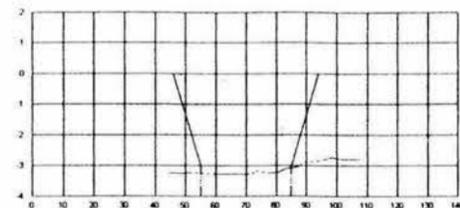


TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

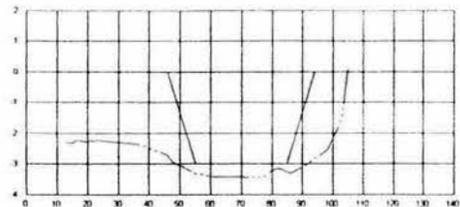
FACULTAD DE INGENIERÍA
 LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION FINAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN.
SECCIONES CANAL
 COPIA METROS
 SERIA NO. 1/200
 VER. 1/200
 L.F.-EC-01-4
 FECHA: DICIEMBRE 2002
 FOLIO No. 1 DE 7



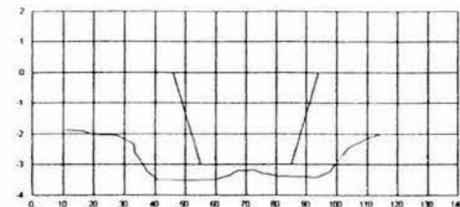
SECCION 0+500



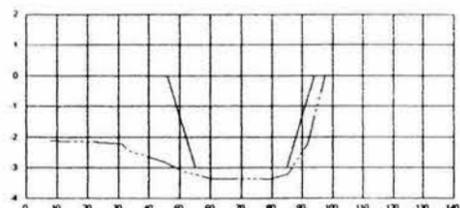
SECCION 0+600



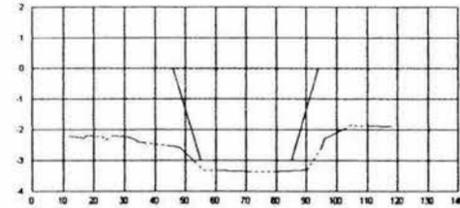
SECCION 0+480



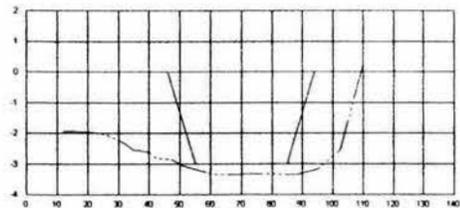
SECCION 0+580



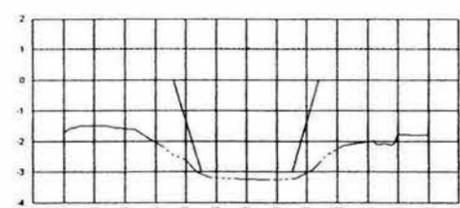
SECCION 0+460



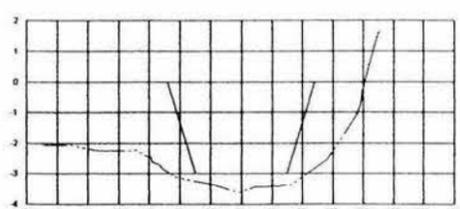
SECCION 0+560



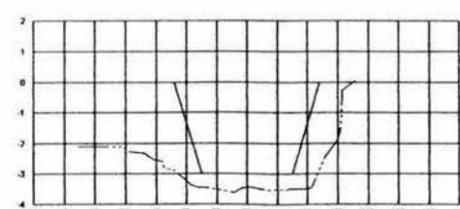
SECCION 0+440



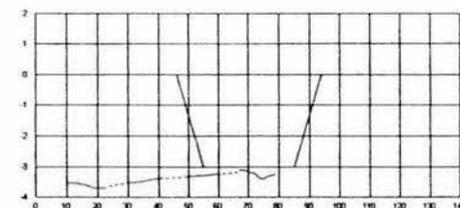
SECCION 0+540



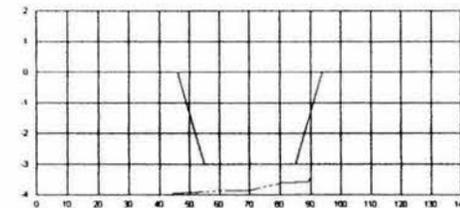
SECCION 0+420



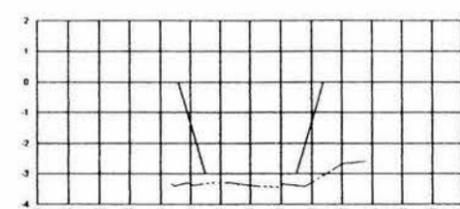
SECCION 0+520



SECCION 0+660



SECCION 0+640



SECCION 0+620



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL BALANZO MEDIO (N.M.B.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE CYCLOSA DE ABRIL 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS FILAS SE REALIZO CON O.P. 5 Y LA BATIMETRIA CON ECCOSONAR
 BATIMETRIA DE SUPERFICIE CORRIENTE
 EL CANTON VERTICAL SE ENLACE CON ELEVACION Y SE HIZO EN EL LEVANTAMIENTO ESTE UNIDO A LA RED ACTIVA DEL INEGI CON DATUM 1988 M

SIMBOLOGIA:
 --- S.E. DE CANAL DE ACCESO



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA		LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE VERIFICACIÓN FINAL EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATÁN	
SECCIONES CANAL		FECHA: DICIEMBRE 2002	
ESCALA: HORIZ. 1:500	METROS	LF-EC-01-4A	PLANO No. 2 DE 2



CROQUIS DE LOCALIZACION GENERAL

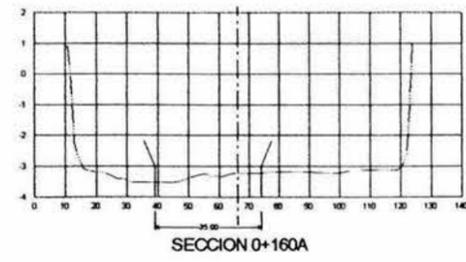
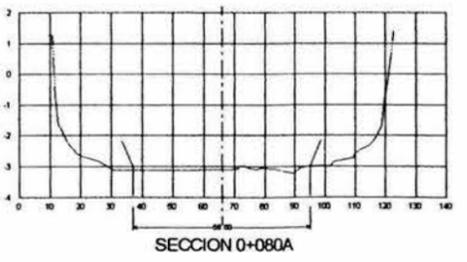
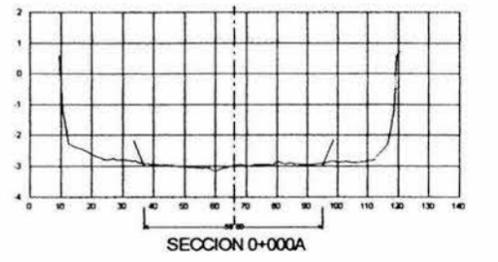
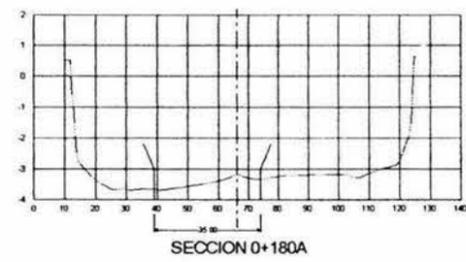
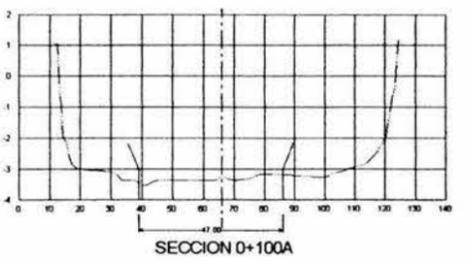
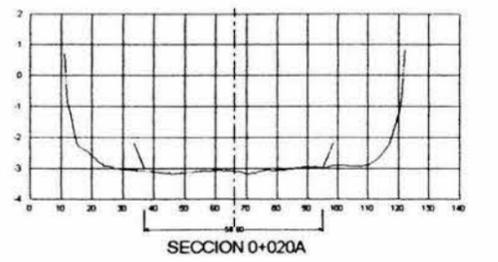
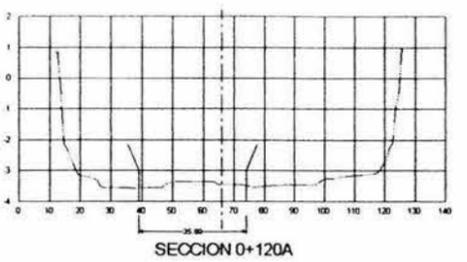
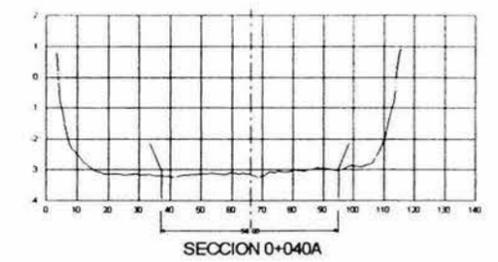
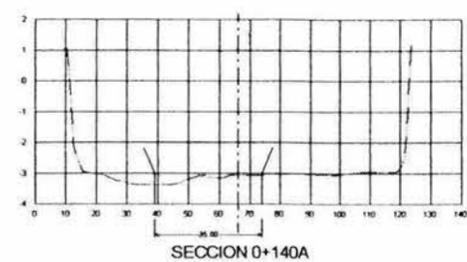
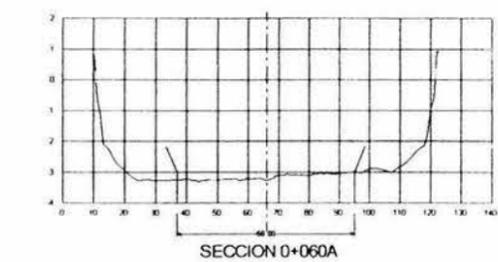


CROQUIS DE LOCALIZACION PARTICULAR



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BARRIDO MEDIO (M.D.M.)
 LA BATIMETRIA DE CANALES CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CYCLOGRAFIA DICIEMBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS FLUJAS DE REALITO
 CON D.P. Y LA BATIMETRIA CON ESTACIONES
 MAYOR DE FONDO CONTINUA
 EL ORIENTAMIENTO ES CON ELEVACIONES EN METROS
 EL LEVANTAMIENTO ESTA USANDO LA RED
 ACTIVA DEL MEDIO CON DATUM TMSM

SIMBOLOGIA:
 EJE DE CORRIENTE



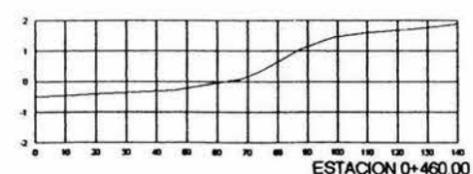
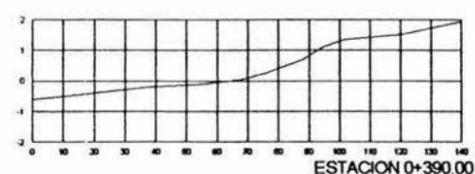
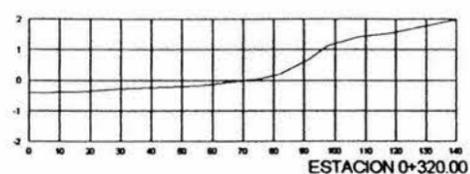
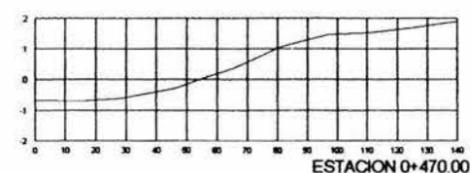
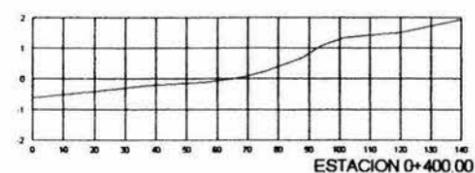
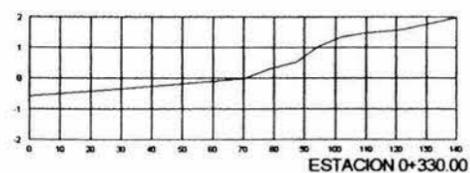
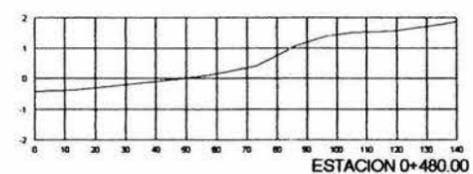
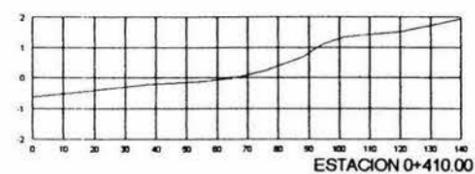
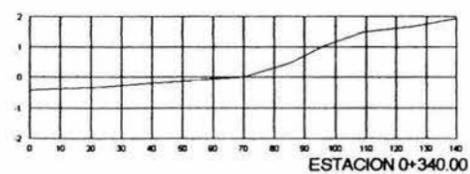
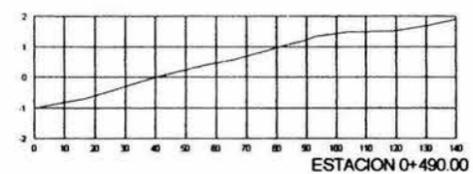
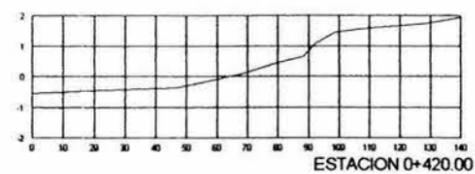
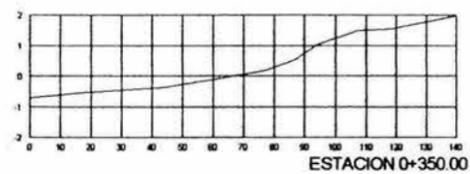
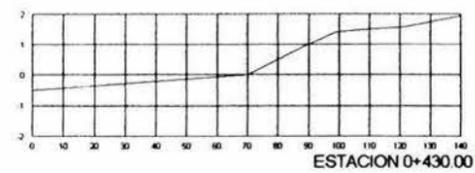
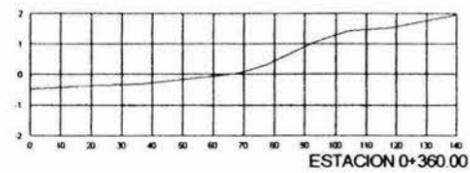
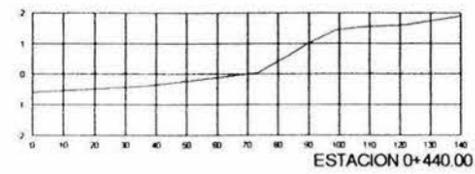
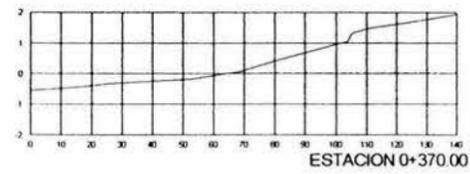
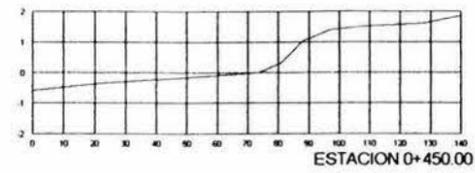
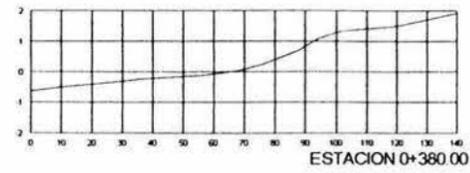
TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION FINAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN

SECCIONES DARSENA

COTAS METROS ESCALA 1:500 FECHA DICIEMBRE 2002
 VER. 1:500 PLANO No. 1 DE 1



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BARRANCO NEGRO (B.B.N.)
 LA BATIMETRIA DE CURVAS CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CYCONSA DICIEMBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLAYAS SE REALIZO
 CON O.P.E. Y LA BATIMETRIA CON ECHOLOGIA
 BATIMETRICA DE PROFUNDIDADES.
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM 1988 M



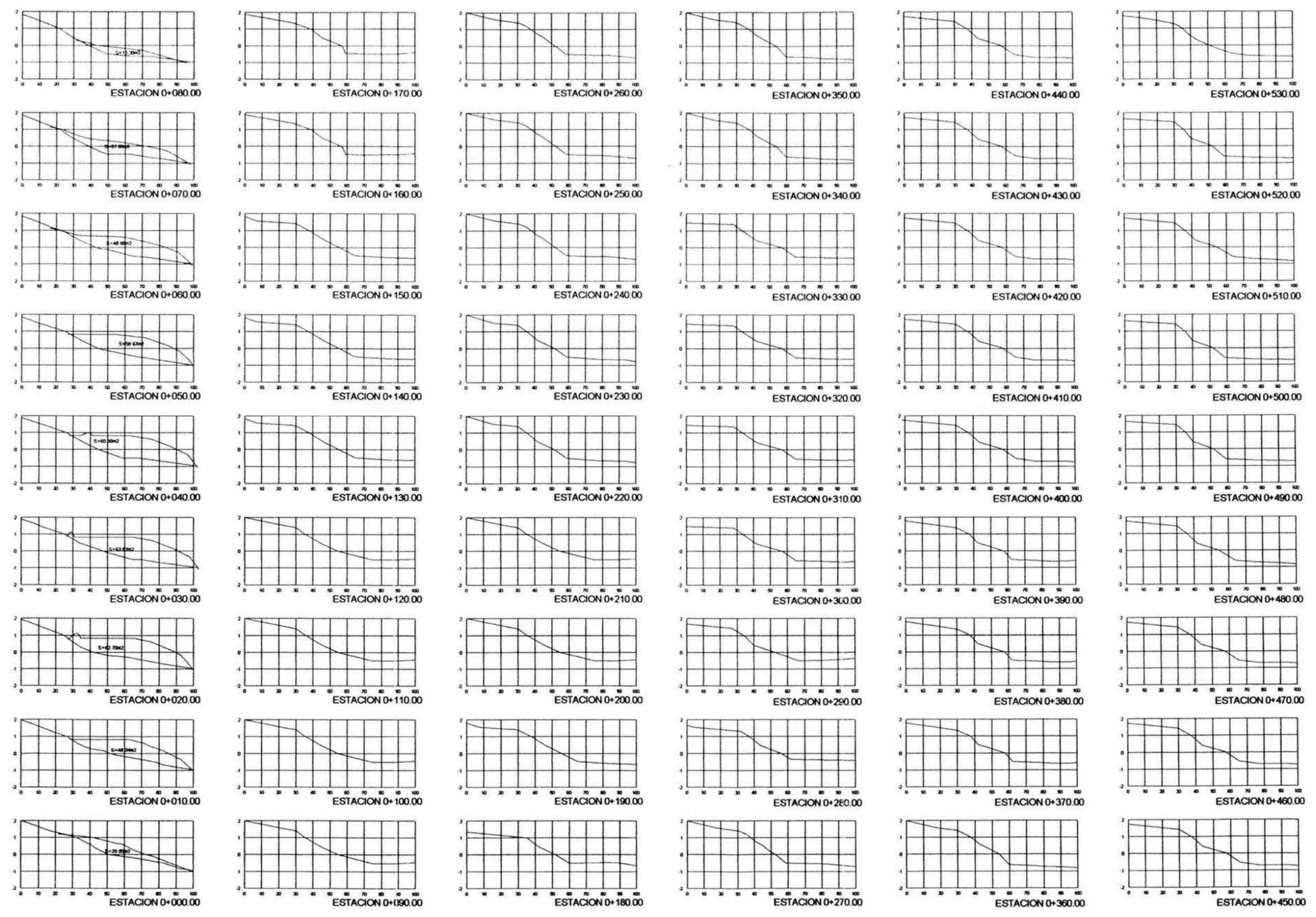
TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOHIDROGRAFICO DE VERIFICACION FINAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA ORIENTE
 COTAB. METROS
 ESCALA: HORIZ. 1:500
 VERT. 1:50
 L.F.-E.C.-01-08
 FECHA: DICIEMBRE 2002
 PLANO No. 2 DE 2



NOTAS:
 DIMENSIONES E NIVELES
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDOS AL NIVEL
 BAJAMAR MEDIA (N.B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CUENCA CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CYCONSA DICIEMBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS PLANAS DE REALIZO
 CON S.P. Y LA BATIMETRIA CON EQUISONCA
 BATIMETRIA DE PERLA CONTINUA
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM WGS 84



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



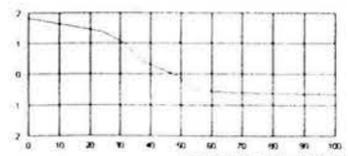
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE VERIFICACION FINAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATÁN

SECCIONES PLAYA PONIENTE

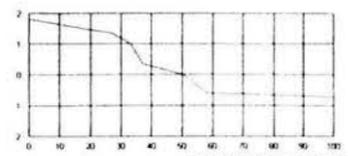
COTAS METROS
 ESCALA HOR: 1:300
 VER: 1:50

FECHA: DICIEMBRE 2002
 PLANO No. 1 DE 2

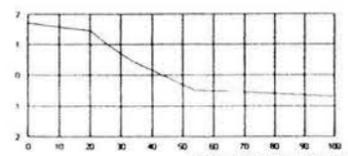
LF-EC-01-7A



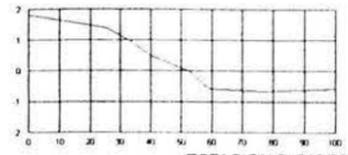
ESTACION 0+620.00



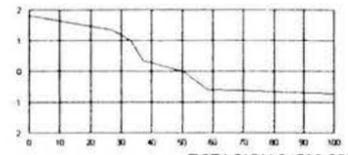
ESTACION 0+710.00



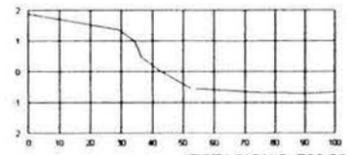
ESTACION 0+800.00



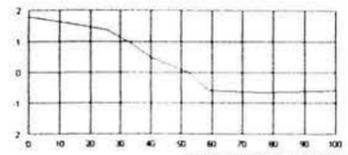
ESTACION 0+610.00



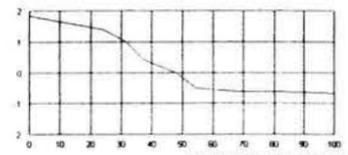
ESTACION 0+700.00



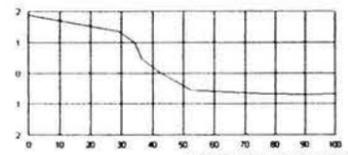
ESTACION 0+790.00



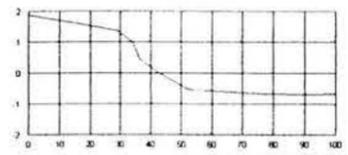
ESTACION 0+600.00



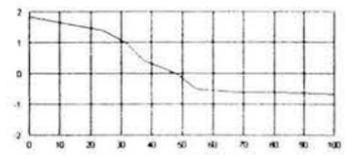
ESTACION 0+690.00



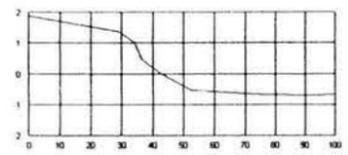
ESTACION 0+780.00



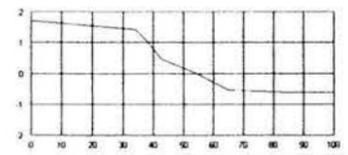
ESTACION 0+590.00



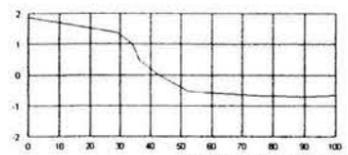
ESTACION 0+680.00



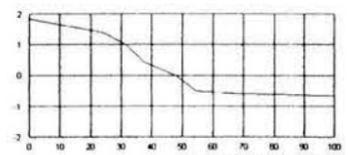
ESTACION 0+770.00



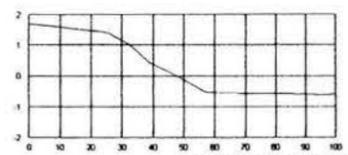
ESTACION 0+860.00



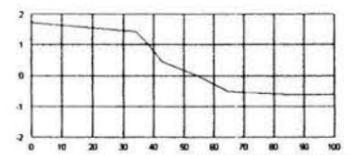
ESTACION 0+580.00



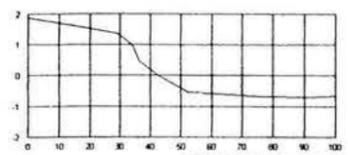
ESTACION 0+670.00



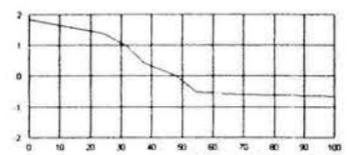
ESTACION 0+760.00



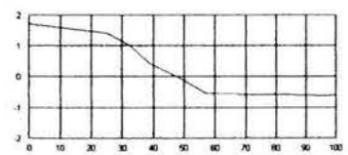
ESTACION 0+850.00



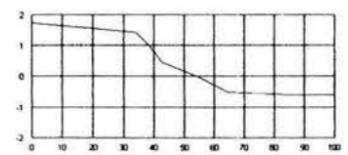
ESTACION 0+570.00



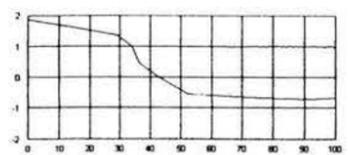
ESTACION 0+660.00



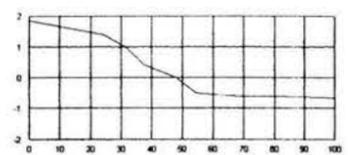
ESTACION 0+750.00



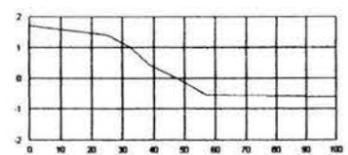
ESTACION 0+840.00



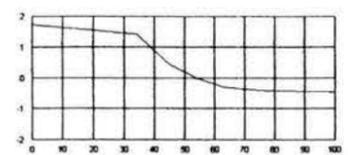
ESTACION 0+560.00



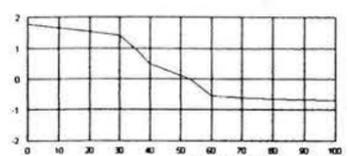
ESTACION 0+650.00



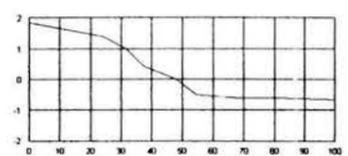
ESTACION 0+740.00



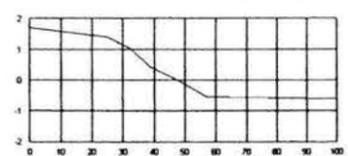
ESTACION 0+830.00



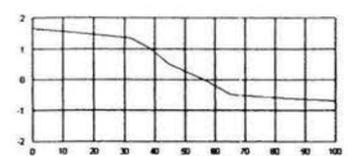
ESTACION 0+550.00



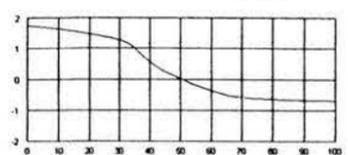
ESTACION 0+640.00



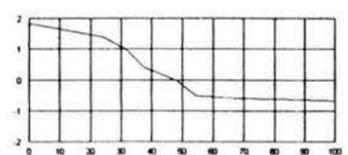
ESTACION 0+730.00



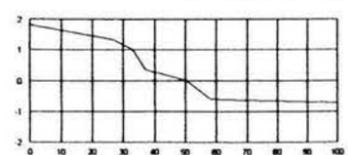
ESTACION 0+820.00



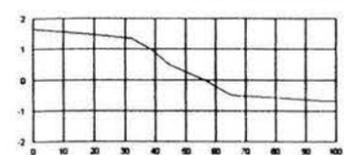
ESTACION 0+540.00



ESTACION 0+630.00



ESTACION 0+720.00



ESTACION 0+810.00



NOTAS:
 DIMENSIONES EN METROS
 ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL
 BALANAR MEDIO (B.M.)
 LA BATIMETRIA DE CUENCA CORRESPONDE AL
 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE
 CYLONISA DICIEMBRE 2002
 LA LOCALIZACION DE LAS FOLIAS SE REALIZO
 CON EL P.E. Y LA BATIMETRIA CON FIGONER
 PARA TRAZADO DE PERFILES LONGITUDINALES
 EL LEVANTAMIENTO ESTA UNIDO A LA RED
 ACTIVA DEL INEGI CON DATUM 1988.M



TESIS PROFESIONAL
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ROBERTO PAZ GARCÍA



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE VERIFICACION FINAL
 EN EL PUERTO PESQUERO DE EL CUYO, EN YUCATAN
SECCIONES PLAYA PONIENTE
 COTAS METROS
 ESCALA HORIZ. 1:500
 ESCALA VERT. 1:500
 FECHA: DICIEMBRE 2002
 PLANO No. LF-EC-01-7B
 2 DE 2

CONCLUSIONES

El dragado de mantenimiento en puertos tiene una gran importancia, ya que desempeña un papel primordial en el comercio y consecuentemente en el desarrollo de la región.

En la costa frente al sitio donde se ubica el Puerto de El Cuyo, la dirección del transporte litoral resultante se presenta de oriente a poniente, según pudo constatarse observando el puerto existente en los que el área de azolve se localiza al oriente de las escolleras y la erosión al poniente de éstas.

La invasión de la arena al canal de acceso, por la orientación que va adquiriendo la playa por efecto de la refracción que forma la disposición de las escolleras, permite disminuir en cierta forma el transporte litoral y por tanto alarga la vida útil de las obras. Sin embargo, es necesario llevar un registro de profundidades para conocer, tanto en el canal de acceso como en la dársena, los posibles azolves a dragar y mantener las profundidades de proyecto, es decir el calado oficial del puerto.

En lo que se refiere a la supervisión de apoyo para el control de las obras de dragado, se contó con un técnico ambiental que dio seguimiento y preparó los informes correspondientes sujetándose a los oficios resolutivos emitidos por la SEMARNAT, a las modificaciones y aclaraciones de los proyectos, a las manifestaciones de impacto ambiental, conforme a lo que se establece en la normatividad del Medio Ambiente y demás ordenamientos y reglamentación aplicable, verificó que se cumplieran con los requerimientos, en aspecto ambiental, Técnico - Administrativos en la ejecución de la obra, de los estudios requeridos, así como del cumplimiento de los términos y condicionantes del puerto, entregando las carpetas en original y copia que contienen los resultados de los estudios de sondeo para determinar la profundidad de la capa de caliche costera, los acuses de recibo de los estudios de sondeo de las autoridades competentes, los informes de seguimiento y vigilancia del cumplimiento de términos y condicionantes así como los resultados de los diversos análisis físicos, químicos y biológicos de agua y sedimento.

Se verificaron las actividades del contratista de obra, teniendo en cuenta que no se tiene la autoridad para que en las mismas, se dictamine y ordene procedimientos y/o técnicas, ya que la función es la de observar que se cumplan con las condiciones contractuales de éste y que se apeguen al procedimiento operativo convenido.

Se vigiló que el depósito de material de la excavación y el retiro de material de las zonas adyacentes al rompeolas Oriente del puerto de El Cuyo, se realizaron en el lugar autorizado para este propósito, presentando los informes semanales detallados de la obra de excavación con su correspondiente reporte fotográfico, los comentarios y la evaluación de la ejecución de la misma.

Se verificaron los señalamientos y equipo necesarios para garantizar la seguridad de las personas durante la realización de los trabajos encomendados, se elaboraron los programas de obra de avance físico; financiero, gráfico y general, así como la revisión de la reprogramación con sus correspondientes soportes para someterlos a la autorización de la Dirección de Dragado.

Se generó juntas con el contratista de la obra para analizar el avance de los trabajos de dragado, excavación, retiro de material y de los rellenos, así como de los problemas que se presentaron como para su análisis de alternativas de solución.

Para los casos de los problemas de erosión en los puertos pesqueros, se considera que la prolongación de las escolleras para retener el material de transporte litoral y evitar el azolve de los canales de acceso no es la solución óptima, ya que con el incremento de su longitud y como se ha visto a través del tiempo, la estructura nunca será suficiente para continuar reteniendo material; además de continuar con ésta acción, los problemas de erosión al poniente de ellas se agravará aún más. Siempre será preferible efectuar dragados de mantenimiento y seguir el sistema de "by-pass" donde sea posible.

En términos generales se desarrolló de manera satisfactoria y viable tanto en los aspectos fundamentales como levantamientos batimétricos iniciales y finales mismos en los que se utilizaron como comparativo para cuantificar los volúmenes dragados por lo tanto para fines de pago del monto total generado, el plan de operaciones de dragado coordinado entre la empresa dragadora y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para llevar de una manera fluida y eficaz todas aquellas operaciones concernientes a la extracción acarreo y descarga en la zona de tiro programado con anticipación.

En resumen el desarrollo de la obra concluye con un 95% bajo la cota -3.00 metros, con un volumen total de sedimentos de $38,147.23 \text{ m}^3$.

Lavalle Argudin Mario. Manual de Dragado
Secretaría de Marina México 1973

Bulletin of the Permanent International Association
Of Navigation Congresses
Permanent International Association of Navigation Congresses
1991 No. 75

Dragado y Mejoramiento Ambiental
Sesión Técnica Internacional 93
Western Dredging Association

Ingeniería Marítima y Portuaria
Editorial AlfaOmega
México 1999

Catastro Portuario 2001
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Coordinación General de Puertos y Marina Mercante