

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

E.A.P. DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

**Proyecto de dragado para la rehabilitación del terminal
fluvial de la ciudad de Iquitos**

TESIS

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos

AUTOR

José Rosendo Paredes Bravo

Lima – Perú

2004

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

CAPITULO II ANTECEDENTES HISTÓRICOS

CAPITULO III HIDRÁULICA FLUVIAL DEL RIO AMAZONAS

CAPITULO IV DISEÑO DEL CANAL A SER DRAGADO

CAPITULO V SELECCIÓN DE LA DRAGA

CAPITULO VI CONCLUSIONES

CAPITULO VII RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

AGRADECIMIENTO

Deseo Expresar mi profundo agradecimiento a la Dirección de Hidrografía y Navegación y en particularmente al Servicio de Hidrografía y Navegación de la Amazonía, en la persona de su Director el Contralmirante Carlos Gamarra Elías, por darle gran importancia a los estudios hidrográficos de los ríos de la Amazonía y por brindarme facilidades extraordinarias para hacer posible mi titulación.

Asimismo, agradezco a mis amigos y colegas los Ingenieros Mecánicos de Fluidos Jorge Gastelo Villanueva y Martín Villamonte, por el asesoramiento brindado para el desarrollo del presente estudio.

Finalmente, agradezco a mi hermana Mirtha y a su esposo Ovidio, quienes desde un primer momento me apoyaron desinteresadamente para el logro de este objetivo.

RESUMEN

En la introducción del presente estudio se dan a conocer las características principales de los ríos de nuestra Selva Baja, pendiente hidráulica, caudales, fluctuación del espejo de agua, navegabilidad, dinámica fluvial y morfología.

En el Capítulo II se da a conocer algunos datos antiguos del río Amazonas en el sector donde actualmente se encuentra la ciudad de Iquitos, solo existen crónicas que datan del año 1761. Luego se presentan y describen diversas configuraciones que fue tomando el río desde el año 1948 hasta el pasado año 2001.

Como producto de estos cambios de configuración, el río Amazonas ha terminado alejándose de la ciudad de Iquitos, dejando frente a esta una laguna con un canal de ingreso a ella insuficiente para el tránsito de embarcaciones de alto bordo con calados que superen los 20 pies en épocas de avenidas y 6 pies en épocas de estiaje.

Asimismo, se da a conocer la situación actual, la manera como la erosión causada por el río Amazonas se desplaza en dirección de la ribera donde se encuentra la Base Naval de Iquitos, la que se encuentra 8 kilómetros aguas abajo de ésta.

En el Capítulo III, se da a conocer las principales características hidráulicas del río Amazonas en las cercanías de la ciudad de Iquitos, se pronostica una configuración futura y se demuestra que actualmente el sector que se propone

dragar posee estabilidad y permanencia suficientes para garantizar un dragado duradero.

En el Capítulo IV, se dan a conocer algunos dragados de menor cuantía realizados por encargo de ENAPU S.A. en el canal de ingreso a la bahía de Iquitos y los resultados obtenidos. También, se expone la justificación del proyecto.

Asimismo, en este Capítulo se da a conocer la metodología empleada para llevar a cabo el levantamiento topográfico y batimétrico, para la elaboración del plano correspondiente, el mismo que ha sido usado para efectuar el cálculo de volúmenes de sólidos a dragarse; llegándose a establecer que éste debe ser aproximadamente de 1'700,000 m³, volumen con el cual se debe lograr dar acceso a naves de hasta 30 pies de calado cuando el nivel del río se encuentre por encima de la cota 111 m.s.n.m.m.

También en este Capítulo se exponen los criterios que se han tenido en consideración para el dimensionamiento del canal a dragarse.

Finalmente en el Capítulo V, se expone la conveniencia de usar una draga del tipo corte – succión para el trabajo que se piensa realizar; así como el cálculo de la potencia mínima que ella debe poseer para realizar el dragado en el lapso de siete meses contados a partir del mes de Mayo.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

1.1 La Amazonía Peruana

En nuestro país, la región Amazónica representa el 60% de la superficie total del territorio, se caracteriza por presentar terrenos relativamente bajos, cubiertos de densa vegetación, que son recorridos por innumerables cursos de agua, provenientes del deshielo de nevados andinos y de precipitaciones pluviales.

UBICACIÓN DEL PROYECTO



Figura N°1

En la Amazonía existen más de 10,000 Km. de cursos de agua susceptibles de ser navegados por embarcaciones de mediano calado.

1.2 Características de los Ríos de Selva Baja

En esta zona los ríos discurren en suelos aluviales en cauces de poca pendiente, en promedio 5×10^{-5} (5 cm. por kilómetro de longitud), y con caudales que tienen gran variación entre épocas de estiaje (vaciante) y las de avenida (creciente).

En el río Amazonas, los caudales medios en las cercanías de Iquitos fluctúan entre 10,000 y 40,000 m³/seg correspondientes a las épocas de vaciante y creciente respectivamente, habiéndose registrado valores mayores a 50,000 m³/seg en crecientes extremas y menores a 7,000 m³/seg en vaciantes igualmente extremas.

Los afluentes del Amazonas provenientes del Sur (Marañón, Ucayali, Huallaga, Yavarí, etc.) presentan una creciente entre Enero y Abril y una vaciante entre Agosto y Octubre, mientras que los afluentes que provienen de la zona ecuatorial (Napo, Putumayo, Tigre, Corrientes, Pastaza, etc.) presentan épocas de creciente entre Junio y Agosto, y época de vaciante entre Diciembre y Marzo.

La dinámica fluvial de los ríos de la Amazonía es muy intensa debido a las fuertes lluvias que alimentan sus cauces, así como la interacción con los estratos aluviales que conforman sus riberas y cauces, produciéndose el lavado y el transporte de grandes volúmenes de sedimentos, causando erosión y sedimentación permanente a lo largo de sus recorridos.

1.3 Períodos de Creciente o Avenidas

La capacidad erosiva del río aumenta debido al incremento del tirante y a la velocidad de la masa de agua; a mayor turbulencia mayor es el tamaño de las partículas de sedimentos que el agua arrastra, incrementándose la erosión en las riberas y en el lecho del río.

Sin embargo, se puede comprobar fácilmente que los mayores derrumbes de sus riberas se presentan al término de las crecientes, cuando el nivel del río disminuye rápidamente, las riberas quedan saturadas de agua la cual ejerce una presión de poros que las resquebraja desestabilizándolas para finalmente hacerlas caer.

1.4 Meandros

Una característica típica de los ríos Amazónicos es la presencia de cauces con gran cantidad de meandros y en algunos casos combinados con cauces trenzados, como es el caso del río Amazonas el cual presenta gran cantidad de curvas e islas durante su recorrido.

Los meandros constituyen la configuración sinuosa de un río con curvas en forma de “S”, aguas abajo y aguas arriba de los puntos de máxima inflexión de los meandros, formándose por lo general trechos relativamente rectos llamados “estirones”.

En los meandros, en aquellas partes de las riberas en donde la velocidad del flujo de agua es mayor, se produce la erosión del talud, mientras que en las riberas donde la velocidad del flujo es menor, se depositan los sedimentos en suspensión. Estos dos fenómenos traen como consecuencia la permanente evolución del cauce de estos ríos, produciendo el fenómeno de la migración de los meandros y/o la creación de lagunas (tipishcas).

PROCESO DE FORMACION DE UNA TIPISHCA

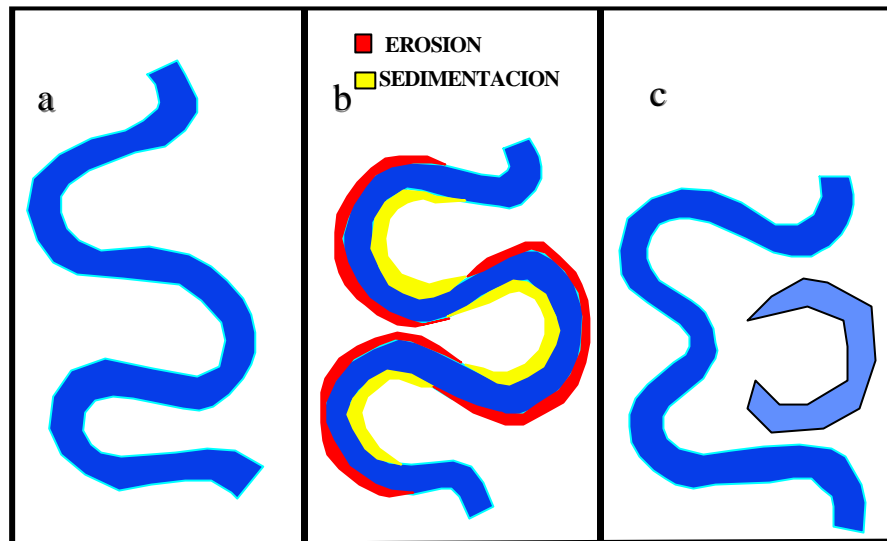


Figura N°2

Capítulo II

ANTECEDENTES HISTORICOS

2.1 Los Primeros Datos

Los cambios en la configuración del cauce del río Amazonas, y en especial la erosión de la margen izquierda del brazo occidental de dicho río que baña la ciudad de Iquitos, ha sido materia de permanente preocupación por los habitantes y autoridades de esta ciudad.

Los primeros informes que se tienen de la configuración del río Amazonas en el área de Iquitos, datan del año 1,761. Según relato del padre Jesuita Manuel Uriarte, en su libro "**DIARIO DE UN MISIONERO DE MAYNAS**" señala que para arribar al caserío de Iquitos se navegaba por el Marañón (Amazonas) hasta la boca del río Nanay, luego se surcaba este río hasta encontrar al Itaya (el cual no desembocaba en el Amazonas como ahora), a cuya margen izquierda se ubicaba el caserío de San Pablo de Nuevo Napianos (Iquitos). Esta información fue confirmada en 1,808 por Fray Hipólito de Rangel, Obispo de Maynas.

2.2 Situación del río en 1948

En 1948 se efectuó el primer levantamiento aerofotográfico del río en la zona de Iquitos, En él se aprecia como el brazo occidental del río Amazonas cambia de dirección al arribar a la ciudad, produciendo una erosión que llegó a causar en esa época una gran preocupación en la población, porque se pensó que la ribera de la ciudad no soportaría el embate del río.

En aquel entonces, el cabezo sur de la Isla Iquitos se situaba a 1,800 metros aguas arriba de la Plaza de Armas.

CONFIGURACIÓN DEL RIO AMAZONAS FRENTE A IQUITOS - AÑO 1948

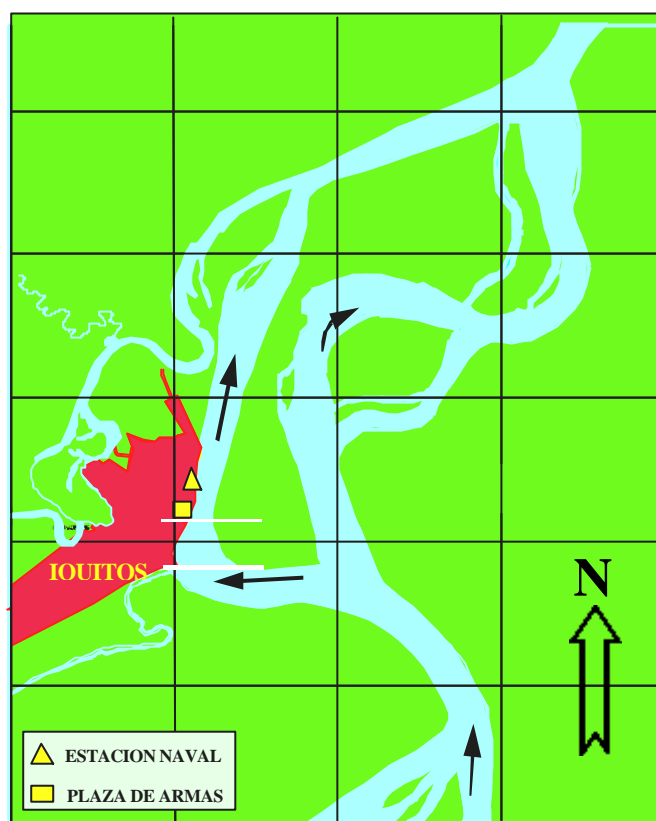


Figura N° 3

Según algunas mediciones realizadas en la época, el 40% del caudal discurría por el brazo occidental.

2.3 Situación del río en 1972

En éste año, el río presentaba una configuración diferente; el cabezo de la Isla Iquitos se había erosionado, determinando con ello que el thalweg (línea conformada por los puntos de mayor profundidad) del Amazonas se separe de

la ribera de Belén dejando una playa, que actualmente es la “Zona Baja de Belén”.

El cabezo de la Isla de Iquitos se ubicaba en esta fecha, 1,200 metros aguas arriba de la Plaza de Armas, es decir se había erosionado 600 metros en 24 años. Asimismo, en el brazo oriental, en la parte central de la isla, se abrió un nuevo canal, alejando el thalweg que en 1948 estuvo a punto de cortar la isla .

CONFIGURACIÓN DEL RIO AMAZONAS FRENTE A IQUITOS - AÑO 1972

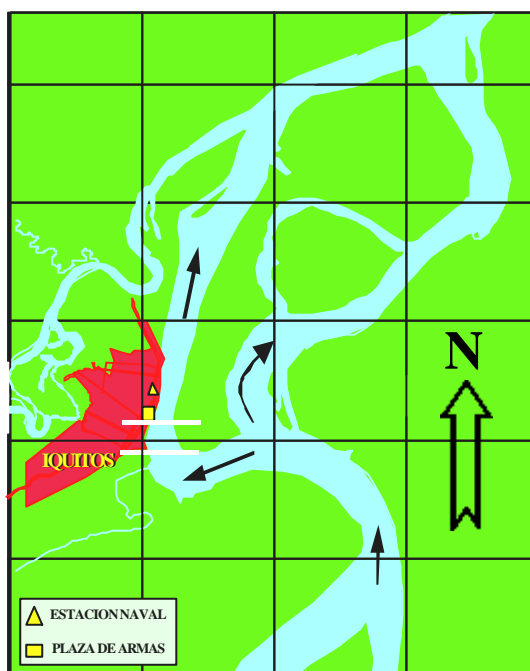


Figura N° 4

2.4 Situación del río en 1990

Entre 1972 y 1990, se puede apreciar el cabezo sur de la isla Iquitos continuó su proceso de erosión hasta ubicarse a 1,000 metros aguas abajo de la Plaza de Armas; es decir, continuó el proceso de erosión, acortándose 2,200 metros en un período de 18 años.

En el período transcurrido entre 1972 y 1990, también se puede apreciar un socavamiento de la Isla Iquitos en el sector inmediatamente al norte del cabezo sur, dando origen a la formación de un angostamiento, por la incidencia directa del cauce del brazo oriental.

En ese mismo período, el delta formado en la desembocadura del río Itaya se sedimentó incrementándose su área de influencia, dando lugar a la-formación de amplias playas en su desembocadura.

CONFIGURACIÓN DEL RIO AMAZONAS FRENTE A IQUITOS - AÑO 1990

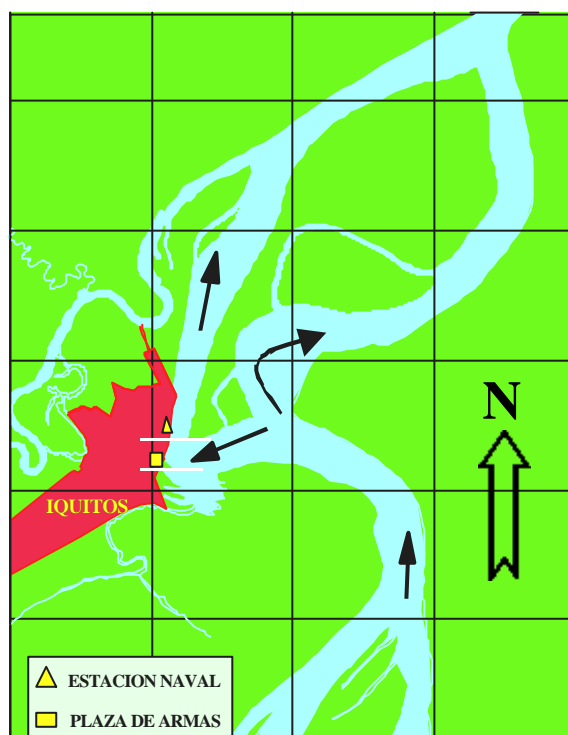


Figura N° 5

2.5 Situación del río en 1994

A inicios de 1994, el cauce del río Amazonas continuó el proceso de sedimentación en la boca del río Itaya y de erosión de la Isla Iquitos, procesos que determinaron el traslado del meandro hacia el Noroeste.

Esto originó que la ensenada de Belén creciera aún más, formando una extensa playa y el río Itaya alargue su cauce. Mientras tanto, el cabezo sur de la Isla Iquitos presentó un acelerado proceso de erosión, y el angostamiento localizado al norte del cabezo empezó a debilitar la Isla.

La erosión del cabezo de la Isla, dejó más expuesta la ribera norte de la ciudad, afectando áreas alejadas del centro. El Terminal Fluvial de Iquitos que en Junio de 1993 sufrió un derrumbe de consideración. Aguas abajo de él, los aserraderos y propiedades particulares también fueron afectados, extendiéndose la erosión hasta el nuevo Puerto Municipal (Embarcadero Masusa).

2.6 Ruptura de la isla Iquitos

El día 19, de febrero de 1994, luego de un proceso continuo de erosión sobre el estrechamiento al norte del cabezo de la Isla Iquitos, se formaron dos pequeños caños por los cuales empezó a discurrir un flujo desde el brazo oriental hacia el brazo occidental, produciéndose posteriormente la ruptura de la Isla Iquitos.

La erosión de esta abertura se aceleró bruscamente; en el mes de Marzo, esos pequeños caños se ampliaron formando un solo canal, el mismo que en Abril se constituía como un brazo secundario del río con un ancho de 950 metros y una profundidad de 28 metros. La situación al mes de Diciembre de 1994 se muestra en la Figura N°6.

Luego de la ruptura de la Isla Iquitos, el canal abierto continuó creciendo aceleradamente, registrando en Julio de 1995 un ancho de 3.5 Km y 30 metros de profundidad. Mientras tanto, la disminución de la velocidad de las corrientes en el brazo occidental ocasionaba la sedimentación generalizada en éste, adquiriendo mayor relevancia tanto en su ingreso como en su desembocadura en los cuáles se formaron dos barras.

CONFIGURACIÓN DEL RIO AMAZONAS FRENTE A IQUITOS - AÑO 1994

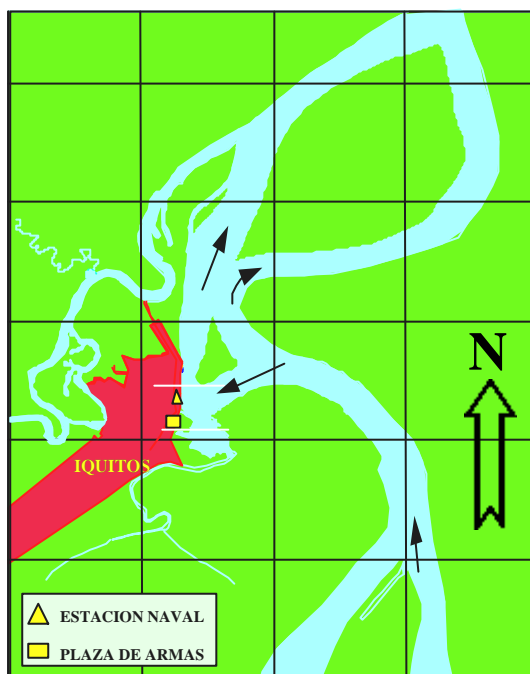


Figura N°6

La primera de ellas frente al cabezo de la isla, poco antes de la desembocadura del río Itaya, cerro prácticamente por completo el ingreso de aguas provenientes del río Amazonas a este brazo, inclusive en épocas de creciente, con lo cual también se vio cortado el ingreso de sedimentos, quedando de esta manera convertido en una laguna o “Tipishca”, alimentada por el río Itaya, tal como lo demuestran las mediciones efectuadas por el SHNA (Servicio de Hidrografía y Navegación de la Amazonía) resumidas en el Cuadro N° 1.

Luego, se iniciaron procesos de consolidación en el lecho de este canal, conservándose las profundidades existentes y en algunos casos incrementándose éstas como consecuencia de la compactación del fango y limo que se fueron asentando paulatinamente.

DISMINUCIÓN DEL CAUDAL EN EL BRAZO ALEDAÑO A LA CIUDAD DE IQUITOS

Antes del Corte de la Isla	50.0%
En Julio de 1994	35.0%
En Septiembre de 1994	20.8%
En Febrero de 1995	12.0%
En Abril de 1995	8.6%
En Mayo de 1995	7.0%
En Julio de 1995	4.0%
En Mayo de 1996	1.25%
En la actualidad	< 1%

Cuadro N° 01

2.7 Barra en el Acceso a la Bahía de la Ciudad

La otra barra, que se ubica aguas abajo en la desembocadura de esta laguna, a través de la cual se ha constituido la nueva desembocadura del río Itaya en el canal principal del río Amazonas; se encuentra conformada por sedimentos finos que limitan el ingreso de embarcaciones a la ribera de la ciudad y al Terminal Fluvial en épocas de vaciante. Hasta el año 1998, se observó que la

sedimentación solo continuaba en ésta pequeña área de la laguna formada adyacente a la ciudad, fenómeno éste causado por la existencia de una contracorriente originada por el brazo principal del río Amazonas al cambiar de dirección frente a ese sector. Este fenómeno desapareció, cuando éste río rompió el istmo que lo separaba del río Nanay, migrando la curvatura del cauce aguas abajo.

En los años 1999, 2000 y 2001, ENAPU ha efectuado pequeños dragados para mantener un canal a través de esta barra, que limita el ingreso de naves de mediano calado a la bahía de la ciudad a épocas de creciente, e inclusive a embarcaciones típicas de la región con 5 ó más pies de calado en épocas de extrema vaciante.

2.8 Erosión del Istmo Amazonas - Nanay

En el mes de julio de 1996 se pudo comprobar el inicio de la erosión en la ribera izquierda del río Amazonas, aguas abajo de la barra en el acceso a la ciudad de Iquitos y próxima al istmo que existía con el río Nanay. Gradualmente fue desapareciendo una playa de arena que frente a esa ribera existía, como consecuencia de la aproximación del thalweg que continua ampliando su curvatura en el sector después de haber seccionado a la isla Iquitos. Ver Anexo N° A.

En los primeros días de noviembre de 1996 la erosión ya había avanzado unos 50 metros, en el lugar donde existía un camino de herradura que unía a ambos ríos, el istmo tenía 480 metros medidos entre la ribera derecha del río Nanay y la ribera izquierda del río Amazonas. El día 14 de abril de 1997, se comprobó que entre ambas riberas solo existían 270 metros, quiere decir que en 5 meses el río Amazonas había avanzado 210 metros en dirección del río Nanay. Además, en la creciente de ese año, se pudo observar que se formó una corriente de agua que transitaba desde el río Amazonas hacia el Nanay. En

crecientes anteriores, este sector era simplemente inundado pero no existía mayor corriente. El día 11 de Diciembre de 1997, se rompió el istmo creándose un pequeño canal por el cual, a manera de pongo discurrían aguas desde el Amazonas hacia el Nanay. En Julio de 1998, éste canal ya tenía aproximadamente 900 metros de ancho.

En la Figura N°07 se puede apreciar de que manera el thalweg (línea que une los puntos de mayor profundidad) del río Amazonas ha venido trasladándose desde el año 1992 hasta el 2001.

MOVIMIENTO DEL THALWEG EN DIRECCIÓN DE LA BASE NAVAL

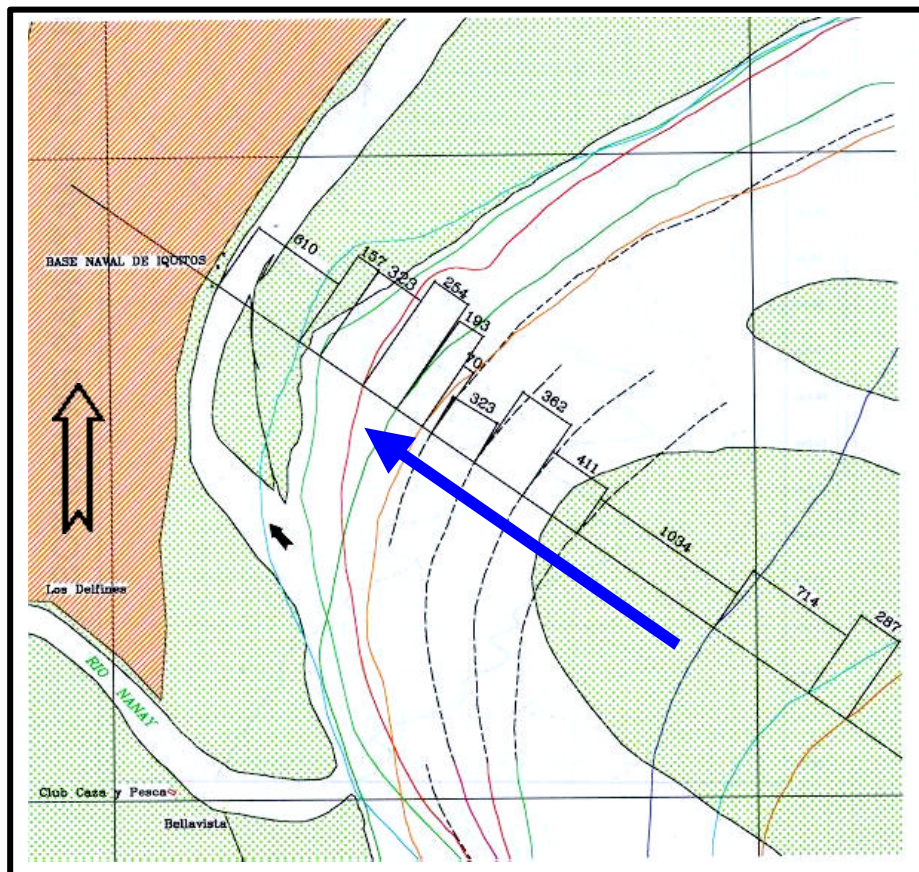


Figura N° 07

La velocidad con la que el thalweg del río Amazonas traslada su curvatura aproximándose inicialmente al istmo que separaba a los ríos Amazonas y Nanay y posteriormente a las instalaciones de la Base Naval, fue determinada mediante diversos levantamientos batimétricos efectuados en los últimos años por el SHNA en el sector de Iquitos, tal como se muestra en el Cuadro N° 02.

**VELOCIDAD DEL AVANCE DEL THALWEG
EN DIRECCIÓN DE LA BASE NAVAL DE IQUITOS**

FECHA	MESES	DIST. (metros)	VELOC. (mt./mes)
DIC 92			
	13	287	22
ENE 94			
	12	714	58.5
ENE 95			
	17	1034	60.8
JUN 96			
	11	411	37.4
MAY 97			
	13	362	27.8
JUN 98			
	6	323	53.8
DIC 98			
	4	70	17.5
ABR 99			
	5	193	38.6
SET 99			
	7	254	36.3
ABR 00			
	12	323	26.9
ABR-01			
Totales	100	3971	V. M. = 39.7

Cuadro N° 02

2.9 La situación actual

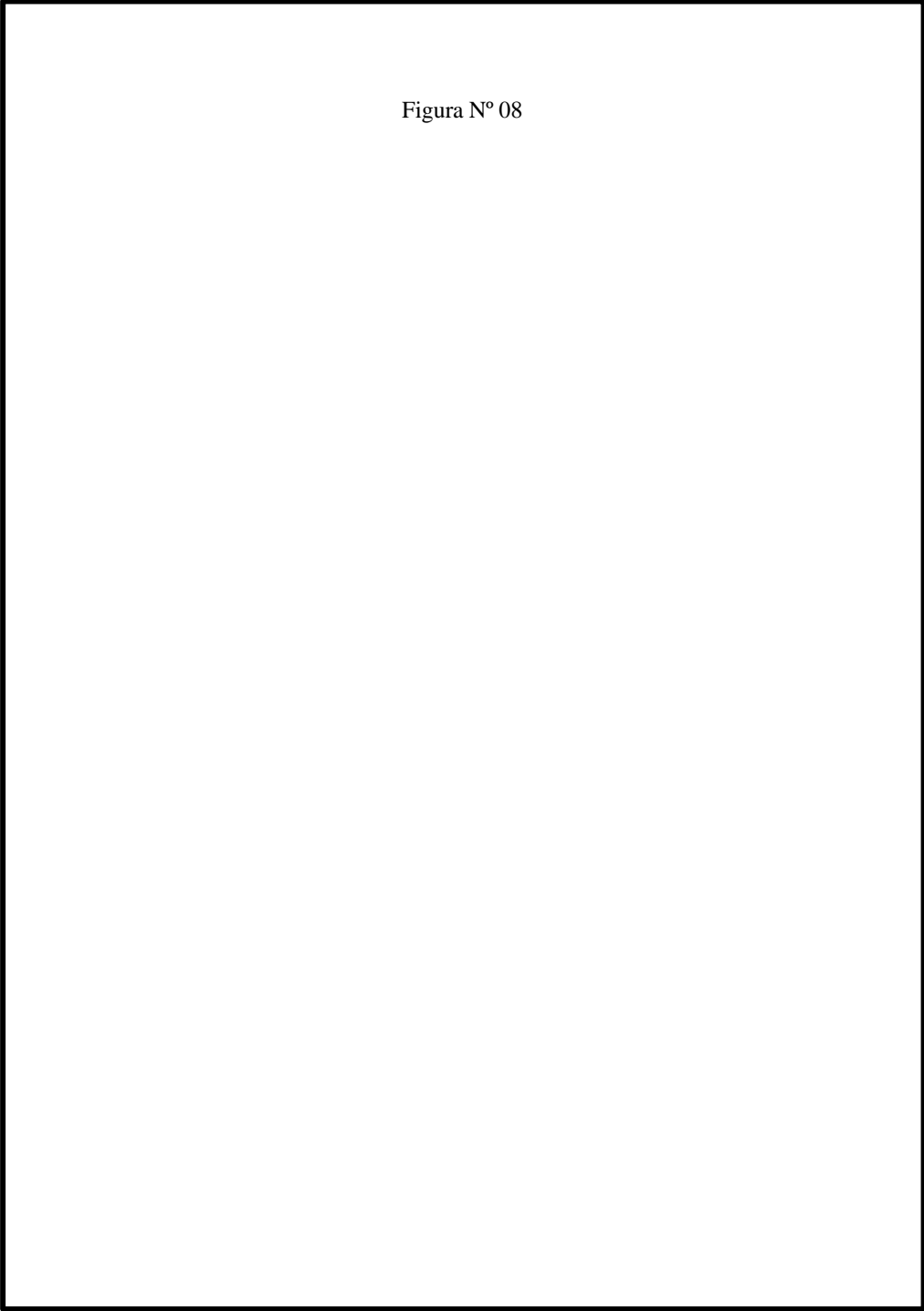
De acuerdo a los levantamientos hidrográficos del río Amazonas que efectúa anualmente el SHNA con recursos propios y con recursos económicos proporcionados por ENAPU S.A. en el área de Iquitos debidamente complementados con imágenes satélites de radar adquiridas por la DHN tomadas en los años 1997, 1998, 2000 y 2001, se ha podido determinar que en ellos la situación de la laguna que se ubica aledaña a la ciudad de Iquitos, antiguo brazo occidental del río Amazonas, es estable, no presenta mayores cambios desde el año 1997; esto es, no existen mayores erosiones ni

sedimentaciones en su lecho y riberas. En la Figura N°08 se presenta la situación actual del río Amazonas al mes de agosto del año 2001.

Los cambios más notorios ocurridos en las vaciantes de los años 2,000 y 2,001 se muestra en la Figura N° 09. De este gráfico, se puede afirmar que la barra de sedimentos que cierra el ingreso a la ciudad, esta siendo recortada en su longitud, como consecuencia de la aproximación del thalweg o canal principal del río Amazonas a este sector, erosionándola hasta la fecha en aproximadamente 40 metros. Con lo cual, el dragado que en los últimos tres años ha venido efectuando ENAPU en la desembocadura de dicha laguna, se ha visto cambiado de lugar ya que la mayor restricción actualmente se encuentra entre los 50 y 400 metros aguas adentro en la bahía. Aguas abajo de esta actual desembocadura del río Itaya, el río Amazonas a continuado moviéndose en dirección de la Base Naval y del embarcadero de Bellavista, acortando cada vez más la distancia que existe entre este último y la desembocadura del río Nanay.

**IMAGEN RADARSAT DEL RIO AMAZONAS
EN EL SECTOR DE IQUITOS - AGOSTO 2001**

Figura N° 08



Capítulo III

HIDRULICA FLUVIAL DEL RIO AMAZONAS

3.1 Fluctuación del Espejo de Agua

En el Histograma de Niveles del río Amazonas y el cuadro de niveles extremos (Ver Anexos B y C), los cuales han sido registrados diariamente en el Servicio de Hidrografía y Navegación de la Amazonía desde el año 1968, se observa lo siguiente:

- A. Los niveles más bajos del espejo de agua se presentan con bastante regularidad entre los meses de agosto y septiembre con mayor incidencia en septiembre, mientras que los niveles mas elevados ocurren entre los meses de abril y mayo con mayor incidencia en mayo.
- B. Los niveles mas elevados se han presentado en los años 71, 74, 76, 77 y 86 se han presentado el nivel máximo extremo (118.58 a 118.60 m.s.n.m.m.) mientras que la vaciante mas pronunciada se ha presentado el año de 1995 (106.38 m.s.n.m.m.). Lo cual nos da una fluctuación máxima entre ambos extremos de 12.22 metros.
- C. En la segunda quincena del mes de mayo se inicia de manera indefectible la vaciante del río, la cual dura hasta el mes de septiembre (cuatro meses de duración).
- D. La creciente se inicia en forma débil en el mes de octubre y se prolonga hasta mayo (siete meses de duración). De lo cual, concluimos que las

crecientes por lo regular son marcadamente mas prolongadas que las vaciantes.

3.2 Variaciones Morfológicas del Río Amazonas en el Área del Proyecto

La sedimentación y erosión son fenómenos naturales que determinan las variaciones morfológicas de los ríos del llano amazónico. La comparación del cauce del río entre 1948 y el presente, nos indica que en la actualidad otros son los problemas que se presentan en la ribera de la ciudad, uno es el problema de sedimentación que ha sufrido el canal aledaño a la ciudad, por el cual naves de alto bordo no pueden ingresar al área portuaria del Terminal Fluvial, y por otra parte, aguas abajo, se da el acercamiento del thalweg a la ribera de la Base Naval de manera inexorable.

COMPARACIÓN DE IMÁGENES AÑOS 2000 Y 2001

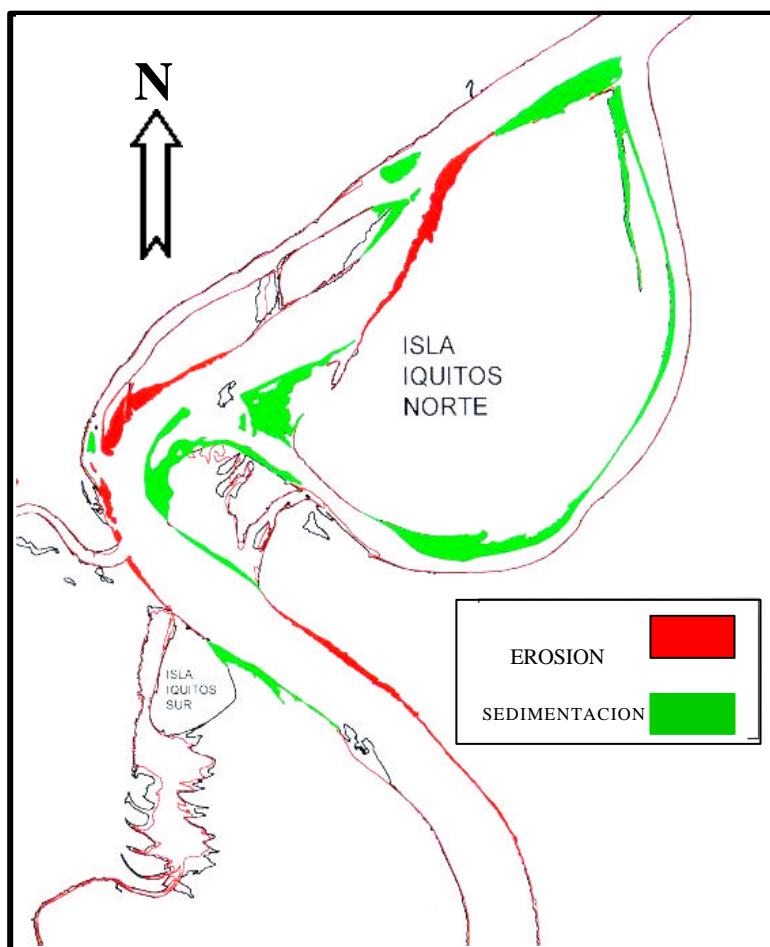


Figura N° 09

Pese a no contar con un conocimiento cabal de la estructura de los estratos geológicos del sector que se encuentra involucrado, podemos afirmar que de continuar la tendencia actual de cambios en la morfología del río Amazonas, el thalweg estaría situándose al pie de la restinga donde se encuentra la Base Naval en la creciente del presente año (2002).

3.3 Situación de Probable Ocurrencia.

Cuando el thalweg del río Amazonas alcance la restinga Momón– Refinería, se verá frenado y posiblemente reducido a una mínima expresión, dependiendo ello, de la calidad del estrato que le haga frente.

La situación que se presentaría en los años siguientes, podría reproducir en gran medida la situación que se dio aguas arriba de la ciudad de Iquitos en años anteriores, cuando el río Amazonas empezaba a enfrentar la restinga sobre la cual se encuentra la ciudad de Iquitos.

El brazo occidental al no poder avanzar con la facilidad con la que el resto del río lo hacía, sufrió en su desarrollo una deformación la cual pudo en su momento determinar la formación de la isla Iquitos.

Lo anteriormente descrito, da lugar a pensar que la isla Iquitos Norte en los siguientes años, sufrirá sustanciales modificaciones, con un brazo occidental pasando aledaño a la restinga Momón – Refinería, y un brazo derecho formado por el antiguo brazo oriental, un canal intermedio, que quedaría como rezago del actual canal principal. Este nuevo brazo occidental ha de formarse, se constituiría en el canal principal del río por la forma y ubicación en la que se consolidaría.

El thalweg que se ubica aguas arriba del sector donde se cortó la isla Iquitos, también se ha movido lateralmente pero en sentido contrario, hacia la derecha lo cual está determinando que el río Amazonas tenga la tendencia a ingresar actualmente en dirección este – oeste, lo que a su vez en un mediano plazo puede determinar que se vean afectados sectores cada vez mas cercanos a la ciudad, en un proceso de retroceso del meandro, el cual también estaría haciendo retroceder la barra que se forma aguas abajo de la bahía de la ciudad.

Finalmente, el puerto de Bellavista se encontraría sin mayor protección que la de estratos aluviales fácilmente erosionables por el río Amazonas. Por lo cual, se recomienda realizar un estudio geológico para determinar la distribución de los estratos de la zona y de esta manera poder evaluar si el puerto podría ser afectado por el avance del thalweg del río Amazonas.

3.4 Comparación de Secciones Transversales

En el Anexo D se muestra la ubicación de diez secciones transversales con orientación Este - Oeste transversales a la ribera de la ciudad de Iquitos, identificadas con las letras de la “A” a la “J”. Asimismo, en el mencionado Anexo se pueden apreciar las elevaciones de cada una de las secciones mencionadas debidamente comparadas entre los levantamientos de Febrero 2000 con el Junio 2001. A continuación se describe como se dieron los procesos de erosión y sedimentación en cada una de estas secciones desde el año 1993.

SECCION A

Se ubica a la altura del Puerto de Productores (Ex-camal Municipal). Entre Dic.93 y Sep.94 sedimentó rellorando 12 metros en el thalweg, en la ribera derecha (de la isla) se aprecia una pequeña erosión en el lecho. La ribera izquierda (de la ciudad), no presentó mayores cambios.

Entre Sep. 94 y Sep. 95, el lecho sedimentó entre 2 y 5 metros más, no se aprecia la presencia del thalweg, el talud de la ciudad sedimentó en su tramo mas bajo hasta en 5 metros.

Entre Sep.95 y Jun.96, se observaron sedimentaciones irregulares en el lecho sin llegar a superar un (1) metro. En el talud de la ciudad se percibió una erosión ligera.

Entre Jun.96 y May.97, no existió sedimentación a lo largo de esta sección, por el contrario existió erosión en el lecho que llegó hasta un (1) metro.

Entre May.97 y Jun.98, se aprecia que ha existió una ligera sedimentación en el talud de la ribera de la ciudad. Mientras que en el lecho se presentaron erosiones en dos lugares, las cuales no fueron mayores a 0.50 metros.

Entre Jun. 98 y Feb. 2000 no se aprecia mayores cambios, pequeñas áreas en las cuales ha existido erosión y sedimentación que no han llegado a superar 0.50 metros.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001, en esta sección no se aprecian mayores cambios, existen pequeños sectores en los cuales ha existido erosión o sedimentación pero sin llegar a ser significativo.

SECCION B

Se ubica entre el nuevo embarcadero Turístico y las instalaciones del S.H.N.A.

Entre Dic.93 y Sep.94 ocurrió una sedimentación en el thalweg de 14 metros que se situaba al pie del talud de la ribera de la ciudad. Mientras que, en la ribera de la isla se presento una ligera erosión.

Entre Sep.94 y Sep.95 el lecho próximo a la ribera de la ciudad se sedimentó de manera uniforme 10 metros más; hacia la ribera de la isla la sedimentación fue menor.

Entre Sep.95 y Jun. 96, se observó en el lecho una sedimentación que varió entre 0.8 y 1.4 metros.

Entre Jun.96 y May.97 ha existido erosión en el lecho de esta sección, de manera uniforme y de algo mas de un metro de espesor. La ribera de la ciudad denota haber sufrido una pequeña erosión.

Entre May.97 y Jun.98 ha existido una ligera erosión en el sector menos profundo del lecho, la cual fue en promedio 0.30 metros. Mientras que, en el sector más profundo de esta sección se aprecia que ha sedimentado hasta 0.50 metros. La ribera de la ciudad denota haber sufrido una ligera sedimentación.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 al pie del talud izquierdo se aprecia una pequeña sedimentación de 0.50 metros y también a la altura de la coordenada que sirve de referencia horizontal (696,000 E) la sedimentación llega a tener un metro de espesor.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001, en esta sección no se aprecian mayores cambios, existen pequeños sectores en los cuales predominan pequeñas erosiones que no llegan a superar 1.5 metros.

SECCION C

Esta Sección se ubica aguas arriba del Terminal Fluvial.

Entre Dic.93 y Sep.94 este corte se sedimentó rellenándose 9 metros en el thalweg, incrementándose hasta en 12 metros hacia la ribera derecha (hacia la isla). La ribera izquierda (de la ciudad), no presentó mayores cambios.

Entre Sep.94 y Sep.95, también se sedimentó el thalweg en 9 metros más, haciéndose más ancho, la ribera de la ciudad se sedimentó notablemente, mientras que la ribera derecha registro una moderada sedimentación en sus cotas mas elevadas.

Entre Sep.95 y Jun.96, se puede observar que esta sección no ha sufrido mayores variaciones.

Entre Jun.96 y May.97, en el thalweg ha erosionado 0.40 metros y en talud aledaño a la ribera de la isla a existido sedimentación de hasta 0.60 metros.

Entre May.97 y Jun.98 ha existido una ligera erosión en el sector más profundo del lecho la cual no superó 0.20 metros, en el talud sumergido, aledaño a la ribera derecha, se aprecia una ligera erosión a lo largo de ella, aumentando en su parte mas elevada. Mientras que, en el talud sumergido aledaño a la ribera de la ciudad, denota haber sufrido una ligera sedimentación.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 en esta sección no se aprecia mayores cambios

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001 no se nota mayores variaciones, solamente en el talud derecho existe una ligera erosión que no es de consideración.

SECCION D

Esta Sección se ubica sobre el Terminal Fluvial de ENAPU S.A.

Entre Dic.93 y Sep.94 ocurrió una sedimentación en el thalweg de 11 metros, disminuyendo continuamente hasta 7 metros hacia la ribera de la isla. La ribera del Puerto no presentó mayores cambios.

Entre Sep.94 y Sep.95 el thalweg sedimentó 5 metros más, incrementándose hacia la ribera de la isla llegando a sedimentar hasta 10 metros.

Entre Sep.95 y Jun.96, se puede observar que este corte tampoco a sufrido mayores variaciones.

Entre Jun.96 y May.97 se puede observar que en este corte no han existido mayores variaciones.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 en esta sección se aprecia una pequeña sedimentación en el thalweg que no llega a superar el metro de espesor. En la margen derecha (isla), ha existido erosión y sedimentación en el talud.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001 no se aprecian mayores variaciones.

SECCION E

Esta Sección se ubica aguas abajo del Terminal Fluvial.

Entre Dic.93 y Sep.94 sedimentó relleno 10 metros en el thalweg, disminuyendo paulatinamente hasta 5 metros hacia la ribera de la isla. La ribera izquierda retrocedió 20 metros en su parte más profunda y 40 metros en lo alto, tomando un perfil más estable.

Entre Sep.94 y Sep.95, también se sedimentó el thalweg en 11 metros más, en las márgenes no presentó mayores variaciones, pero el canal se angostó por haber sedimentado en una área próxima a la margen derecha.

Entre Sep.95 y Jun.96, se apreció una pequeña sedimentación en el lecho que variaba entre 0.30 y 0.60 metros. Hacia la ribera derecha se presentaron erosiones.

Entre Jun.96 y May.97, se aprecia que han existido pequeñas erosiones que no superaron el metro en el lecho del canal.

Entre May.97 y Jun.98 ha existido una ligera erosión en el sector más profundo del lecho la cual no superó 0.40 metros. El resto de la sección no sufrió mayores modificaciones.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 se aprecia que ha existido erosiones poco considerables en el talud derecho aledaño a la isla.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001 no se aprecian mayores variaciones, solamente en la ribera izquierda existe una pequeña acumulación de alguna materia que no debe ser sedimentos.

SECCION F

Esta Sección se ubica aguas arriba del Puerto Municipal de Masusa.

Entre Dic.93 y Sep.94 la sedimentación en el thalweg fue de 7 metros, prolongándose casi en la misma medida hacia la ribera de la isla. En la ribera del Puerto, se observa que retrocedió entre 40 y 60 metros tomando un talud más estable.

Entre Sep.94 y Sep.95 el thalweg sedimentó 11 metros más, en ambas márgenes no se aprecian mayores cambios.

Entre Sep.95 y May.96, se apreció una pequeña sedimentación en el lecho que variaba entre 0.50 y 0.80 metros, siendo mayor en los lugares de mayor profundidad.

Entre Jun.96 y May.97, se aprecia que ha existido erosión en el talud sumergido de la ribera izquierda que la ha hecho retroceder hasta en 25 metros. En la ribera derecha se aprecia sedimentación en el canal existente aledaño a la isla.

Entre May.97 y Jun.98 ha existido una ligera sedimentación en el talud aldeaño a la ciudad y pequeñas erosiones a lo largo del talud de la margen derecha.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 se aprecia que ha existido una erosión casi uniforme en el lecho del canal que se extendió desde el thalweg hacia el talud derecho, llegando a tener en ciertos sectores algo más de un metro.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001, en esta sección se ha detectado una erosión en su margen derecha, al lado del islote, la misma que ha tenido hasta tres metros de altura.

SECCION G

Esta Sección se ubica aguas abajo del Puerto Municipal de Masusa.

Entre Dic.93 y Sep.94 sedimentó relleno el lecho del canal entre 1 y 4 metros, tanto en la ribera derecha como en la izquierda, no se aprecian erosiones.

Entre Sep.94 y Sep.95, sedimentó el thalweg en 7 metros más, disminuyendo paulatinamente hacia la margen de la isla.

Entre Sep.95 y May.96, no existieron en este corte mayores variaciones.

Entre Jun.96 y May.97, se aprecia que ha existido una erosión al pie del talud de la ribera izquierda, la cual ha determinado que éste se presente más escarpado, en la ribera derecha, el acercamiento del canal principal del río Amazonas a este sector ha determinado que la punta de la isla se erosione quedando este corte con salida al canal principal del río Amazonas.

Entre May.97 y Jun.98 ha existido una ligera sedimentación en el talud aledaño a la ciudad y una erosión casi uniforme a lo largo del talud de la margen derecha, la cual en promedio fue de 0.50 metros.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 se aprecia que ha existido una ligera erosión a lo largo del lecho que no llegó a superar los 0.50 metros.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001, esta sección se encuentra sobre la desembocadura de la bahía formada frente a la ciudad, debido a la aproximación del thalweg del brazo principal del río Amazonas, de manera tangencial a esta sección erosionando parte de la barra. En ella, el cambio mas notorio constituye una pequeña erosión en su sector medio, en el cual efectúan dragados habiéndose erosionado hasta dos metros.

SECCION H

Esta Sección se ubica al inicio del seccionamiento producido en la isla Iquitos, en ella se observa la desembocadura del canal aledaño a la ciudad de Iquitos en el brazo principal del río Amazonas.

Entre Dic.93 y Sep.94 este corte se sedimentó relleno el lecho del canal entre 1 y 3 metros, prolongándose casi en la misma medida hacia ambas riberas.

Entre Sep.94 y Sep.95 sedimentó el lecho de manera uniforme en 3 metros más, la ribera de la isla fue totalmente erosionada por el acercamiento del thalweg del canal principal del río.

Entre Sep.95 y Jun.96, en el sector de la barra formada, existió una sedimentación de hasta 3.5 metros. Asimismo, en el resto del canal aledaño a la ciudad sedimentó 0.80 metros en promedio.

Entre Jun.96 y May.97, en el canal aledaño a la ciudad ha existido sedimentación a lo largo del cauce que llega a tener un espesor de 1.2 metros. En la desembocadura de este canal en el canal principal del río Amazonas, se ha erosionado hasta 3 metros, mientras que en el propio canal principal el thalweg se ha erosionado entre 3 y 5 metros, profundizándose y ampliándose, pero sin desplazamiento horizontal aparente.

Entre May.97 y Jun.98, en el canal secundario, aledaño a la ciudad, ha existido sedimentación a lo largo del cauce que varía desde un espesor 0.5 hasta 3.5 metros. En el canal principal el thalweg ha erosionado 100 metros internándose en dirección de la ribera izquierda, presentándose actualmente menos profundo que en el anterior levantamiento.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 se aprecia que ha existido erosión que hizo retroceder horizontalmente al talud de la ribera izquierda 50 metros. También existió erosión vertical en lecho del canal, en los sectores de mayor profundidad, en los cuales se profundizó entre 2 y 9 metros,

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001 se aprecia que ha existido una marcada erosión que hizo retroceder horizontalmente al talud de la ribera izquierda 43 metros en sus partes más profundas y 76 metros en las más superficiales, con lo cual este talud se ha erosionado ganando algo de estabilidad.

También, como contraparte a esta acción, ha existido una sedimentación considerable a todo lo largo del talud derecho, indicando que la playa existente frente a la actual desembocadura del río Nanay, en la ribera derecha, ha continuado creciendo al ritmo de la erosión de la ribera izquierda, trasladándose el cauce cada vez más a la izquierda.

SECCIONES I, J

Estas Secciones se ubican sobre el seccionamiento producido en la isla Iquitos, aguas arriba del istmo que existía entre los ríos Amazonas y Nanay.

Entre Dic.93 y Sep.94 se sedimentó el canal de la ciudad llegando hasta 3.5 metros. En la parte intermedia se encontraba el sector de la isla que fue destruido como consecuencia del acercamiento del thalweg del brazo oriental (al otro lado de la isla) hacia el occidental (aledaño a la ciudad), se erosionó una franja de la isla de 300 metros de ancho. Como contrapartida a esa erosión, se apreciaba también la sedimentación que relleno el cauce del brazo oriental en su margen derecha.

Entre Sep.94 y Sep.95 se observó el franco acercamiento del thalweg en dirección de la ribera izquierda, había avanzado 600 metros.

En la Sección “J” el thalweg se encontraba a 500 metros de dicha ribera. Se observó que el thalweg perdió profundidad pero se había ensanchado.

Entre Sep.95 y May.96, en la Sección “I” se pudo observar que el thalweg se había acercado a la ribera izquierda 200 metros más, sin embargo había existido una sedimentación al pie del talud de dicha ribera causada por la existencia de una contracorriente que ingresaba a la bahía de Iquitos.

Mientras que, en la Sección “J” se pudo observar que el acercamiento del thalweg a la ribera izquierda había avanzado 300 metros más, estando a punto de iniciarse la erosión de ella.

Entre Jun.96 y May.97, en la Sección “I” se observa que el thalweg del canal principal se ha profundizado 4 metros y se ha aproximado al talud de la ribera izquierda erosionándose 150 metros en su parte mas profunda y 50 metros al pie de un estrecho canal que es la prolongación del canal de la ciudad, sobre el cual ha ocurrido una sedimentación de hasta 3 metros de espesor.

Entre Jun.96 y May.97, en la Sección "J" se observa que thalweg del canal principal se ha profundizado 4 metros y se ha ensanchado, aproximándose a talud de la ribera izquierda la cual se ha erosionado hasta 250 metros en su parte más profunda y 80 metros en la más superficial, determinando con ello que este talud adopte una pendiente pronunciada la cual denota inestabilidad y erosión muy activa.

Entre May.97 y Jun.98, en la Sección "I" se puede notar que el thalweg del canal principal se ha aproximado a la ribera izquierda erosionando 100 metros medidos horizontalmente en gran parte del talud, como contrapartida el talud de la margen derecha sufrió sedimentación, con lo cual se complemento el traslado del thalweg, habiéndose éste estrechado y profundizado ligeramente. Mientras que, en la sección "J" se puede notar que todo el talud de la ribera izquierda se ha erosionado 140 metros de manera casi uniforme medidos horizontalmente hasta el thalweg, el mismo que se ha estrechado debido a la fuerte sedimentación que se ha presentado en el talud opuesto.

Entre Jun. 1998 y Feb. 2000 se aprecia que en la Sección "I" ha existido erosión que hizo retroceder horizontalmente la ribera izquierda 120 metros, con lo cual el thalweg también se movió hacia la izquierda una distancia similar. En el talud derecho también existió erosión profundizándose el lecho en un promedio de 8 metros.

En la Sección "J" la erosión de la ribera izquierda ha sido del orden de 250 metros, habiéndose el thalweg también movido en ese orden.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001, en la sección "I" se aprecia que ha existido una marcada erosión que hizo retroceder horizontalmente al talud de la ribera izquierda 70 metros en sus partes más profundas y 105 metros en las más superficiales, con lo cual este talud ha ganado mayor estabilidad.

También, como contraparte a esta acción, ha existido una sedimentación considerable a todo lo largo del talud derecho, la cual en algunos sectores ha llegado a ser de hasta 7 metros. Asimismo, el thalweg se ha movido en dirección de la ribera izquierda alrededor de 150 metros.

Entre Feb. 2000 y Jun. 2001, en la sección “J”, se aprecia que ha existido una marcada erosión que hizo retroceder horizontalmente al talud de la ribera izquierda 150 metros. También, como contraparte a esta acción, ha existido una sedimentación considerable a todo lo largo del talud derecho, la cual en algunos sectores ha llegado a ser de hasta 7 metros. Asimismo, el thalweg se ha movido en dirección de la ribera izquierda alrededor de 150 metros.

Capítulo IV

DISEÑO DEL CANAL A SER DRAGADO

4.1 Antecedentes

El año 1999, la empresa SANAM realizó el dragado aguas abajo del Terminal Fluvial de Iquitos en la barra de ingreso a la bahía de la ciudad por encargo de la Empresa Nacional de Puertos (ENAPU S.A.) entre el 03 de septiembre y el 07 de octubre. El volumen total dragado fue de 12,500 m³, de los cuales 7,385 m³ estuvieron dentro de los límites establecidos.

El año 2000, la empresa COPROGEA por encargo de ENAPU, realizó un nuevo dragado en el mismo canal que el anterior, profundizándolo y ampliando sus taludes. Este dragado se efectuó entre el 11 de septiembre y el 19 de octubre de ese año, habiéndose reconocido para efectos de cancelación un total de 3,608 m³ de sedimentos extraídos en el canal diseñado y dentro de las tolerancias.

El año 2001, la firma COPROSERGE S.R.L. por encargo de ENAPU, reeditó los trabajos anteriores, realizando el dragado del canal de ingreso entre el 15 de octubre y el 22 de noviembre. En esta oportunidad el volumen total dragado fue de 10,800 m³ de los cuales 6,599 m³ fueron considerados que se encontraban dentro de los límites de tolerancia para la cancelación correspondiente.

4.2 Justificación del Proyecto

Si bien es cierto que el movimiento de naves de alto bordo que ingresan anualmente hasta Iquitos no justificaría económicamente llevar a cabo un dragado de gran magnitud, por el volumen de carga y pasajeros que en promedio ingresan anualmente; sin embargo, se puede justificar bajo los siguientes considerandos:

- Es nuestro primer puerto fluvial, potencialmente capaz de mejorar considerablemente el embarque y desembarque de carga y pasajeros que ingresan desde el Océano Atlántico, sin la necesidad de emplear cabotaje o desembarcos riesgosos a embarcaciones menores, tal como actualmente se lleva a cabo.
- En el campo turístico, después del transporte aéreo, el fluvial constituye la vía mas importante para arribar a la ciudad de Iquitos, la misma que se realiza por medio de buques de pasajeros, pudiéndose incrementar en pocos años, ya que gran parte de los paquetes turísticos que se ofertan a nivel mundial solo contemplan el ingreso de naves hasta Manaus (Brasil) o hasta Leticia (Colombia), por no poder ofrecer un desembarco seguro en nuestro primer puerto fluvial.
- El muelle y toda su infraestructura terrestre, maquinarias y equipos existentes encuentra operando por debajo de su capacidad instalada, por lo cual se puede decir que la inversión mayor ya fue realizada.
- De llevarse a cabo este proyecto, el ingreso al puerto de naves de alto bordo se vería asegurado durante nueve meses al año, solo en la épocas de extrema vaciante, habría restricción debido a la falta de calado en algunos sectores del río Amazonas que se ubican aguas abajo de Iquitos. En estas épocas solo es posible el ingreso de naves con menos de 18 pies

de calado, pero el resto del año pueden hacerlo naves de hasta 30 pies sin mayores dificultades.

4.3 Levantamiento Batimétrico

El levantamiento del Antigo Brazo Occidental fue realizado por el SHNA del 22 de junio al 14 de julio del año 2001 cuando el nivel del espejo de agua del río Amazonas fluctuó entre las cotas 114.56 y 112.35 m.s.n.m.m. En este levantamiento se ha abarcado un tramo del brazo principal del río Amazonas y todo el brazo sedimentado que se ubica alrededor a la ciudad de Iquitos hasta la desembocadura del río Itaya.

Este levantamiento se ha efectuado mediante líneas de sondaje transversales al cauce del río y coincidiendo con la dirección Este - Oeste en el canal alrededor a la ribera de la ciudad y con dirección Norte - Sur en el canal de ingreso, frente al cabezo de la isla Iquitos Sur. Las líneas de batimetría fueron realizadas con una separación entre ellas de 50 metros, controlando el bote y las mediciones en general, mediante el sistema automatizado Hypack para levantamientos hidrográficos, para lo cual el posicionamiento horizontal de la embarcación se realizó haciendo uso de un equipo DGPS trabajando en modo diferencial por satélite.

En la embarcación se controló la profundidad efectuando marcaciones en el ecograma, de manera también automatizada, grabando eventos cada 10 segundos y registrándose simultáneamente la posición horizontal en coordenadas UTM.

Las profundidades fueron medidas con ecosonda electrónica de registro continuo en papel, debidamente calibrada, la cual también entregó información de profundidades en forma digital al ordenador que almacenó, tanto los datos

de posición como los de profundidad, con una densidad mayor de 10 mediciones entre eventos.

4.4 Taquimetría

La taquimetría ha sido realizada haciendo uso una estación total, registrando digitalmente en la memoria del equipo la altura de señal, altura de instrumento, distancia horizontal, desnivel, cota y coordenadas UTM de cada punto que se iba midiendo, tomándolos sobre ambas riberas hasta donde las condiciones físicas del terreno lo permitieron y con una separación entre ellos de 50 metros.

La taquimetría ha sido realizada desde las estaciones dejadas por el control horizontal principal (poligonal), así como desde estaciones auxiliares establecidas desde las primeras.

4.5 Control Horizontal

El control horizontal para la ejecución del levantamiento hidrográfico, fue realizado desde las estaciones dejadas por la poligonal electrónica.

ESTACIONES DE LA POLIGONAL ELECTRONICA

ESTACION	NORTE (m.)	ESTE (m.)	ALTURA (m.)
HIDRO	9'587,379.410	695,657.100	120.209
CATASTRO	9'587,463.963	696,287.345	116.215
CAMSA	9'588,361.613	695,752.189	117.662
ARIMUYA	9'589,507.297	696,981.641	114.968
ARIRAMA	9'589,526.206	699,692.778	115.459
YUCAL	9'587,727.792	697,779.119	114.324
GREDAL	9'586,861.073	697,023.919	111.105

Cuadro N° 03

4.6 Control Vertical

En las instalaciones del SHNA existe un Bench Mark cuya cota 120.209 metros se encuentra referida al nivel de la Comisaría del Distrito de Punchana (Cota 125.645 m.s.n.m.m.)

Desde este punto se ha realizado la nivelación de los limnímetros que se encuentran en la ribera del S.H.N.A. los mismos que se emplean para obtener el nivel del espejo de agua también en metros sobre el nivel medio del mar.

Tanto para la batimetría como para la taquimetría, el espejo del agua a sido considerado como una superficie horizontal, no se ha tenido en cuenta la pendiente hidráulica debido a que la variación de ella en el tramo levantado, es despreciable.

En el caso de la taquimetría, las cotas de las estacas fueron determinadas a partir de las cotas de las estaciones desde donde fueron posicionadas horizontalmente. Posteriormente, desde ellas se verificó el nivel del espejo de agua, al momento de realizar la taquimetría.

ESTACIONES AUXILIARES DE APOYO AL LEVANTAMIENTO

ESTACION	NORTE (m.)	ESTE (m.)	ALT. (m.)
NOLOBE	9'589,315.61	696,913.12	117.06
GOMEZ	9'589,044.43	695,815.52	117.64
PTA. NOLOBE	9'589,507.22	696,985.35	116.30

Cuadro N° 04

La taquimetría consistió en ubicar a la estación total sobre alguna de los puntos auxiliares o de la poligonal tomando como origen de direcciones a otra de ellas.

Luego se procedió a medir puntos sobre ambas riberas desde el espejo de agua hasta las partes mas elevadas hasta donde fue posible acceder. Por cada punto visado, se grabó en la memoria del equipo la posición horizontal en coordenadas UTM y la posición vertical en metros sobre el nivel medio del mar.

La caminata fue realizada con un bastón porta prisma a lo largo de la ribera de la ciudad, lo propio se hizo en la ribera de la isla aunque, en algunos casos, esto estuvo restringido por la vegetación y las áreas inundadas o pantanosas. Se puso especial cuidado en el cálculo del desnivel existente en cada una de las orillas, no se aceptó desniveles que difieran en mas de 10 cm para una misma sección transversal al eje del río. Si la diferencia era mayor a la indicada, se procedía a efectuar nuevas mediciones hasta lograr un valor aceptable.

Además, se tomaron algunos puntos con la finalidad de obtener el perfil de algunas estructuras y puntos conspicuos existentes en la ribera de la ciudad.

4.7 Criterios para el Diseño del Canal

En la Figura N° 10, se aprecia las dimensiones y forma del canal escogido, el cual deberá dar acceso a naves de alto bordo en épocas de media creciente o media vaciante, o sea que deberá existir una cota del nivel de río mayor o igual a 111 m.s.n.m.m. para dar acceso a naves con las siguientes dimensiones máximas:

- Calados Máximo 29.5 pies (9 m.)
- Manga 30 m.
- Eslora 150 m.

La cota del lecho = cota del espejo – calado máximo – factor de seguridad

$$\text{Cota del lecho} = 111 - 9 - 2 = 100 \text{ (m.s.n.m.m.)}$$

El lecho del canal deberá tener un ancho que sea el doble de la manga mas una luz de 10 metros, considerando que existirá transito de dos embarcaciones a la vez. Así:

$$\text{Base del canal} = 30 \times 2 + 10 = 70 \text{ m.}$$

En el área de maniobras (A.M.), se a considerado que la nave debe girar 180° frente al muelle para poder salir por el mismo canal. Para ello se ha hecho uso de la eslora mas un factor de seguridad .

$$\text{Base del A.M.} = 150 + 50 = 200 \text{ m.}$$

Para el largo del área de maniobras se ha considerado la longitud total del área portuaria.

$$\text{Largo del A.M.} = 400 \text{ m.}$$

Se ha considerado un canal recto paralelo a la ribera de la ciudad y separado de ésta 200 metros con el fin de no tocar áreas acuáticas concedidas a particulares. El trazo del canal es recto para que las naves puedan tomar una sola enfilación al momento de ingresar al puerto y no tengan que complicarse con maniobras adicionales. Asimismo, se a considerado una emboquillada en el lugar donde se encuentra la desembocadura de esta laguna, para que en la maniobra de ingreso puedan tomar con facilidad la enfilación del canal. Los taludes laterales se han considerado con una pendiente 1/5, que es la misma considerada en trabajos anteriores al haberse observado eficaces resultados.

SECCION TIPICA DEL CANAL A SER DRAGADO

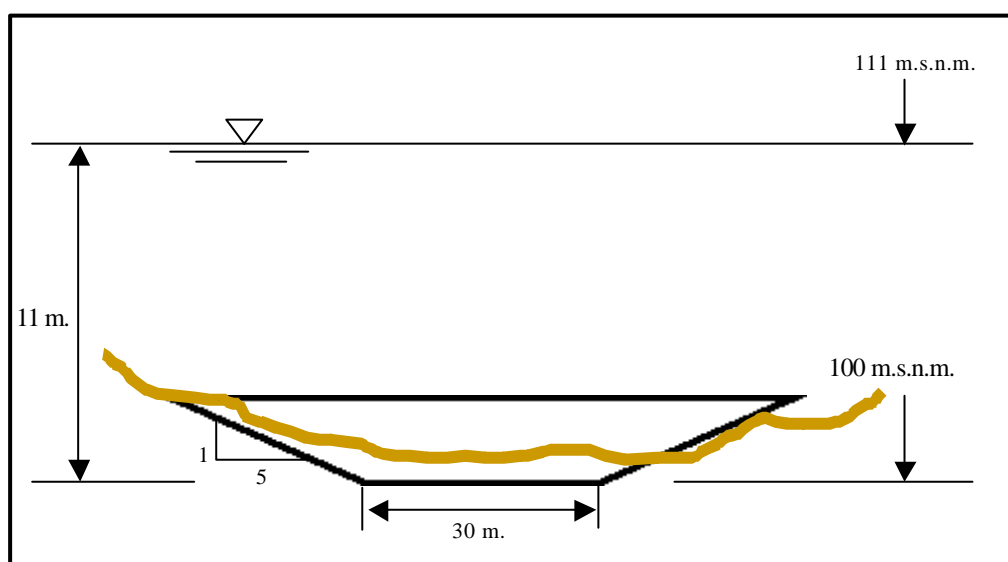


Figura N° 10

4.8 Cálculo de Volúmenes

Para el cálculo de volúmenes se han considerado secciones transversales al eje del canal con una separación entre ellas de 100 metros. En éste se observan cuatro partes principales que son:

- De la 00 a la 03 el ancho de la base es 200 metros.
- De la 03 a la 04 es una transición que disminuye la base desde 200 a 70 metros.
- De la 04 hasta la 20 el canal es recto y posee una base de 70 metros.
- De la 20 a la 25 se tiene una emboquillada cuya base varia linealmente entre 70 y 570 m. formando un ángulo de 45° con el eje del canal.

La cantidad de sedimentos a dragar se ha calculado “in situ” es de 1,716,000 m³. el cual incluye un (1) metro de sobre-dragado en el lecho y un (1) metro de luz sobre éste al considerar una nave de 30 pies de calado. En el Anexo E, se presenta el cálculo del volumen de dragado a realizar, para lo cual se han medido haciendo uso del programa Autocad, en los gráficos a escala las áreas a dragar en m² en cada uno de las 26 secciones transversales consideradas. Se obtiene el área promedio existente entre dos secciones consecutivas y luego esta ha multiplicado por la distancia entre ellas (100 metros), obteniendo de esta manera los volúmenes parciales a dragar. Finalmente, se suman estos volúmenes parciales obteniéndose un total de 1’716,315 metros cúbicos. Ver en el Anexo F el Plano Hidrográfico y los gráficos de las elevaciones de los cortes transversales a ser dragados.

Capítulo V

SELECCIÓN DE LA DRAGA

5.1 Antecedentes

Hasta el momento solo se han realizado pequeños dragados en las proximidades de Iquitos, los mismos que han hecho uso de dragas también bastante pequeñas con las características siguientes:

Draga de corte - succión y descarga por tubería

Eslora	28.41m.
Manga	8.25 m.
Puntal	1.80 m.
Diámetro de la broca de corte	10"
Capacidad de dragado	40 m ³ /hora (0.011 m ³ /seg)
Capacidad de expulsión	100 metros
Capacidad de extracción vertical	40 metros
Motorización	FORD 130 HP
Casco constituido por 2 (dos) pontones de acero naval	

5.2 Tipo de Draga que Requiere este Proyecto

De acuerdo a lo observado en los últimos años, se tiene conocimiento que la pérdida de profundidades en la laguna que se ubica frente a la ribera de la ciudad de Iquitos fue causada por la acumulación de sedimentos depositados por el río Amazonas a partir del año 1994. Es poco probable, que dentro de

éste existan basuras o elementos extraños que vayan a dificultar significativamente el trabajo de dragado; de ser así, estas deben ser en su mayoría residuos de madera provenientes de algunos aserraderos existentes en la ribera de la ciudad.

El mayor peligro podría constituir los restos metálicos de alguna embarcación hundida, pero ello es poco probable porque cuando ocurrieron algunos naufragios frente a la ribera de la ciudad, existía una corriente muy fuerte en éste, la cual pudo arrastrar fácilmente varios kilómetros aguas abajo a las embarcaciones que naufragaron frente a la ciudad.

Teniendo presente estas consideraciones y que el material a dragar estará constituido fundamentalmente por sedimentos fáciles de dragar por ser no cohesivos, bastante finos que van desde limos hasta arenas gruesas; así mismo se tiene un volumen de sedimentos a eliminar bastante grande en un lapso de tiempo relativamente pequeño, se recomienda el uso de una draga de alta producción, hidráulica del tipo corte – succión.

Para estimar la capacidad de esta draga se ha elaborado un cálculo de la potencia que ella deberá tener a fin de poder remover el volumen de sedimentos estimado en un tiempo determinado.

5.3 Cálculo de la Potencia de una Draga de Corte – Succión

Si se considera que la draga escogida tendrá una elinda de 18.5 m., entonces la cota máxima del espejo de agua a la que se podría dragar sería 113 m., esto porque la elinda solo puede dragar con un ángulo menor o igual a 45° . Ver la Figura N° 11.

De acuerdo al Histograma de Niveles del Río Amazonas (Ver Anexo N° B), tomando la curva promedio como referencia, solo se contaría con 5 meses para efectuar el dragado, de julio a diciembre, fuera de éstos meses el nivel del río

estaría muy elevado y la elinda no podría alcanzar la cota 100, la cual es la mas baja a donde debe llegar el dragado. Sin embargo, se le agregan dos meses mas porque es el tiempo estimado que se puede dragar por encima de la cota 102.

CALCULO DE LA LONGITUD DE LA ELINDA DE LA DRAGA

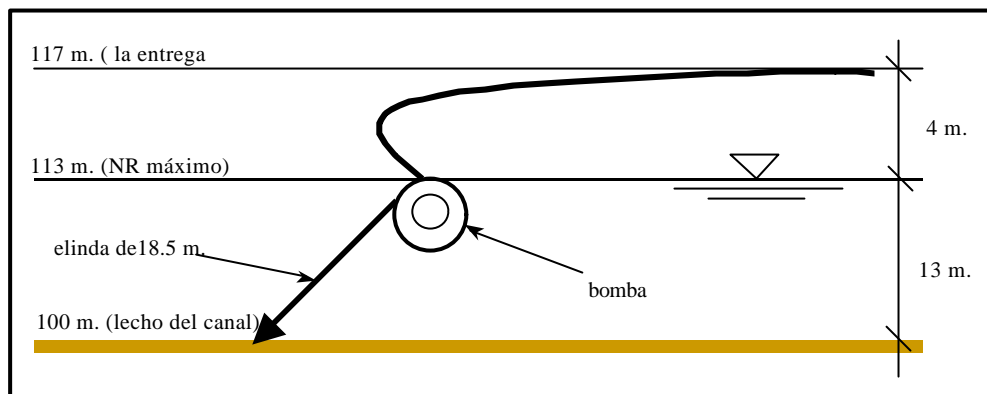


Figura N° 11

En cuanto a la descarga, esta deberá contar con una línea de tubos de 800 metros, ya que la descarga deberá servir de relleno en el islote que se ubica frente a la ciudad

Asimismo se deberá considerar las paralizaciones por los siguientes motivos:

Disponibilidad total	7 meses
Mantenimiento programado	4 días / mes
Mantenimiento correctivo	5 %
Por mal tiempo	10%
Factor de operatividad	0.6

- Luego el tiempo efectivo de dragado será:

$$T = 7 \text{ (meses)} \times 26 \text{ (días/mes)} \times 24 \text{ (horas/día)} \times 0.95 \times 0.9 \times 0.6$$

$$T = 2240 \text{ horas}$$

- El caudal de sólidos deberá ser:

$$Q_s = \frac{1'700,000 \text{ m}^3}{2,240 \text{ horas}} = 758 \text{ m}^3/\text{hora} = 0.211 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

% de sólidos en la mezcla = 15%

Luego el caudal de la mezcla agua mas sólidos será :

$$Q \text{ mezcla} = \frac{0.211 \times 100}{15} = 1.407 \text{ m}^3/\text{seg}$$

PERDIDAS DE CARGA EN EL TUBO DE SUCCION

- Perdida de Carga por Entrada en el Cabezal (Hse)

$$H_{se} = 0.23 \frac{V_s^2}{2 \times g} = 0.23 \frac{4.98^2}{2 \times 9.81} = 0.29 \text{ m.}$$

- Altura Estática en la Succión (Hss)

$$H_{ss} = S_m (z-a) - S_w(z)$$

$$H_{ss} = 1.15 (13 - 1.0) - 1.0 (13) = 0.8 \text{ m.}$$

- Altura de Velocidad en la Succión (Hsv)

$$H_{sv} = S_m \frac{V_s^2}{2g}$$

$$H_{sv} = 1.15 \frac{4.98^2}{2 \times 9.81} = 1.45 \text{ m.}$$

- Altura por fricción en la succión .- (Darcy – Weisback) .- (Hsf)

$$H_{sf} = S_m \cdot f \cdot \frac{L_s}{D_s} \frac{V_s^{1.75}}{2 \cdot g}$$

$$H_{sf} = 1.15 \times 0.028 \times \frac{18.4 \times 4.98^{1.75}}{0.6 \times 2 \times 9.81} = 0.83 \text{ m.}$$

- Altura total en la succión

$$H_{st} = H_{se} + H_{ss} + H_{sv} + H_{sf}$$

$$H_{st} = 0.29 + 0.8 + 1.45 + 0.83 = \mathbf{3.38 \text{ m.}}$$

PERDIDAS DE CARGA EN EL TUBO DE DESCARGA

- Por Descarga (Hde)

$$Hde = S_m (H) = 1.15 (4) = 4.60 \text{ m.}$$

- Altura de Velocidad en la descarga (Hdv)

$$Hdv = S_m \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g}$$

$$Hdv = 1.15 \frac{4.98^2 - 4.98^2}{2 \times 9.81} = 0.00 \text{ m.}$$

- Altura por fricción en la Descarga.- (Darcy – Weisback) .- (Hdf)

$$Hdf = S_m \cdot f \cdot \frac{L_d}{D_d} \frac{V_d^{1.75}}{2 \cdot g}$$

$$Hdf = 1.15 \times 0.028 \frac{800}{0.6} \frac{4.98^{1.75}}{2 \times 9.81} = 36.28 \text{ m.}$$

- Pérdidas de carga por Accesorios en la Descarga

$$Hdo = N K \frac{V_d^2}{2 \cdot g} = 20 \times 0.10 \frac{4.98^2}{2 \times 9.81} = 2.52 \text{ m.}$$

- Altura total en la Descarga

$$Hdt = Hde + Hdv + Hdf + Hdo$$

$$Hdt = 4.6 + 0.0 + 36.28 + 2.52 = 49.72 \text{ m.}$$

- Altura total de succión mas descarga

$$Htt = Hst + Hdt = 53.09 \text{ m.}$$

CALCULO DE LA POTENCIA DE LA DRAGA

Fórmula de la Potencia

$$\text{POTENCIA (HP)} = \frac{S_m \cdot H_{tt} \cdot Q \cdot 1000}{75 \cdot \eta}$$

$$\text{POTENCIA} = \frac{(1.15)(53.09)(1.407)(1000)}{\dots} = \mathbf{1527 \text{ HP}}$$

(75) (0.75)

Capítulo VI

CONCLUSIONES

1. El alejamiento del río Amazonas de la ribera de Iquitos se ha presentado de manera inexorable en la última década, lo cual ha traído consigo en un primer momento la sedimentación generalizada del canal que se encuentra aledaño a ella; para luego, dar lugar a una consolidación del cauce y taludes, conservándose estos sin mayores variaciones desde el año 1996.
2. Sin embargo, los cambios mayores ocurren aguas abajo de la barra de sedimentos que cierra el ingreso a la ciudad, la cual ha sido recortada en su longitud, como consecuencia de una pequeña aproximación lateral del thalweg del río Amazonas a este sector, erosionándola en aproximadamente 40 metros en el término de los últimos dos años, con lo cual; el dragado anual que ha venido efectuando ENAPU en la desembocadura de ese canal, el año pasado (2001), cambió de lugar, al encontrarse que la mayor restricción ya no estaba en su desembocadura sino, entre los 50 y 400 metros aguas arriba de ella.
3. Aguas abajo de dicha desembocadura, el río Amazonas continúa moviéndose en dirección de la Base Naval y del embarcadero de Bellavista, acortando cada vez más la distancia que existe entre ese lugar y la desembocadura del río Nanay.

4. Luego de efectuado este proyecto, es probable que se presente una moderada sedimentación en la desembocadura de la bahía dragada, ya que en ese lugar se está planteando abrir una gran entrada por la cual se puede dar algún ingreso de aguas provenientes del río Amazonas en épocas de creciente, arrastrando consigo sedimentos que se depositarían en ella.
5. Este proyecto deberá contar con el concurso de instituciones públicas del gobierno Central, del gobierno local y regional así como de las empresas privadas asentadas en la ciudad de Iquitos, por tratarse de una obra de envergadura que beneficiará a todos los habitantes de esta ciudad y en particular al sector económico de ella.
6. Para efectuar un dragado mayor como el que se plantea, también deberá tenerse en cuenta que en la región no existen dragas para realizar dragados de esta envergadura. Conseguir una draga adecuada, sería el primer paso para hacer realidad la recuperación total del Terminal Fluvial de Iquitos.

Capítulo VII

RECOMENDACIONES

1. Este estudio se ha desarrollado en base al conocimiento empírico de los navegantes fluviales del río Amazonas y a las Cartas de Practicaje elaboradas por el SHNA, según los cuales en épocas de extrema vaciante no es posible el ingreso hasta Iquitos con embarcaciones provenientes del Atlántico con más de 18 pies (5.5 m.) de calado.

Sin embargo, esta situación podría mejorar significativamente si se efectuara un proyecto complementario al presente, el mismo que contemple el dragado periódico de los llamados “malos pasos”; que son los lugares de restricción a la navegación por escasez de tirante, existentes en el trayecto desde la frontera hasta Iquitos. Seguramente, cuando el tráfico fluvial se incremente en los próximos años, va a ser necesario dragar anualmente en estos lugares, los cuales no cuentan con las condiciones de estabilidad y permanencia como el de la bahía de la ciudad.

Es un hecho fácilmente demostrable que la sedimentación de un canal dragado en el lecho del río Amazonas (en los “malos pasos”) solo tendrá la duración de algunos días o semanas, mientras dure la extrema vaciante, pero cuando éste crezca y luego vuelva a bajar, todo habrá vuelto a ser como si no se hubiera realizado trabajo alguno.

2. Contemplando la importancia que viene adquiriendo en los últimos tiempos, el transporte fluvial en los ríos de nuestra Amazonía, el problema portuario de Iquitos, la carencia de muelles y terminales fluviales en ciudades importantes como Pucallpa, la implementación de ejes intermodales que unan el Atlántico

con el Pacífico, nos debe hacer pensar que efectuar proyectos de dragados en la Amazonía son de imperiosa necesidad, lo cual deberá estar ligado necesariamente a contar con una o mas dragas con la suficiente capacidad para dragar en lapsos cortos de tiempo grandes volúmenes de sedimentos.

3. Si bien es cierto los estimados de volúmenes a dragar han partido de una batimetría efectuada con poco detalle para este tipo de trabajos, para el control del dragado ésta deberá realizarse con mayor detalle por medio de una batimetría con líneas transversales con una separación entre ellas no mayor a 25 metros.
4. Asimismo, una draga del tipo corte – succión sería la mas conveniente para un dragado del tipo que se plantea realizar, donde no va a tener problemas para enfrentar corrientes muy pequeñas, pudiendo anclarse en el lecho del canal sin mayores inconvenientes, sin embargo en el cauce principal del río Amazonas no sería de gran utilidad, no solo porque sería muy difícil anclarla o ponerla estacionaria en corrientes que se aproximan hasta los 3 metros por segundo, sino porque tender tuberías de descarga también sería extremadamente complicado, no solo por las corrientes sino por la existencia de palizadas.
5. Para este tipo de trabajo, el tipo de draga que se adecuaría mejor sería la de arrastre, no solo porque no requiere estar totalmente estacionaria para efectuar dragados, sino porque cuenta con propulsión propia que la puede ubicar con mayor facilidad en lugares distantes y apartados de nuestra Amazonía sin tener que ser remolcada como en el caso de la draga de corte - succión. Además, otra característica de éste tipo de dragas es que la descarga del material dragado la efectúa inicialmente a sus bodegas, para luego descargarlo en lugares alejados o cercanos según sea la conveniencia.

6. También existen dragas de pitoneo o de inyección, las cuáles hacen uso de un potente chorro de agua para remover los sedimentos del lecho, esta podría ser una buena alternativa si se piensa comprar mas de una draga. Al no recoger los sedimentos del lecho del canal, estos son transportados por la corriente del río.

BIBLIOGRAFIA

1. Informe sobre el Muelle y Defensa de Iquitos
Ing. Young Bazo y M. Tenorio (1948)
2. Defensa de la Ribera del Río Amazonas en Iquitos
Hidrotecnic Corporation (1962).
3. Batimetría del Río Amazonas
Hidrotecnic Corporation (1970).
4. Carta de Practicaje del Río Amazonas
Marina de Guerra del Perú (1975).
5. Informe de Mediciones y Observaciones del Río Amazonas
Proyecto Controlamar (1979).
6. Geotecnia y los Deslizamientos en Iquitos
Nelson Pinedo Reátegui (1985)
7. El Río que se Aleja
Rvdo. Joaquín García Sánchez y el S.H.N.A.(1987).
8. Estudios Hidráulicos y Morfológicos del Río Amazonas en el Área de
Iquitos y Cercanías realizados por el SHNA desde el año1986 hasta el
2001.
9. Levantamientos Batimétricos y Topográficos realizados por el SHNA
por encargo de ENAPU S.A. desde el año1992 hasta el 2001.
10. Hidraulic Dredging
Jhon Huston (1970)
11. Hidraulic Dredging
Tomas M.Turner

ANEXOS

- A. Plano Movimiento del Thalweg del Río Amazonas en el Sector de Iquitos y Cercanías.
- B. Histograma de Niveles del Río Amazonas frente a la Ciudad de Iquitos.
- C. Cuadro de Niveles Máximos y Mínimos del río Amazonas frente a la Ciudad de Iquitos.
- D. Gráficos de Secciones Transversales Comparando los Levantamientos 2000 y 2001
- E. Cuadro del Cálculo de Volúmenes para Dragado.
- F. Plano Hidrográfico del Río Amazonas Sector de Dragado
- G. Gráficos de las Secciones Transversales a Dragar
- H. Fotografías

ANEXOS A

Movimiento del Thalweg del Río Amazonas

.

ANEXO B

Histograma de Niveles del Río Amazonas

ANEXO C

Niveles Máximos y Mínimos del río Amazonas

ANEXO D

Secciones Transversales Comparando los

Levantamientos 2000 y 2001

ANEXO E

Cuadro del Cálculo de Volúmenes para Dragado.

ANEXO F

Plano Hidrográfico del Río Amazonas Sector de Dragado

ANEXO G

Secciones Transversales a Dragar

ANEXO H

Fotografías