

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO BOLÍVAR  
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**ESTUDIO DEL FLUJO DE LOS SEDIMENTOS Y DE LA  
AREAS DE DESCARGA PARA DRAGAS DE TOLVAS EN  
EL SECTOR ARAMAYA DEL RÍO ORINOCO. ESTADO  
MONAGAS. VENEZUELA.**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO  
POR LAS BACHILLERES  
DAUHARE CARLA,  
MARIÑA MORAIMA  
PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO  
GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, FEBRERO 2011**

## HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado **“ESTUDIO DEL FLUJO DE SEDIMENTOS Y DE LAS AREAS DE DESCARGA PARA DRAGAS DE TOLVAS EN EL SECTOR ARAMAYA, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**, presentado por las bachilleres **DAUHARE LARA CARLA MARÍA, MARIÑA DÍAZ MORAIMA JOSÉ**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Dafnis Echeverría

(Asesor)

---

Profesor Enrique Acosta  
Jefe del Departamento de Geotecnia

Ciudad Bolívar, Febrero de 2011

## **DEDICATORIA**

Para mí es un orgullo dedicarle mi trabajo de grado a mis queridos y apreciados padres: Yajaira Lara y Carlos Dauhare. Por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional y su confianza.

A mi abuela María Lara por darme sus sabios consejos en los momentos más oportunos y su cariño

A mi hermana Carlina Dauhare por brindarme su apoyo para seguir siempre adelante. A toda mi familia, que desearon mi éxito, desde el comienzo de mi carrera.

Dauhare Lara Carla María

## **DEDICATORIA**

A tí mi Dios, Todopoderoso, el creador de la vida, el que me ha dado la oportunidad de estar aquí, el que siempre está conmigo en las buenas y en las malas.

A mis padres Nelson Mariña Sucre y Moraima Díaz de Mariña a ustedes que siempre han confiado en mí, que en todo momento cuento con su apoyo comprensión y cariño, a ustedes que siempre me han enseñado que lo importante de la vida es la humildad y que la honestidad sea el pilar fundamental en mi vida.

A mi abuela Esther Pino por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, tu apoyo me da fuerzas para seguir adelante mi viejita preciosa.

A mis hermanos Nelson y Moreida a uds por ser siempre mi ejemplo a seguir por enseñarme; ayudarme y apoyarme a lo largo de esta meta.

A tí tío Francisco por permitirme desarrollar esta carrera en tan importante universidad hoy no sería lo que soy en día. Este logro es para ti.

Mariña Diaz Moraima .



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios Todopoderoso, por darme vida y salud para culminar la carrera, superando cualquier obstáculo presente, y lograr así una de las metas más grande de mi vida.

A mis padres y mi hermana por darme todo su amor, dedicación, confianza y por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente.

A mi asesor académico profesor Dafnis Echeverría, por su confianza orientación y valioso apoyo brindado.

A todo el personal que labora en el Instituto Nacional de Canalizaciones y en especial a los ingenieros María Cueto y Eulenis González por haberme prestado su colaboración y toda la ayuda ofrecida.

Le agradezco a la Universidad de Oriente por la preparación de mi educación, crecimiento personal y conocimientos adquiridos.

Dauhare Lara Carla María

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios todopoderoso por darme la vida, a mis padres, abuela, hermanos, Simona a mi tío Francisco y a toda mi familia por darme todo su apoyo y cariño.

A la Universidad de Oriente núcleo Bolívar por ser la casa más alta de estudio y por permitirme desarrollarme como profesional.

A mi profesor y asesor Dafnis Echeverría por ayudarnos a desarrollar este trabajo de grado, dedicarnos su valioso tiempo, muchas gracias por su apoyo.

Al Instituto Nacional de Canalizaciones (INC), en especial a los ingenieros María Cueto y Eulenis Gonzales de la División Control de Producción de la Gerencia Canal del Orinoco, por su grata colaboración y disposición al facilitarnos la información necesaria e indispensable para llevar a cabo el desarrollo de esta investigación.

A todos mis amigos en especial a José Gómez, Jessica Chuecos y Jessica García por ayudarme a lo largo de toda esta investigación y por todo el apoyo que he recibido de tu parte.

A ti por estar en los momentos que más te necesité y darme mucho apoyo.

Mariña Diaz Moraima .

## **RESUMEN**

El objetivo general de esta investigación es analizar el movimiento de los sedimentos y las áreas de descarga para dragas de tolvas sector Aramaya estado Monagas. La estrategia para dar respuesta al problema planteado fue documental. Con la información suministrada del Instituto Nacional de Canalizaciones, se realizaron secciones transversales a través de los planos batimétricos costa a costa del año 1998. Luego se estableció el comportamiento hidrodinámico correlacionando los niveles del río, velocidades y gastos líquidos obtenidos de las campañas de aforo efectuadas por el INC durante el período 1998 -2002, se realizó el Hidrograma de acuerdo a los niveles promedios, máximos y mínimos registrados desde 1943-2009 con el fin de saber las variaciones anuales en los niveles del agua. También se pudo conocer la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho de acuerdo a las profundidades existente al inicio y final de ambos sectores se utilizaron modelos para el análisis de movimiento incipiente según Hjulstrom, Shields, Van Rijn, Yang, Meller- Peter-Müller, Mavis –Laushey, Badnolds y Englund y finalmente a través del uso del software de SMS se pudieron identificar sus velocidades de corrientes de 1.80 m/s-4.20 m/s y con profundidades de 28.5mts-38.5mts y su área de descarga ubicada en la parte Noroeste del sector son las más indicadas en vista que la zona presenta muy buena erosión

## CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| HOJA DE APROBACIÓN .....                  | ii     |
| DEDICATORIA .....                         | iii    |
| DEDICATORIA .....                         | iv     |
| AGRADECIMIENTO .....                      | v      |
| AGRADECIMIENTO .....                      | vi     |
| RESUMEN.....                              | vii    |
| CONTENIDO .....                           | viii   |
| LISTA DE FIGURAS .....                    | xi     |
| LISTA DE TABLAS .....                     | xiii   |
| LISTA DE APÉNDICES .....                  | xiv    |
| INTRODUCCIÓN .....                        | 1      |
| CAPÍTULO I.....                           | 3      |
| SITUACIÓN A INVESTIGAR .....              | 3      |
| 1.1 Situación objeto de estudio.....      | 3      |
| 1.2 Objetivos de la investigación.....    | 4      |
| 1.2.1 Objetivo General.....               | 4      |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....          | 4      |
| 1.3 Justificación .....                   | 5      |
| CAPÍTULO II .....                         | 6      |
| GENERALIDADES .....                       | 6      |
| 2.1 Ubicación geográfica del área .....   | 6      |
| 2.2 Acceso al área .....                  | 6      |
| 2.3 Características climatológicas .....  | 7      |
| 2.4 Características geomorfológicas.....  | 8      |
| 2.5 Características hidrológicas.....     | 9      |
| 2.6 Características bióticas .....        | 10     |
| 2.6.1 Vegetación .....                    | 10     |
| 2.6.2 Fauna.....                          | 10     |
| 2.6.3 Ictiofauna .....                    | 11     |
| 2.7 Características sedimentológicas..... | 11     |
| 2.8 Río Orinoco .....                     | 12     |
| 2.9 Geología regional.....                | 13     |
| 2.9.1 Complejo de Imataca.....            | 13     |
| 2.9.2 Formación Mesa .....                | 14     |
| 2.9.3 Depósitos aluviales .....           | 15     |
| 2.10 Geología del área .....              | 15     |
| CAPÍTULO III .....                        | 17     |
| MARCO TEÓRICO.....                        | 17     |

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Antecedentes de la investigación.....                                | 17 |
| 3.2 Bases teóricas.....  | 19 |
| 3.2.1. Geomorfología fluvial .....                                       | 19 |
| 3.2.2 Propiedades de los sedimentos .....                                | 19 |
| 3.2.3 Transporte de sedimentos .....                                     | 20 |
| 3.2.4 Transporte de sedimentos en suspensión.....                        | 20 |
| 3.2.5 Transporte de sedimentos de fondo .....                            | 20 |
| 3.2.6 Volumen de sedimentos transportados .....                          | 21 |
| 3.2.7 Carga suspendida.....  | 21 |
| 3.2.8 Formas del lecho.....  | 21 |
| 3.2.9 Carga del lecho .....  | 22 |
| 3.2.10 Secciones transversales en canales naturales.....                 | 23 |
| 3.2.11 Ecuación de Manning .....   | 23 |
| 3.2.12 Selección del Coeficiente de rugosidad de Manning.....            | 24 |
| 3.2.13 Factores que afectan el Coeficiente de rugosidad de Manning ..... | 25 |
| 3.2.14. Movimiento incipiente de las partículas en corriente .....       | 25 |
| 3.3 Morfología fluvial.....  | 34 |
| 3.4 Niveles del río.....   | 35 |
| 3.5 Limnógrafos.....   | 37 |
| 3.6 Limnímetros.....   | 37 |
| 3.7 Instalaciones limnigráficas (limnógrafos de flotador).....           | 37 |
| 3.8 Tipos de limnímetros .....   | 38 |
| 3.8.1 Limnímetros de regla vertical.....                                 | 38 |
| 3.8.2 Limnómetro de cinta.....   | 38 |
| 3.8.3 Limnómetro de aguja.....   | 39 |
| 3.8.4 Limnímetros de aguas máximas .....                                 | 39 |
| 3.9 Correntómetro.....   | 39 |
| 3.10 Las Cartas de navegación .....                                      | 39 |
| 3.10.1 El Canal navegable .....  | 40 |
| 3.10.2 El Canal del río o canal del interior .....                       | 40 |
| 3.11 Dragado.....  | 41 |
| 3.11.1 Tipos de dragados .....   | 41 |
| 3.12 Dragas .....  | 42 |
| 3.12.1 Dragas hidráulicas .....  | 42 |
| 3.12.2 Dragas de tolva .....   | 42 |
| 3.12.3 Componentes del sistema .....                                     | 43 |
| 3.12.4 Funcionamiento .....  | 43 |
| 3.13 Mantenimiento actual del canal mediante operaciones de dragado..... | 44 |
| 3.14 Pendiente hidráulica.....   | 45 |
| 3.15 Patrones de flujo .....   | 45 |
| 3.16 Radio hidráulico.....   | 45 |
| 3.17 Programa HEC-RAS.....   | 46 |
| 3.18 SMS (Surface-water Modeling System).....                            | 47 |

|   |     |
|---|-----|
| CAPÍTULO IV .....   | 48  |
| METODOLOGÍA DE TRABAJO .....  | 48  |
| 4.1 Nivel de investigación .....  | 48  |
| 4.2 Diseño de la investigación .....  | 48  |
| 4.3 Población .....   | 48  |
| 4.4 Muestra .....   | 49  |
| 4.5. Técnica.....   | 49  |
| 4.6 Instrumentos implementados .....  | 49  |
| 4.7 Flujoograma de la metodología y descripción.....  | 50  |
| 4.7.1 Fase I recopilación de información.....   | 51  |
| 4.7.2 Fase II Descripción de la morfología del área de estudio.....   | 52  |
| 4.7.3 Fase III Describir los parámetros hidráulicos .....   | 52  |
| 4.7.4. Fase IV Análisis del movimiento de sedimentos.....   | 61  |
| 4.7.5 Fase V Evaluación y ubicación de las actuales áreas de descarga del material dragado .....                    | 61  |
| CAPÍTULO V .....  | 69  |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....   | 69  |
| 5.1. Descripción de la morfología del área de estudio.....  | 69  |
| 5.2 Descripción de los parámetros hidráulicos principales del sector Aramaya.....                                   | 71  |
| 5.2.1 Hidrograma de los niveles del río .....   | 71  |
| 5.2.2 Correlación de niveles caudales y velocidades.....  | 72  |
| 5.3 Determinación de pendiente hidráulica y pendiente del lecho .....   | 73  |
| 5.3.1 Determinación del radio hidráulico .....  | 73  |
| 5.3.2 Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning .....   | 74  |
| 5.4 Caracterización geotécnica de los materiales del lecho del río en el sector Aramaya del río Orinoco.....        | 75  |
| 5.4.1 Clasificación granulométricas de los materiales del lecho .....   | 75  |
| 5.4.2 Análisis de los ángulos de fricción interna de los materiales del lecho...                                    | 75  |
| 5.4.3 Formas y tamaño de los granos .....   | 76  |
| 5.4.4 Análisis del contenido mineralógico de los materiales del lecho .....   | 76  |
| 5.5 Análisis del movimiento de sedimentos que se producen en el sector Aramaya.....                                 | 77  |
| 5.6. Evaluación de la capacidad y ubicación de las áreas de descarga de material dragado en el sector Aramaya ..... | 83  |
| Conclusiones.....   | 88  |
| Recomendaciones .....   | 90  |
| REFERENCIAS .....   | 91  |
| APÉNDICE C .....  | 140 |
| SECCIONES TRANSVERSALES.....  | 140 |

## LISTA DE FIGURAS

|  | Página |
|--|--------|
| Figura 2.1. Localización del Área de Estudio. ....   | 7      |
| Figura 3.1 Formas del lecho en ríos arenosos (Chang, H 1988). ....   | 22     |
| Figura 3.2 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang, 1996). ....   | 27     |
| Figura 3.3 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulstrom, 1935 en Yang, 1996). ....   | 29     |
| Figura 3.4 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Van Rijn, 1989). ....  | 30     |
| Figura 3.5 Relación entre la velocidad promedio crítica adimensional y el número de Reynolds (Yang, 1996). ....  | 31     |
| Figura 3.6 Verificación del criterio de movimiento incipiente de Yang. ....  | 32     |
| Figura 3.7 Determinación de los niveles del río (Tomado del Informe I.N.C). ....   | 36     |
| Figura 3.8 Draga de tolva. ....  | 43     |
| Figura 4.1 Flujograma de Trabajo. ....   | 50     |
| Figura. 4.2 Tabla detallada de salida. ....  | 53     |
| Figura 4.3 Esquema del río en el área de estudio. ....   | 56     |
| Figura 4.4 Asignación de valores a una sección en estudio. ....  | 57     |
| Figura 4.5 Esquema en planta con las secciones transversales. ....   | 58     |
| Figura 4.6 Ventana para datos del flujo. ....  | 59     |
| Figura 4.7 Nivel del agua para el caudal. ....   | 59     |
| Figura.4.8 Analisis del flujo en los tramos. ....  | 60     |
| Figura 4.9 Cuadro resumen de los datos ....  | 60     |
| Figura. 4.10 Pantalla principal del SMS. ....  | 64     |
| Figura. 4.11 Arcos de rasgo formados. ....   | 65     |
| Figura. 4.12 Formación de la malla ....  | 65     |
| Fig. 4.13 Interpolación de los datos batimetría. ....  | 66     |
| Figura 4.14 Indicando la especificaciones del modelo ....  | 67     |
| Figura 4.15 Solución hidrodinámica. ....   | 68     |
| Figura 4.15 Solución hidrodinámica. ....   | 68     |
| Figura 5.1 Comparación de la fotografías aéreas tomadas en la misión VMAST5 en el año 1961 y la carta de navegación realizada en el año 1996 (Información suministrada por el Departamento de Investigación del I.N.C). .... | 70     |
| Figura 5.2 Modelo digital del lecho del sector Aramaya del canal de Navegación. ....   | 71     |
| Figura 5.3 Hidrogramas representativos de los niveles, máximos, promedios y mínimos de la milla 171.5 (1943-2009). ....  | 72     |
| Figura 5.4 Análisis Petrográficos de las muestras extraídas del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco. ....   | 77     |

|  |    |
|--|----|
| Figura 5.5 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang, 1996) .....   | 78 |
| Figura 5.6 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulstrom, 1935 en Yang, 1996). .....  | 79 |
| Figura 5.7 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Van Rijn, 1989). .....   | 80 |
| Figura 5.8 Verificación del criterio de movimiento incipiente de Yang.....   | 81 |
| Figura 5.9 Variación del volumen para el área 1, en función al estiaje y aguas altas para material dragado .....   | 83 |
| Tabla 5.3 La variación del volumen en época de estiaje y aguas altas con respecto a la altura del río .....  | 85 |
| En la figura 5.11 Se indicó gráficamente la variación del volumen en época de aguas bajas y aguas altas y oscila entre 23910330 (m <sup>3</sup> ) , 628853589.404 (m <sup>3</sup> ) con respecto a la altura del río. .... | 86 |



## LISTA DE TABLAS

|  | Página                               |
|--|--------------------------------------|
| Tabla.2.1.Características climatológicas del sector Aramaya (Tomado de Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994)..... | 8                                    |
| Tabla 5.1 Coordenadas del área actual de descarga.....   | 84                                   |
| Tabla 5.2 Diferencia de volumen para el área 1 con respecto al estiaje y aguas altas para material dragado.....    | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla 5.3 Coordenadas del área actual de descarga.....   | 86                                   |
| Tabla 5.4 Diferencia de volumen para el área 2 con respecto al estiaje y aguas altas para material dragado.....    | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## LISTA DE APÉNDICES

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Apéndice A.....   | Página                               |
| Tabla A.1 Datos del análisis Granulométricos realizado a las muestras tomadas de la milla 170.8, en el sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.... | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.2 Datos del análisis Granulométricos realizado a las muestras tomadas de la milla 169.8, en el sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco...  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.3 Datos del análisis Granulométricos realizado a las muestras tomadas de la milla 168.8, en el sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.... | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.4 Datos del análisis Granulométricos realizado a las muestras tomadas de la milla 167.8, en el sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.... | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.5 Datos del análisis Granulométricos realizado a las muestras tomadas de la milla 166, en el sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.6 Resultados del ensayo de corte directo de la muestra del talud izquierdo. Sección N°1 (milla 167.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.7 Resultados del ensayo de corte directo de la muestra del Talud izquierdo. Sección N°1 (milla 167.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.8 Resultados del ensayo de corte directo de la muestra del talud izquierdo .Sección N°1 (milla 167.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.9 Resultados de los valores de esfuerzo horizontal y corte horizontal de la muestra Talud izquierdo-1 .....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 10 Análisis de forma de la muestra del talud izquierdo de la sección N°1 del sector Aramaya (milla 167.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 11 Análisis de forma de la muestra del centro del canal de la sección N°1 del sector Aramaya (milla 167.8).....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 12 Análisis de forma de la muestra del Talud derecho de la sección N°1 del sector Aramaya (milla 167.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 13 Análisis de forma de la muestra del Talud izquierdo de la sección N°2 del sector Aramaya (milla 168.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 14 Análisis de forma de la muestra del centro del canal de la sección N°2 del sector Aramaya (milla 168.8).....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 15 Análisis de forma de la muestra del Talud derecho de la sección N°2 del sector Aramaya (milla 168.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 16 Análisis de forma de la muestra del Talud izquierdo de la sección N°3 del sector Aramaya (milla 169.8).....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Tabla A 17 Análisis de forma de la muestra del centro del canal de la sección N°3 del sector Aramaya (milla 169.8).....                           | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 18 Análisis de forma de la muestra del Talud derecho de la sección N°3 del sector Aramaya (milla 169.8).....                              | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 19 Análisis de forma de la muestra del Talud izquierdo de la sección N°4 del sector Aramaya (milla 170.8).....                            | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 20 Análisis de forma de la muestra del centro del canal de la sección N°4 del sector Aramaya (milla 170.8).....                           | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A 21 Análisis de forma de la muestra del Talud derecho de la sección N°4 del sector Aramaya (milla 170.8).....                              | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.22 Resultados del análisis petrográfico realizado a las muestras del sector Aramaya. ....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.23 Datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Aramaya.....                                     | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla A.24 Continuación de la tabla A.23 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Aramaya .....      | 112                                  |
| Tabla A.25 Continuación de la tabla A.24 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Aramaya .....      | 113                                  |
| Tabla A 26 Niveles Promedios máximos y mínimos de la milla 171.5 durante el período 1943-2009 del canal de navegación del Río Orinoco .....       | 114                                  |
| Tabla A 27 Datos de niveles, velocidades y caudal líquidos de la sección de aforo de Múcura Norte ubicada en la milla 167.9 sector Aramaya.....   | 116                                  |
| Tabla A 28 Datos de niveles, velocidades y caudal líquidos de la sección de aforo de Múcura Sur ubicada en la milla 167.0 sector Aramaya .....    | 117                                  |
| Tabla A 29 Datos de niveles, velocidades y caudal líquidos de la sección de aforo de San Roque Sur ubicada en la milla 166.8 sector Aramaya ..... | 118                                  |
| Tabla A 30 Tasa de sedimentación del canal de navegación del Río Orinoco correspondiente a las millas 167.7- 171.1 .....                          | 119                                  |
| Tabla A.31 Pendiente Hidráulica del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco.....   | 121                                  |
| Tabla A.32.Pendiente del lecho del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco.....  | 121                                  |
| Tabla A.33 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°1, 2,3 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>                                  |                                      |
| Tabla A.34 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N° 4, 5,6.....   | 123                                  |
| Tabla A.35 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°7, 8,9.....  | 124                                  |
| Tabla A.36 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°10, 11,12..  | 125                                  |
| Tabla A.37 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°13, 14,15..  | 126                                  |
| Tabla A.38 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°16, 17,18..  | 127                                  |
| Tabla A.39 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°19, 20,21 ..   | 128                                  |
| Tabla A.40 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°22, 23,24..  | 129                                  |
| Tabla A.41 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°25, 26,27..  | 130                                  |
| Tabla A.42 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°28, 29,30..  | 131                                  |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla A.43 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°31, 32,33 ..  | 132 |
| Tabla A.44 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya en la Isla Múcura N°5.1, 6.1, 7.1.....  | 133 |
| Tabla A.45 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya en la Isla Múcura N°8.1, 9.1, 10.1.....   | 134 |
| Tabla A.46 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya en la Isla Múcura N°11.1.....   | 135 |
| Tabla A.47 Coordenadas de las secciones transversales del sector Aramaya utilizadas para georeferenciar el tramo en estudio utilizadas en el programa de Hec-Ras ..... | 136 |
| Tabla A.48 Coordenadas de las secciones transversales de la isla Mucura utilizada para georeferenciar el tramo en estudio utilizadas en el programa de Hec-Ras .....   | 137 |
| Tabla A.49 Distancia entre las secciones del margen izquierdo, a lo largo del centro del canal, margen derecho del sector Aramaya.....                                 | 137 |
| Tabla A.50 Distancia entre las secciones del margen izquierdo, a lo largo del centro del canal, margen derecho del sector Aramaya en la isla Mucura.....               | 138 |
| Tabla A.51 Datos de movimientos incipiente de sedimentos en el sector de estudio .....   | 138 |
| Tabla A.52 Datos de Movimiento de sedimentos de Shields .....  | 139 |
| Tabla A.53 Datos de Movimiento de sedimentos de Van Rijn.....  | 139 |

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Apéndice B.....   | Página                               |
| Figura B.1 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 170.8 en ese sector Aramaya.....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura B.2 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 169.8 en el sector Aramaya.....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura B.3 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 168.8 en el sector Aramaya.....  | 98                                   |
| Figura B.4 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 167.8 en el sector Aramaya.....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura B.5 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 166.0 en el sector Aramaya.....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura B.6 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 100 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco. .. | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura B.7 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 200 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco. .. | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura B.8 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 300 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco. .. | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

Figura B.9 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 400 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco. .. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.10 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del talud izquierdo sección 1 del sector Aramaya (milla 167.8) **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.11 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del centro del canal sección 1 del sector Aramaya (milla 167.8) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.12 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del talud derecho sección 1 del sector Aramaya (milla 167.8)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.13 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del talud izquierdo sección 2 del sector Aramaya (milla 168.8) **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.14 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del centro del canal sección 2 del sector Aramaya (milla 168.8) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.15 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del talud derecho sección 2 del sector Aramaya (milla 168.8)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.16 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del talud derecho sección 3 del sector Aramaya (milla 169.8)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.17 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del centro del canal sección 3 del sector Aramaya (milla 169.8) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.18 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del talud izquierdo sección 4 del sector Aramaya (milla 170.8) **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.19 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del centro del canal sección 4 del sector Aramaya (milla 170.8) ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.20. Distribución de la forma de las partículas de la muestra del talud derecho sección 4 del sector Aramaya (milla 170.8)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.21 Análisis Petrográficos de las muestras extraídas del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.22 Fotografías Aéreas 471 tomadas en la misión VMAST5 realizada en el año 1961 (Información suministrada por el Dpto de investigación del I.N.C)..... 155

Figura B.23 Hidrogramas representativos de los niveles máximos, promedios y mínimos de la milla 171.5 de la estación limnigráficas de Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, durante el período 1943-2009 (Información suministrada por el departamento de hidrografía del I.N.C) ..... 115

Figura B.24 Correlación de los caudales, niveles y velocidades registradas en la sección de aforos Mucura Norte Ubicada en la milla 167.9 Sector Aramaya (Datos suministrados por el Dpto de investigación)..... 116

Figura B.25 Correlación de los caudales, niveles y velocidades registradas en la sección de aforos Mucura Sur Ubicada en la milla 167.0 Sector Aramaya (Datos suministrados por el Dpto de investigación ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura B.26 Correlación de los caudales, niveles y velocidades registradas en la sección de aforos San Roque Ubicada en la milla 166.8.0 Sector Aramaya (Datos suministrados por el Dpto de investigación ..... 118

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Figura B.27 Tasa de sedimentación promedio mensual durante el período 2004-2007, correspondiente al sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco .....   | 120                                  |
| Figura B.28 Comparación de volúmenes de planos y tolvas del sector Aramaya .....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura B.29 Sección Transversal N° 1, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 166.3. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998.....    | 141                                  |
| Figura B.30 Sección Transversal N° 2, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 166.3. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998.....    | 141                                  |
| Figura B.31 Sección Transversal N° 3, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 166.3. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998.....    | 141                                  |
| Figura B.32 Sección Transversal N° 4, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 1167.3. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998.....   | 142                                  |
| Figura B.33 Sección Transversal N° 5, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 167.3. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998.....    | 142                                  |
| Figura B.34 Sección Transversal N° 6, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 167.8. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/10/1998..... | 142                                  |
| Figura B.35 Sección Transversal N° 7, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 168.3. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4876 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....    | 143                                  |
| Figura B.36 Sección Transversal N° 8, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 168.6. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....    | 143                                  |
| Figura B.37 Sección Transversal N° 9, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.5. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....    | 143                                  |
| Figura B.38 Sección Transversal N° 10, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.5. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....   | 144                                  |
| Figura B.39 Sección Transversal N° 11, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.9. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....   | 144                                  |
| Figura B.40 Sección Transversal N° 12, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.9. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....   | 144                                  |
| Figura B.41 Sección Transversal N° 13, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.5. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/199.....    | 145                                  |

|  |     |
|--|-----|
| Figura B.42 Sección Transversal N° 14, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 170.6.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998..... | 145 |
| Figura B.43 Sección Transversal N° 15, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 170.6.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998..... | 145 |
| Figura B.44 Sección Transversal N° 16, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998.....   | 146 |
| Figura B.45 Sección Transversal N° 17, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 170.6.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998..... | 146 |
| Figura B.46 Sección Transversal N° 18, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998.....   | 146 |
| Figura B.47 Sección Transversal N° 19, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 171.7. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....   | 147 |
| Figura B.48 Sección Transversal N° 20, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998.....   | 147 |
| Figura B.49 Sección Transversal N° 21, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 171.7. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998.....   | 147 |
| Figura B.50 Sección Transversal N° 22, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998.....   | 148 |
| Figura B.51 Sección Transversal N° 23, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 172.7.7. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 23/10/1998..... | 148 |
| Figura B.52 Sección Transversal N° 24 ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 172.7. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....    | 148 |
| Figura B.53 Sección Transversal N° 25, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 172.7. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....   | 149 |
| Figura B.54 Sección Transversal N° 26, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 173.8. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....   | 149 |
| Figura B.55 Sección Transversal N° 27, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 173.8. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....   | 149 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura B.56 Sección Transversal N° 28, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 173.8. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....                                       | 150 |
| Figura B.57 Sección Transversal N° 29, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....                                       | 150 |
| Figura B.58 Sección Transversal N° 30, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....                                       | 150 |
| Figura B.59 Sección Transversal N° 31, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....                                       | 151 |
| Figura B.60 Sección Transversal N° 32, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....                                       | 151 |
| Figura B.61 Sección Transversal N° 33, ubicada en el sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 175.0. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.....                                       | 151 |
| Figura B.62 Sección Transversal N° 5.1, ubicada en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.9. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998.....     | 152 |
| Figura B.63 Sección Transversal N° 6.1, ubicada en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 167.7. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998.....     | 152 |
| Figura B.64 Sección Transversal N° 7.1, ubicada en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 168.6. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....     | 152 |
| Figura B.65 Sección Transversal N° 8.1, ubicada en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.169.5. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998..... | 153 |
| Figura B.66 Sección Transversal N° 9.1, ubicada en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.5. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....     | 153 |
| Figura B.67 Sección Transversal N° 10.1, ubicada en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.9. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998.....    | 153 |



|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Figura B.68 Sección Transversal N° 11.1, ubicada en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura del canal de navegación del río Orinoco, en la milla 169.9. Información tomada del plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998..... | 154                                  |
| Figura B.69 Modelo digital del lecho del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco correspondiente al año 1998 .....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en analizar el movimiento de los sedimentos y las áreas de descarga para dragas de tolva en el sector Aramaya del río Orinoco estado Monagas.

En el desarrollo de esta investigación se han planteados objetivos que permitan solucionar el problema existente en el área de descarga del sector Aramaya; sin embargo, la bibliografía consultada permitió conocer algunas recomendaciones que han sido promovidas por algunos investigadores, las cuales han sido ampliamente aceptadas como estatutos hasta el presente.

El Instituto Nacional de Canalizaciones es el ente encargado para el buen funcionamiento, desarrollo, administración y mantenimiento integral del canal de navegación del río Orinoco.

El documento se encuentra estructurado en cinco capítulos cuyo contenido consiste en los siguientes:

Capítulo I. Situación a investigar: en esta sección se explica el planteamiento del problema central de este estudio. Asimismo, se definen tanto el objetivo general como los objetivos específicos que orientaron el desarrollo del trabajo y justificación del mismo.

Capítulo II. Generalidades: en este capítulo se presentan la ubicación geográfica del área, acceso al área también se mencionan las características climatológicas, geomorfológicas, hidrológicas, bióticas, sedimentológicas y por último río Orinoco, geología regional y geología del área.

Capítulo III. Marco teórico: antecedentes se resumen todos los criterios y aspectos pre- existentes relacionados con el tema de la presente investigación que sirven de base al desarrollo de la misma.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: se describe el nivel y diseño de la investigación, población, muestra y finalmente se desarrolla la metodología utilizada para cada uno de los objetivos de esta investigación.

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: se procesan los datos y se dan a conocer los resultados, los cuales sirvieron como información necesaria para conocer la morfología, los parámetros hidráulicos y las características de los materiales del lecho.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, producto de la investigación, referencias, los apéndices y anexos que amplían aún más la información de la presente investigación.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Situación objeto de estudio

De acuerdo a estudios realizados sobre el transporte de sedimentos en el río Orinoco este podría sobrepasar los 400 millones de metros cúbicos anuales a todo lo largo de su cauce. Estos materiales se erosionan, transportan y depositan en el río obedeciendo a las condiciones hidrodinámicas y geomorfológicas presentes las cuales varían en el tiempo (durante el ciclo hidrológico anual del río) y espacialmente (a lo largo del cauce del río).

Ahora bien, el río Orinoco es utilizado como vía de navegación para el ingreso y salida de gabarras y de buques de gran calado; sin embargo, el continuo proceso de sedimentación dificulta la permanencia de adecuadas profundidades que permitan el tránsito seguro de todas estas embarcaciones. Por ello, es de vital importancia conocer la dinámica sedimentaria que permita programar el diseño y mantenimiento de adecuados canales navegables.

En ese orden de ideas, es necesario acotar que el sector Aramaya es uno de los sectores del río Orinoco que deben ser dragados para mantener las profundidades navegables.

Asimismo, dicho sector es dragado, desde hace algunos años, sólo utilizando equipos de tolvas los cuales requieren áreas de descarga, para la depositación del material dragado.

La elección de adecuadas áreas de descargas dependerá de algunas premisas básicas como son:

Que estén ubicadas --ceranas a las zonas de dragados para garantizar ciclos de dragados lo más cortos posibles (dragado, acarreo, descarga y navegación) pero no tan cercanas dicho material, de tal forma que se garanticen ciclos de dragados cortos y rentables.

Zonas de descargas que posean suficiente capacidad para la depositación de todo el material extraído del lecho del canal.

Que la zona de descarga se vea favorecida por los patrones preferenciales de flujo de tal forma que el material allí descargado no retorne a los canales de navegación dragados.

En vista de ello, se plantea como problemática de investigación la necesidad de conocer con mayor detalle todos los aspectos involucrados en el movimiento de sedimentos en dicho sector, la posibilidad de sugerir zonas de áreas de descargas.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### 1.2.1 Objetivo General

Analizar el movimiento de los sedimentos y las áreas de descarga para dragas de tolvas en el Sector Aramaya. Estado Monagas. Venezuela.

### 1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir la morfología del área de estudio.
2. Describir los parámetros hidráulicos principales del sector Aramaya, tales como la velocidad del flujo, el caudal y los niveles del

3. Caracterizar geotécnicamente los materiales del lecho del río en el Sector Aramaya del río Orinoco.
4. Analizar el movimiento de los sedimentos que se producen en el Sector Aramaya.
5. Evaluar la capacidad y ubicación de las actuales áreas de descarga de material dragado en el sector Aramaya.
6. Sugerir nuevas áreas de descarga de material dragado en el sector Aramaya.

### **1.3 Justificación**

En Venezuela el Instituto Nacional de Canalizaciones es el encargado del mantenimiento del eje fluvial del río Orinoco con fines de navegación y es utilizado para el desarrollo de las actividades comerciales.

Con la realización de “el estudio del flujo de sedimentos y de las áreas de descarga para dragas de tolvas en el sector Aramaya del río Orinoco” mediante una revisión de información del área de estudio tales como: morfología regional y local, ° conjunto de los mismos, que actualmente presenta; para así poder establecer el transporte de sedimentos y así permitir mediante el dragado un canal de navegación.

## **CAPÍTULO II**

### **GENERALIDADES**

#### **2.1 Ubicación geográfica del área**

El área de estudio comprende el sector Aramaya, específicamente desde la milla 165 hasta 178 del canal de navegación del río Orinoco. Cabe destacar que esta zona el río presenta un estrechamiento natural, marcado por la resistencia a la erosión que impone la litología del denominado Cerro Hacha localizado en la margen derecha descendente y de Punta de Piedra localizado en la margen izquierda descendente se observa que sobre un eje central del río Orinoco se encuentra una isla. Cuyo origen es sedimentario, denominado Mucura la cual bifurca el flujo del río, localizándose en su extremo Sur el Brazo Imataca y en su extremo Norte la Formación Mesa. Se ubica mediante las siguientes coordenadas geográficas: 61°38'-61°29' de longitud Oeste y 8°34'-8°32' de latitud Norte. (Figura 2.1).

#### **2.2 Acceso al área**

Debido a la ubicación geográfica de la zona de estudio, el acceso es limitado y se realizó por vía fluvial, por medio de una embarcación la cual fue facilitada por el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC).

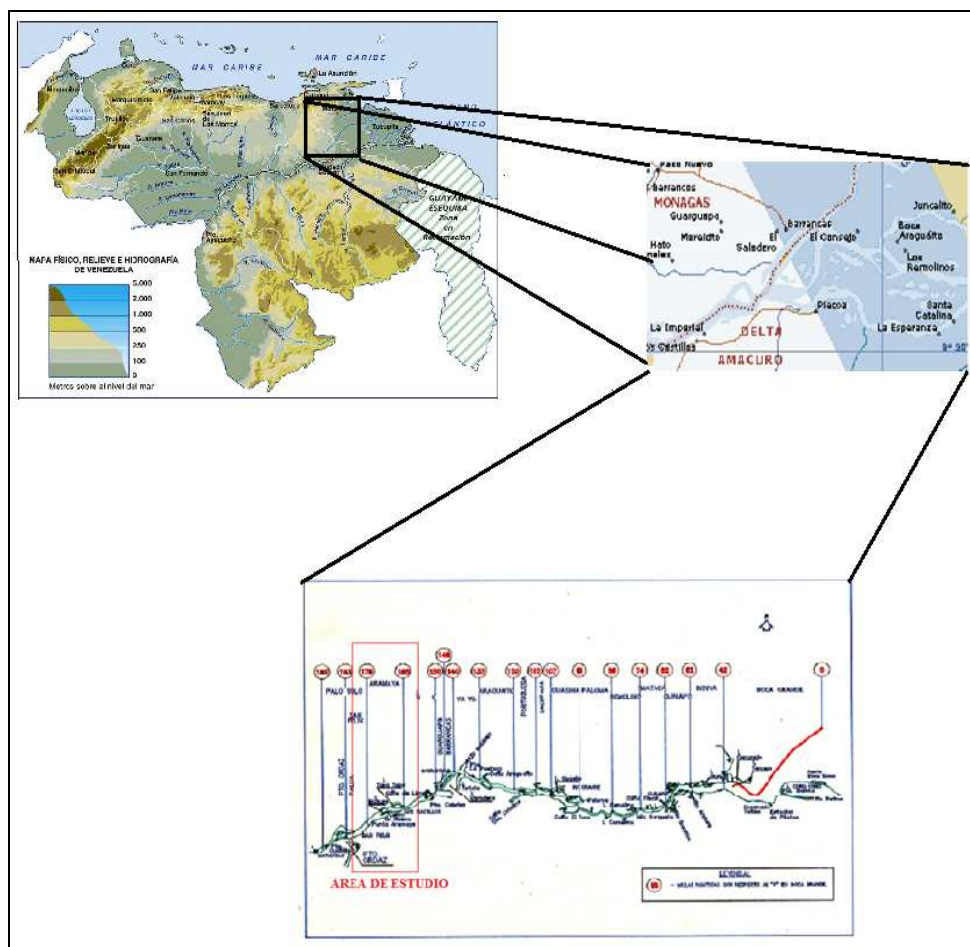


Figura 2.1. Localización del Área de Estudio.

### 2.3 Características climatológicas

El área en estudio presenta características propias de un clima tropical, varía con la topografía y la distribución estacional de la lluvia relacionada con los vientos alisios del Noroeste. Este sector de la cuenca del río Orinoco está dominado por un clima tropical seco, donde se puede observar el predominio de un bosque seco tropical. La temperatura permanece prácticamente inalterable a lo largo de este sector del canal de navegación y se ubica en el orden de los 27° aproximadamente (Consultora Ingeniería Caura S.A 1994).



Es una zona de precipitación media que tiene una variación lineal en forma descendente entre 2700 mm a 950 mm. La evaporación media anual, y por consiguiente la evotranspiración, presenta valores un poco variables que van desde 2700 a 1750 a lo largo de todo el tramo, con valores que están entre los 2025 mm a 1313 mm, respectivamente. Esto se produce 5 a 12 meses de sequía y 0 a 7 meses de humedad, en todo canal de navegación (Tabla 2.1).

Tabla.2.1.Características climatológicas del sector Aramaya (Tomado de Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

| Bioclima                   | Temperatura<br>Media | Precipitaciones<br>Media | Evaporación            | Evapotrans-<br>piración<br>(mm) | Meses<br>Secos        | Meses<br>Húmedos   |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------|
|                            | Anual<br>(°C)        | Anual<br>(mm)            | Media<br>Anual<br>(mm) |                                 |                       |                    |
| Bosque<br>Seco<br>Tropical | 27.6                 | 2700<br>a<br>950         | 2700<br>a<br>1750      | 2025<br>a<br>1313               | 05-Dic<br>a<br>04-May | 0-7<br>a<br>07-Ago |

#### 2.4 Características geomorfológicas

Se presentan medios deposicionales en las planicies de desbordamiento del río Orinoco, en forma de diques, bancos, cubetas de decantación, depresión marginal y lagunas de quebradas laterales. En el área deltaica predominan las planicies cenagosas fluvio marinas.

El área es morfodinámicamente activa presentándose actividad generalizada, así como también procesos por inundación anuales durante un largo período, y una gran

ocurrencia de socavamientos de orilla a orilla (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

## **2.5 Características hidrológicas**

Las aguas del río Orinoco fluctúan regularmente todos los años como consecuencia de la variación estacional de las lluvias en la gran cuenca del río. El ascenso se inicia a finales del mes de Marzo o comienzos del mes de Abril y continúa normalmente hasta el mes de Agosto, con algunos recesos ocasionales. El declinamiento del hidrograma tiene sus inicios en el mes de Septiembre y se extiende de una forma continúa hasta el mes de Marzo con una evidente regularidad.

Las fluctuaciones anuales extremas presentan muy poca variabilidad, tanto para los máximos como para los mínimos. Además, se observa una leve variación en las fechas en las cuales el río alcanza sus máximos niveles de crecimiento.

A medida que avanza la temporada de lluvias, el nivel del río se eleva inundando las márgenes y zonas aledañas, cuando el nivel agua comienza a descender, la mayor parte drena hacia el río reteniéndose aguas en lagunas, charcas y canales.

Es de gran importancia señalar que la corriente que se presenta en el sector de Aramaya es de carácter fluvial unidireccional.

## **2.6 Características bióticas**

### **2.6.1 Vegetación**

El área de estudio se caracteriza por poseer bosques de galería medios semi-densos, para zonas de límites muy definidos a partir de los bosques del río, principalmente la margen sur del tramo de estudio (Sector Aramaya) los individuos de los estratos son semi –densos, con suelos que tienden a poseer un drenaje regular. De alguna forma esta vegetación ha ido desapareciendo con el tiempo, casi en su totalidad para abrir camino a diversas actividades agropecuarias del sector y así como también a los asentimientos sub-urbanos y rurales. El resto está ocupado por herbazales anegadizos, las cuales se presentan como comunidades que se caracterizan por la ausencia total de especies leñosas. Ocupan zonas que están sujetas a inundaciones periódicas de gran intensidad y duración tales como bancos, áreas depresionales de islas y otros sitios de rebalse. (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

### **2.6.2 Fauna**

La fauna silvestre del estado Bolívar, alberga una gran variedad de especies que son características de los territorios del Sur del río Orinoco, llegándose a reportar hasta 212 especies de mamíferos pertenecientes a 31 familias.

En la actualidad existen varias especies que se encuentran en peligro de extinción, dentro de las cuales tenemos: el perro de agua (*pteronura brasiliensis*) y el manati (*trichechos manatos*), también se encuentra amenazada de extinción: la tortuga arrau (*podocnemis expansa*) y el conocido caimán del Orinoco (*crocodylus intermedius*). (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

Esta zona posee una gran biodiversidad de aves, las cuales oscilan aproximadamente entre 1.108 especies, de este total de aves sólo 41 representan una vital importancia en los aspectos económicos cinegético. De igual manera se reportan 133 especies de reptiles repartidas en 18 familias, también es necesario acotar, que existen diversos lugares donde probablemente se encuentren endémicas. (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

### 2.6.3 Ictiofauna

El río Orinoco, en comparación con otros ríos latinoamericanos, presenta un ciclo hidrológico bien marcado que de una forma periódica introduce cambios en el ecosistema, generando variaciones en todos los componentes internos, tanto en la flora como en la fauna, debiéndose producir, por parte de éstos comportamientos adaptativos que de alguna manera le garanticen la sobrevivencia (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

La ictiofauna del río Orinoco se estima alrededor de 500 especies de peces la mayoría de ellas realizan movimientos migratorios para diversos fines, tales como reproducción dispersión o alimentación. (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

## **2.7 Características sedimentológicas**

Es necesario resaltar, que el Orinoco es uno de los ríos con un fondo inestable que sufre modificaciones de acuerdo con el régimen hidrológico presente en el mismo. El fondo del sector Aramaya está compuesto de sedimentos conformados por arenas, cuya granulometría varía de media a fina, observándose además la presencia en éstas de trazas de materia orgánica, limo y arcillas. No obstante se tiene que los sedimentos más finos se depositan en las márgenes del río y los de mayor tamaño hacia el centro debido al efecto de la corriente, la cual desarrolla mayor velocidad en

ese punto, dificultando de esta manera la deposición de los primeros en esta área. Se observa que en las orillas, las aguas fluyen de manera más lenta, facilitando así la deposición de las partículas más finas.

En el río Orinoco, la distancia recorrida por el transporte de sedimentos aguas abajo tiene poca influencia sobre el tamaño medio de las partículas y su distribución al depositarse. Esto se debe a que actúan tres mecanismos diferentes sobre los sedimentos: saltación, rodamiento y suspensión. No obstante, es necesario resaltar que cuando se sucede la deposición, las condiciones hidráulicas de la zona en consideración, determinarán el tipo de partículas presentes en el proceso de sedimentación, pudiéndose encontrar material grueso junto a material fino.

En el río Orinoco el proceso de sedimentación tiene su mayor influencia en el período de aguas bajas, ya que bajo esas circunstancias se presentan las condiciones propicias para que el material se sedimente.

## **2.8 Río Orinoco**

Entre los ríos más caudalosos del mundo, el Orinoco ocupa el tercer lugar, después del Amazonas y del Zaire. Es también el tercer río más largo de Sudamérica y el número veinte en todo el planeta. Para Venezuela, el Orinoco constituye la principal reserva hídrica. La historia y el significado de este gigante de agua que comienza a formarse en las espesas selvas de la Sierra de Parima, en el estado Amazonas, y que cruza de este a Oeste el escudo guayanés para luego, en un cerrado giro, atravesar el país en sentido contrario, recibiendo el tributo de 31 afluentes principales, ríos, riachuelos y quebradas. De éstos, los más importantes son 194 95 por la margen derecha y 99 por la margen izquierda. Tiene una longitud de 2.140 Km y su cuenca cubre 1015.000 Km<sup>2</sup>. (Folleto N° 15 del Museo de Ciencias de Venezuela).

El recorrido del río, se puede dividir en tres partes (I.N.C, S. F):

1...Bajo Orinoco, desde el Atlántico hasta la boca del río Apure, 880 Km. En esta parte, encontramos condiciones adecuadas para una buena navegación fluvial que, por un trecho de 360 Km, es también marítima.

2...Orinoco Medio, de unos 550 Km. Entre la boca del Apure y San Fernando de Atabapo. En este tramo están ubicados los raudales de Atures y Maipures y los y las condiciones de navegación son más difíciles, por la reducción del caudal de agua, el incremento de las pendientes del lecho del río y el hecho de que en el cauce aparecen más obstáculos.

3...Alto Orinoco, de unos 710 Km, desde San Fernando de Atabapo hasta sus fuentes. En este tramo la navegación es todavía más difícil y en los últimos 250 Km es prácticamente imposible.

Todas las distancias que se mencionan en este contenido se miden desde un punto considerado como Km 0, situado en el océano Atlántico, en la curva de profundidad 13m.

## **2.9 Geología regional**

La zona en estudio, se encuentra limitada geológicamente hacia el Norte por la Formación Mesa del pleistoceno y depósitos aluvionales del Orinoco venezolano, y hacia el Sur por las rocas del Precámbrico Inferior del Complejo de Imataca.

### **2.9.1 Complejo de Imataca**

La Provincia de Imataca se encuentra ubicada al Norte de la Guayana venezolana, se extiende a lo largo del río Orinoco como una franja paralela a su

rivera, posee una longitud aproximada de 500 km y una anchura variable de 65 a 130 km (González de Juana, 1980).

Su ubicación es aproximadamente desde el Oeste del río Caura, hasta el Este, donde finaliza con los sedimentos Deltaicos del Territorio Federal Delta Amacuro y al sur donde finaliza con las fallas de santa Bárbara, Guri y el Pao.

El complejo estaba formado originalmente por una secuencia sedimentaria rica en sílice, hierro y detritos de naturaleza cuarzo feldespático, mezclados con extrusiones lávicas, que fueron posteriormente plegadas y metamorfasadas hasta las facies de las granulitas y alteradas por eventos tecto-termales, acompañados de la reactivación de rocas graníticas antiguas y de algunas intrusiones ácidas posteriores. (González de Juana, 1980).

Petrológicamente, el complejo se caracteriza por la presencia de gneises máficos y félsicos, cuarcitas ferruginosas y depósitos residuales de alto tenor de hierro, migmatitas, charnockitas ácidas y básicas, algunas dolomitas y diques y sills anfíbolíticos. En el complejo también se localizan algunos cuerpos graníticos intrusivos como el Plutón cuarzo monzonítico de la Encrucijada.

### 2.9.2 Formación Mesa

Se le asigna este término para definir la Formación que cubre las extensas mesas fisiográficamente características en la parte oriental en la Cuenca Oriental de Venezuela. (González de Juana, 1980).

La Formación se extiende sobre los llanos orientales desde el Pie de monte de la Cordillera de la Costa hasta unos pocos Kilómetros, al Sur del río Orinoco en las cuencas bajas de los ríos Aro, Caroní y Yocoima donde se localizan las poblaciones

de Puerto Ordaz y San Félix, abarcando los estados de los Llanos Orientales de Guárico, Anzoátegui, Monagas y Sucre.

Litológicamente está constituida por depósitos horizontales deltaicos, aluviales y palustres, con conglomerados que llegan a peñones hacia los frentes montañosos y finos hacia los llanos. Gravas ferruginosas duras se distribuyen ampliamente y dan lugar a formas fisiográficas y llamativas como mesetas de paredes pronunciadas y “badlands”. (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1971).

De estudios anteriores con base en observaciones superficiales como en perforaciones confirman que los sedimentos terrestres de la Formación Mesa sufren una gradación de más grueso a más finos al alejarse de las cadenas montañosas del norte hacia el Sur y una gradación contraria, de más finos a más gruesos, desde la región central de Monagas, también hacia el sur al acercarse al Macizo de Guayana. (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1971).

### 2.9.3 Depósitos aluviales

Son depósitos constituidos por limos y arenas muy micáceas depositados por el río, están localizados en Monagas y en el Delta del río, donde van a concentrarse después de su recorrido.

## 2.10 Geología del área

El sector en estudio se encuentran limitado al Sur, por las rocas del Precámbrico Inferior del Complejo de Imataca y hacia el Norte por la Formación Mesa del Pleistoceno y Depósitos Aluvionales Recientes del Oriente Venezolano (Monagas); siendo la geología de la parte Sur la que más llama la atención, por ser el



flanco donde corre el mayor número de tributarios del Orinoco y también sus distribuidores principales.

La litología está conformada por rocas clásticas no consolidadas (aluviones), con una permeabilidad que generalmente es variable y alta y con una fecha aproximada de origen las cuales fueron formadas por material muy reciente, con alto contenido de mica. En cuanto a su sismicidad, el área en estudio presenta peligro sísmico medio con posibles deformaciones de la superficie terrestre.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes de la investigación**

Al canal de navegación del río Orinoco se le han venido realizando una serie de estudios desde sus inicios, todo esto con la finalidad de obtener mejoras en las condiciones del mismo optimizando de esta manera la navegabilidad de las embarcaciones que por él transitan. Entre los más relevantes tenemos:

Tippet, Abbet, McCarty y Stratton en 1970 realizaron un estudio al canal de navegación del río Orinoco que se titula “Informe sobre el transporte de Mineral de Hierro” el cual registra los primeros estudios que se realizaron en el canal de navegación del río Orinoco desde el punto de vista ingenieril, así como también diversos datos técnicos acerca de la navegabilidad del río Orinoco, de igual manera datos referentes al tipo de sedimentos de fondos presentes en el río para la época de su diseño y de algunos factores que rigen su dinámica sedimentaria.

Marcucci Ettore en noviembre de 1974, realiza un estudio titulado como “Estudio Estadístico del Dragado en el río Orinoco”, el cual se llevó a cabo entre la milla 42 y la milla 196 durante períodos 1964-1973, en el mismo se aplicaron parámetros estadísticos que eran utilizados por primera vez en el canal para cálculos de volúmenes y que de una forma muy satisfactoria facilitaron la interpretación de los datos obtenidos durante las labores de dragado de mantenimiento del canal de navegación.

Marcucci.Ettore y H Romero en diciembre de 1975, realizan la distribución de elementos en sedimentos de fondo del río Orinoco; influencia de la granulometría y del transporte. este trabajo se llevó gracias a la colaboración entre la Escuela de

geología y Minas de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V y el Departamento de Investigación de la Dirección de Planificación e Investigación del Instituto Nacional Canalización (INC), para la realización de tesis en problemas relacionados con sedimentación y transporte de sedimentos en el marco de los estudios que dicho departamento adelantaba en el río Orinoco.

Bermúdez Guillermo en 1990, desarrolló como trabajo de grado un estudio titulado “Determinación de la tasa de sedimentación en el canal de navegación del río Orinoco, los datos sobre las pendientes estimadas en este estudio abarca al sector Aramaya lo cual es un valioso aporte que será utilizado en esta investigación”.

Posteriormente Cueto María, Echeverría Dafnis y Rivas Ramón en el año 1993, realizaron un estudio que lleva por nombre “Realineamiento para Garantizar la seguridad en la navegación en el Sector Aramaya Río Orinoco”, dicha investigación toma como soporte todos los datos registrados en los Departamentos de Dragado, Balizamiento e Investigación de la Gerencia Canal del Orinoco del Instituto Nacional de Canalizaciones con el fin de analizar las condiciones existentes en el canal y de esta manera tomar las medidas que fuesen necesarias para la mejora del mismo.

Consultora Ingeniería Caura, (1994), preparó una investigación solicitada por el Instituto Nacional de Canalizaciones titulado “Estudio del impacto ambiental del dragado del río Orinoco. Matanzas Boca Grande”, este trabajo contiene desarrollo extenso y detallado de las características bióticas, climáticas y geomorfológicas del área del sector Aramaya lo cual servirá de base para la presente investigación.

## **3.2 Bases teóricas**

### **3.2.1. Geomorfología fluvial**

La morfología y la actividad sedimentaria se presenta en forma muy dinámica debido a la condición del río Orinoco, que se presenta como un río con características típicas aluviales, mostrando un fondo inestable que sufre modificaciones de acuerdo a la carga de los sedimentos, el caudal y la época del año (Tippet, Abbet, McCarty y Strtton, 1970).

Dentro de los procesos que intervienen en la sedimentación de depósitos sedimentarios en sistemas fluviales, se destacan los trabajos geológicos, los cuales tienen su inicio con la erosión a través de la remoción del material de fondo del canal del río y del material de la orilla de su cauce, esta remoción se presenta en una forma constante, de manera que las partículas que provienen de la erosión según su granulometría y la densidad de los sedimentos van a ser transportadas ya sea por tracción, suspensión o saltación.

### **3.2.2 Propiedades de los sedimentos**

Las propiedades de los sedimentos pueden ser clasificadas según la característica que muestre la partícula individualmente o en forma de conjunto. La característica individual con mayor importancia la representa el tamaño de sus granos y frecuentemente se ha utilizado el tamaño medio, sin embargo, la forma, la densidad y la distribución granulométrica del sedimento pueden ser muy variables de una estación del río a la otra; pudiendo esto influir en la variación del comportamiento hidráulico de un río a lo largo de un cauce (Pettijohn, J 1963).

### 3.2.3 Transporte de sedimentos

Los sedimentos del lecho de un canal o río pueden estar compuestos por materiales cohesivos o no. La mayoría de los lechos están constituidos por materiales no cohesivos granular y el análisis hidráulico debe basarse en la hipótesis de que el material de fondo sea limpio, granular y no cohesivo. Además es necesario saber que los suelos cohesivos cuando son fracturados forman partículas compactas que se comportan hidráulicamente como material granular, logrando nuevamente la consolidación al encontrar un sitio de calma. (Pettijohn, J 1963).

### 3.2.4 Transporte de sedimentos en suspensión

El transporte de sedimentos en suspensión se realiza normalmente sobre las partículas finas contenidas en el rango de arena fina a materiales coloidales, que dependiendo de la fuerza de las corrientes vienen acarreadas por el flujo del río. Estas partículas tienden a depositarse cuando las velocidades existentes en el río se reducen por debajo de un valor crítico y también como consecuencia de la floculación de las partículas coloidales, debido a la mezcla de aguas salinas con aguas dulces cargadas de partículas finas. (Guzmán, J. 1992).

### 3.2.5 Transporte de sedimentos de fondo

Se rige por partículas más gruesas comprendidas en el rango de limos hasta gravas y que son transportadas cerca o dentro de las capas superiores del fondo del canal debido a varios mecanismos.

La mayor cantidad de sedimentos transportados en suspensión tiende a depositarse hacia la desembocadura del río, por el fenómeno de floculación ya citado, así como también en zonas del río de aguas más tranquilas, formando depósitos de

limo o arcilla, mientras que los sedimentos transportados en el fondo se depositan a lo largo del curso del río, cuando la competencia de este se reduce bruscamente (Guzmán, J. 1992).

### 3.2.6 Volumen de sedimentos transportados

Cuando la capacidad de arrastre de fondo es menor que la tasa de entrada de sedimentos en un tramo del canal de navegación se producen depósitos.

La carga anual de sedimentos en suspensión en el río Orinoco esta estimada en 400 millones de metros cúbicos para un caudal medio del río de 33.000 mil metros cúbicos por segundo (1.160.000 pies cúbicos por segundo). Cabe destacar que estas estimaciones fueron realizadas a partir de comparaciones con otros ríos con gran similitud a finales de la década de los años 70, sin embargo la cantidad de sedimentos transportados deben haber experimentado una variación de manera ascendente debido a la erosión a la que ha sido sometida la cuenca en los últimos años. (Tippet, Abbet, McCarty y Stratton, 1970).

### 3.2.7 Carga suspendida

“Cuando el valor de la velocidad de corriente en el lecho excede la velocidad de caída de la partícula, la partícula puede ser elevada a un nivel en el cual las fuerzas turbulentas son iguales o mucho mayores que el peso de la partícula sumergida y como resultado de ello la partícula ocasionalmente es transportada en suspensión” (Van Rijn, Leo 1993)

### 3.2.8 Formas del lecho

Los sucesivos y continuos procesos de erosión y sedimentación en las aguas

de los ríos dan lugar a diferentes formas del lecho, con una redistribución de las partículas formando acumulaciones más o menos regulares, intercaladas por espacios sin ellas. En los tramos o ríos arenosos se desarrollan las denominadas rizaduras, dunas, lecho liso o antidunas, en función del tipo de régimen de los caudales. La aparición de estas formas del lecho tiene un significado especial en la rugosidad o resistencia que ofrece al paso de las aguas, y así debe ser tomada en cuenta para calcular el coeficiente de rugosidad "n" de Manning en ríos arenosos tal como puede apreciarse en la figura 3.1 donde se muestran las distintas formas que pueden adoptar el lecho de un río. (Chang, H 1988) (Figura 3.1).

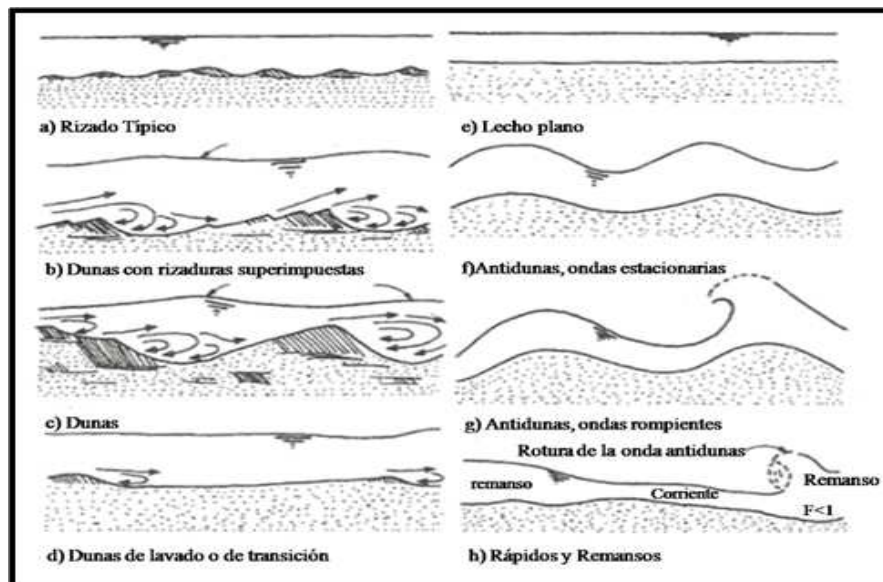


Figura 3.1 Formas del lecho en ríos arenosos (Chang, H 1988).

### 3.2.9 Carga del lecho

“Cuando las condiciones críticas para que el proceso de erosión se inicien son sobre pasadas, en el lecho del cauce se produce un movimiento de escalada, salto y

escurrimientos de las partículas. Al volumen de sedimentos que se mueve de esta forma se le conoce como carga de lecho” (Pravia, José 1987).

### 3.2.10 Secciones transversales en canales naturales

Los ríos en su mayoría se caracterizan por tener canales con contornos móviles, los cuales alteran su sección con el flujo. Las características geométricas más importantes, desde el punto de vista de la mecánica de los fluidos, son: el área mojada  $A$ , simplemente área; el perímetro mojado  $P$ ; el radio hidráulico  $R=A/P$ ; el ancho en la superficie  $T$ ; y la profundidad hidráulica  $D=A/T$ .

Embalse de gran área superficial donde puede considerarse constante el nivel líquido. La profundidad impuesta será la diferencia de cota entre la superficie del embalse y el punto de incorporación. Hay que recalcar que entre la profundidad del agua en el plazo de descarga y el caudal, no existe una relación directa, puesto que, en este contexto, la ecuación de Manning es sólo aplicable al régimen uniforme.

### 3.2.11 Ecuación de Manning

En 1.889 el ingeniero irlandés Robert Manning presentó una ecuación, la cual se modificó hasta llegar a su bien conocida forma actual.

$$v = \frac{1.49}{n} R^{2/3} \quad (3.1)$$

Donde:

$v$ = Es la velocidad media en pies/s.

$R$ = Es el radio hidráulico.



$S$ = Es la pendiente de la línea de energía.

$n$ = Es el coeficiente de rugosidad, conocido específicamente como la  $n$  de Manning.

Esta ecuación fue desarrollada a partir de siete ecuaciones diferentes, basada en los datos experimentales de Bazin y además verificada mediante 170 observaciones. La ecuación de Manning se ha convertido en la más utilizada de todas las ecuaciones de flujo uniforme para los cálculos de flujos de canales abiertos, debido a su simplicidad y a los resultados satisfactorios que arroja en aplicaciones prácticas.

### 3.2.12 Selección del Coeficiente de rugosidad de Manning

Al aplicar la ecuación de Manning, la mayor dificultad está en la determinación del coeficiente de rugosidad  $n$ , ya que no existe un método exacto para la selección del valor de  $n$ . Con el nivel del conocimiento actual, seleccionar un valor de  $n$  significa estimar la resistencia al flujo en un canal determinado.

Con el fin de dar una guía para la determinación correcta del coeficiente de rugosidad, se estudiarán cuatro enfoques generales: 1) entender los factores que afectan el valor de  $n$  con el fin de adquirir el conocimiento básico del problema y disminuir el rango de incertidumbre, 2) consultar una tabla de valores comunes de  $n$  para canales de diferentes tipos, 3) examinar la apariencia de algunos canales comunes cuyos coeficientes de rugosidad se conocen, y 4) determinar el valor de  $n$  mediante un procedimiento analítico basado en la distribución de velocidades teóricas en la transversal de un canal y en los datos de medición de velocidad o de rugosidad.

### 3.2.13 Factores que afectan el Coeficiente de rugosidad de Manning

El valor de  $n$  es muy variable y depende de un cierto número de factores. Para seleccionar el valor de  $n$  apropiado para diferentes condiciones de diseño, resulta muy útil tener un conocimiento básico de estos factores.

3.2.13.1 Rugosidad superficial: Se representa por el tamaño y la forma de los granos del material de los granos que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. Por lo general éste se considera como el único factor para la selección de un coeficiente de rugosidad, pero se debe de tomar en cuenta otros factores relevantes. En general, granos finos dan como resultado un valor relativamente bajo de  $n$ , y en granos gruesos, un valor alto de  $n$ .

### 3.2.14. Movimiento incipiente de las partículas en corriente

El movimiento de una partícula de sedimento es función de las condiciones instantáneas del flujo y de su resistencia a moverse. El inicio del movimiento de las partículas se da cuando el flujo de agua está a punto de empezar a mover las partículas de sedimento y depende del esfuerzo cortante que una corriente produce sobre el lecho y de la velocidad media del flujo.

A medida que el líquido empieza a moverse sobre el lecho del cauce constituido por partículas sueltas y sin cohesión, de tamaño uniforme, las fuerzas hidrodinámicas empiezan a actuar sobre las partículas sólidas del lecho y en todo el perímetro mojado.

Debido a la naturaleza estocástica del movimiento del sedimento a lo largo del lecho aluvial, es difícil determinar con precisión para que las condiciones de flujo una partícula sedimentaria comienza a moverse.

3.2.14.1 Shields (1936) en Yang, (1996) expresa analíticamente las fuerzas actuantes en una partícula de sedimentos. Él aplicó análisis dimensional para determinar algunos parámetros adimensionales y estableció su bien conocido diagrama para movimiento incipiente.

Los factores que son importantes en la determinación del movimiento incipiente son el esfuerzo cortante  $\tau$ , la diferencia en densidad entre el sedimento y el fluido  $\rho_s - \rho_f$ , el diámetro de la partícula  $d$ , la viscosidad cinemática  $\nu$ , y la aceleración de la gravedad  $g$ , Estas cinco cantidades, pueden ser agrupadas en dos cantidades adimensionales

$$d (\tau_c / \rho_f)^{1/2} / \nu = d U_* / \nu \quad (3.2)$$

$$\tau_c / (d(\rho_s - \rho_f)g) = \tau_c / (d\gamma(\rho_s / \rho_f)) \quad (3.3)$$

Donde:

$\rho_s$  y  $\rho_f$  = Son las densidades del sedimento y el fluido, respectivamente.

$\gamma$  = Peso específico del agua.

$U_*$  = Velocidad de corte.

$\tau_c$  = Esfuerzo cortante crítico en el movimiento inicial.

La relación entre estos dos parámetros está entonces determinada experimentalmente. La muestra de los resultados experimentales obtenidos por Shields y otros investigadores del movimiento incipiente. Un punto sobre la curva, la partícula estará en movimiento. Un punto bajo la curva, entonces el flujo es incapaz para mover la partícula. (Figura 3.2)

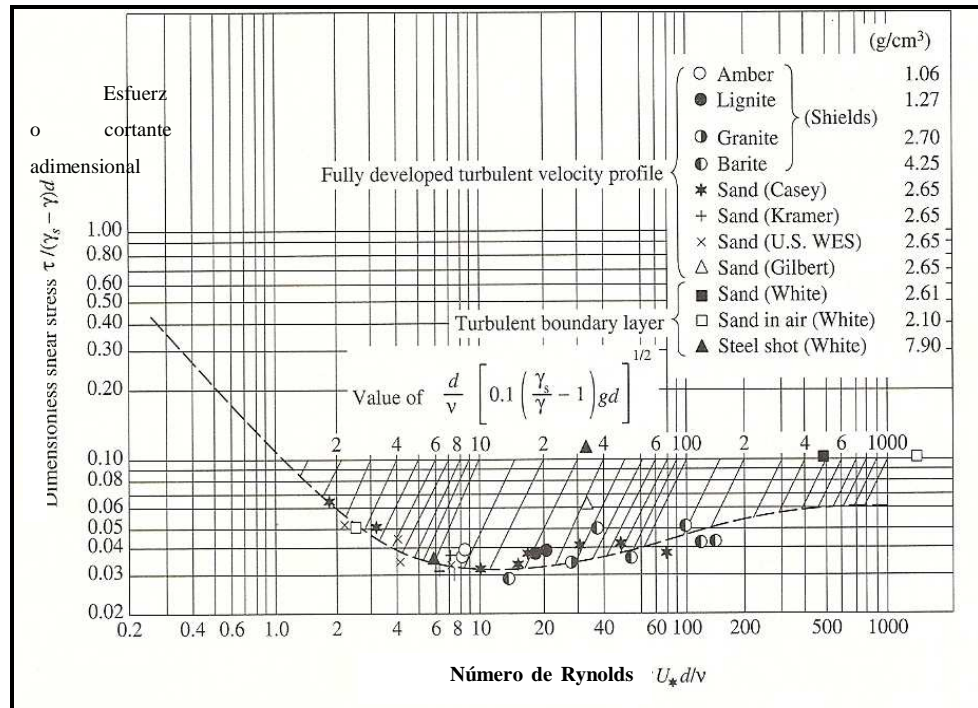


Figura 3.2 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang, 1996).

En sus experimentos, Shields midió varios valores de  $\tau / (d(\rho_s - \rho_f)g)$  al menos dos veces tan grandes como el valor crítico y entonces lo extrapoló al punto de cero descarga de sedimentos. Este método indirecto fue usado para evitar la dificultad de determinar la condición precisa a la cual la partícula del sedimento debía moverse.

Aunque el diagrama de Shields ha sido ampliamente utilizado por ingenieros como un criterio para el movimiento incipiente, se pueden encontrar muchas insatisfacciones en la literatura.

Una de las objeciones para usar el diagrama de Shields es que las variables dependientes aparecen en ambos parámetros de ordenadas y abscisas. Dependiendo de la naturaleza del problema, la variable dependiente puede ser el esfuerzo cortante crítico o el tamaño del grano. El Comité de Tarea de la Sociedad Americana de

Ingenieros Civiles en la preparación del Manual de Sedimentos (Vanoni, 1977 en Yang 1996) usa un tercer parámetro:

$$(d/v) [0.1((\gamma_s / \gamma) - 1)gd] \quad (3.4)$$

El uso de este parámetro permite determinar su intersección con el diagrama de Shields y sus correspondientes valores de esfuerzo cortante. La relación básica ha sido probada y modificada por diferentes investigadores.

3.2.14.2 Según Hjulstrom (1935) presentó el análisis de erosión, transporte y sedimentación con base en la velocidad media del flujo. La velocidad en el fondo de un canal, la cual es directamente responsable del movimiento de los sedimentos la cual es difícil de determinar, él asumió que para profundidades mayores que 1.0 m, la velocidad en el fondo es 40% menos que la velocidad media del flujo ( $V_b < 0.4 V$ ). El diagrama indica que los granos más sueltos (arenas) son los más fáciles de erosionar; la gran resistencia a la erosión de las partículas más pequeñas depende de las fuerzas de adhesión y cohesión. (Figura 3.3)

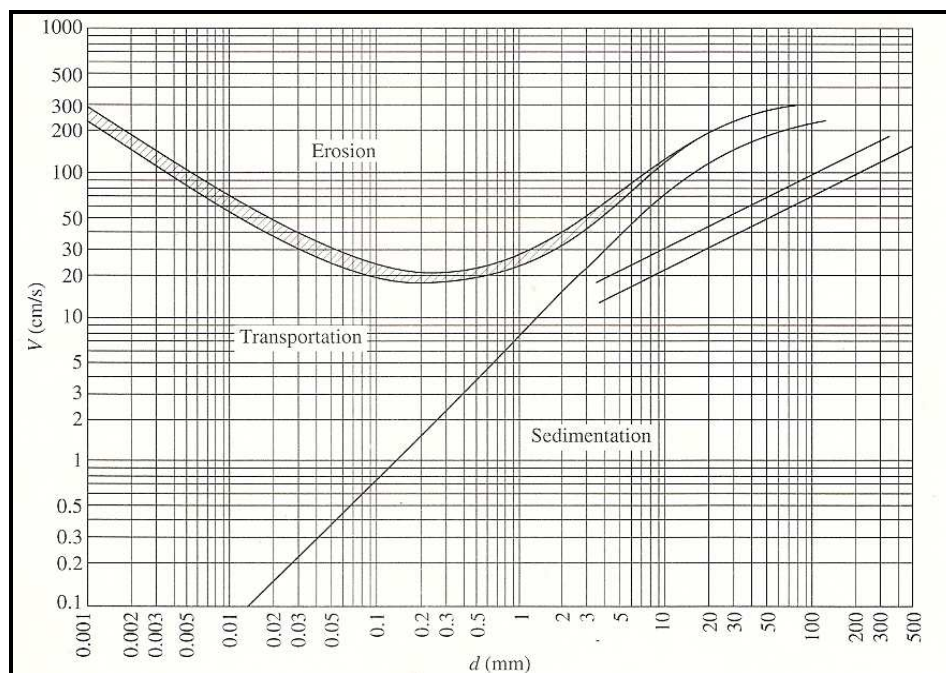


Figura 3.3 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulstrom, 1935 en Yang, 1996).

3.2.14.3 Según Van Rijn (1993) determina que el movimiento de una partícula ocurre cuando la fuerza del fluido sobre la partícula, esta justamente a lo largo de la fuerza de fricción la cual está relacionada con el peso de la partícula sumergida y el coeficiente de fricción. Las fuerzas cohesivas son importantes cuando el material de lecho esta constituido por una cantidad apreciable de partículas de arcillas y limo. (Figura 3.4)

Determina mediante la siguiente fórmula:

$$\theta_{cr} = \tau_{b,cr} / [(\rho_s - \rho)gd50] \quad (3.5)$$

$$\tau_{b,cr} = \rho \cdot h \cdot I \quad (3.6)$$

Donde:

- $\theta_{cr}$  = Parámetro crítico de Shield.  
 $\tau_{b,cr}$  = El tiempo crítico promedio.  
 $\rho$  = Densidad del agua  
 $\rho_s$  = Peso específico del material del lecho  
 $g$  = Gravedad  
 $d_{50}$  = Diámetro medio de las partículas  
 $h$  = Profundidad del agua  
 $I$  = Pendiente hidráulica

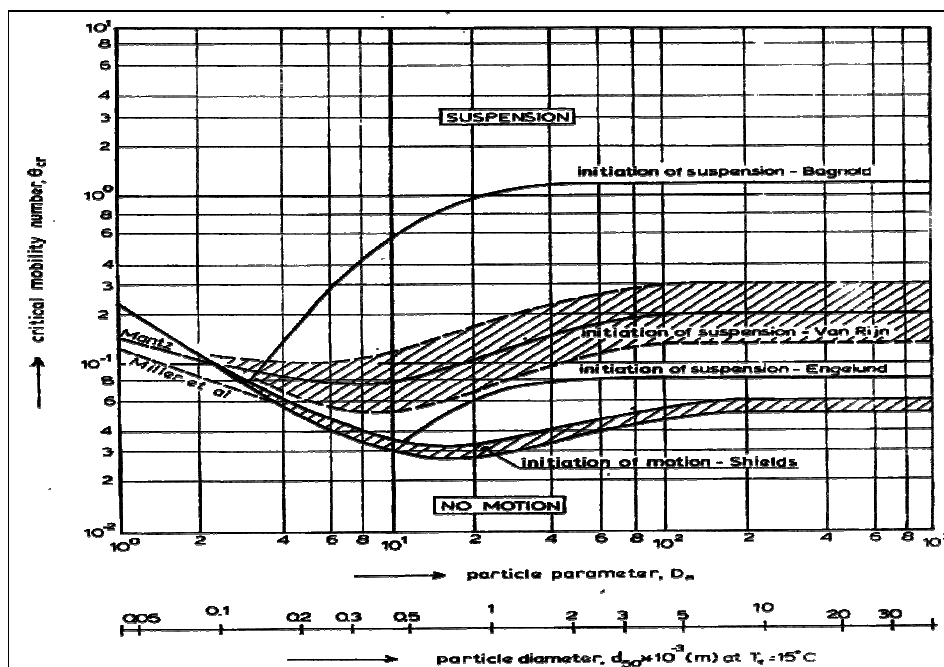


Figura 3.4 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Van Rijn, 1989).

3.2.14.4 Según el criterio de Yang presenta básicamente la teoría aplicada en el estudio del movimiento incipiente ocurre cuando  $F_D = F_R$ . Tenemos que la velocidad crítica adimensional es:

$$V_{cr} / \omega = \{ [(5.75 [\log(D/d) - 1] / B) + 1] [(\psi_1 \psi_2 \psi_3) / (\psi_2 + \psi_3)]^{1/2} \} \quad (3.7)$$

Donde

$V_{cr}$  = Velocidad crítica promedio para movimiento incipiente

$V_{cr}/\omega$  = Velocidad crítica adimensional

$B$  = Función de la rugosidad

$\omega$  = Velocidad terminal de caída

$d$  = Distancia sobre el lecho

$D$  = Profundidad del agua

$\psi_1, \psi_2, \psi_3$  = Valores determinados experimentalmente

Los datos de laboratorio colectados por diferentes investigadores fueron usados por Yang (1973) para la determinación de coeficientes de la ecuación 3.4. El criterio de movimiento incipiente así obtenido es:

$$V_{cr} / \omega = \{ 2.5 / [\log(U_* d/v) - 0.06] \} + 0.66, \quad 1.2 < U_* d/v < 70 \quad (3.8)$$

$$V_{cr} / \omega = 2.05, \quad 70 < U_* d/v \quad (3.9)$$

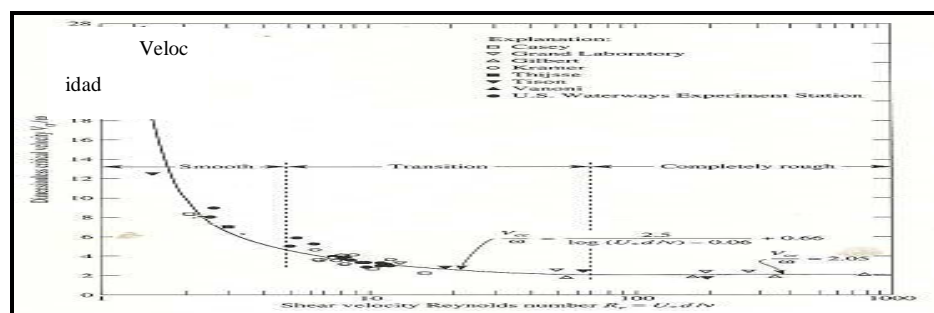


Figura 3.5 Relación entre la velocidad promedio crítica adimensional y el número de Reynolds (Yang, 1996).



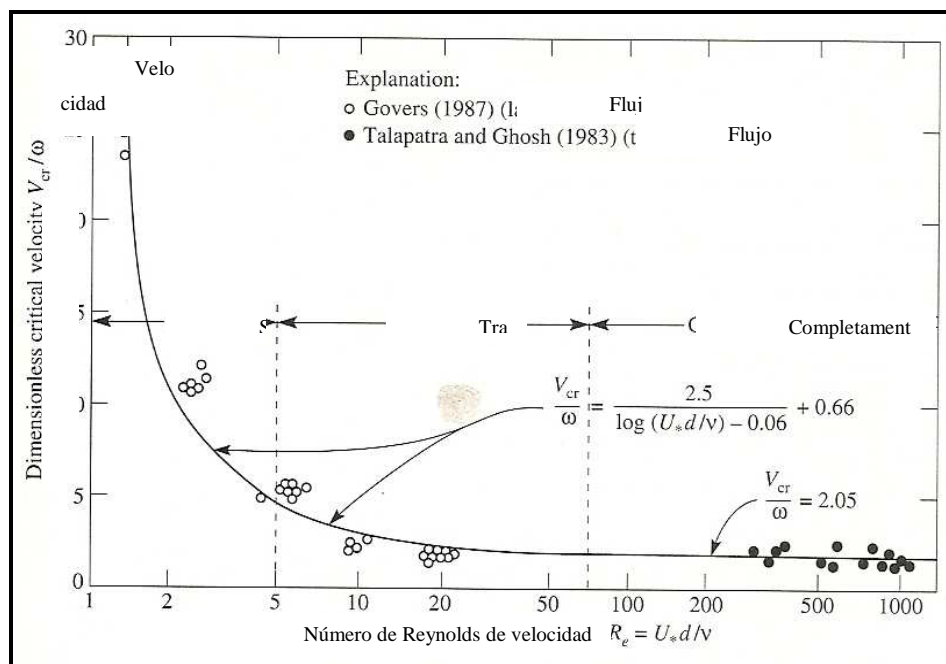


Figura 3.6 Verificación del criterio de movimiento incipiente de Yang.

3.2.14.5 Criterio de Meyer–Peter y Müller en 1948 determinaron una ecuación para la carga de lecho, el tamaño del sedimento en el movimiento incipiente se puede obtener así:

$$d = S D / [K_1 (n / d_{90}^{1/6})^{3/2}] \quad (3.10)$$

Donde:

$d$  = Tamaño del sedimento en la capa externa (en mm).

$S$  = Pendiente del canal.

$D$  = Profundidad media del flujo

$K_1$  = Constante (igual a 0.19 cuando  $D$  esta en pie y 0.058 cuando  $D$  esta en metros)

$n$  = Rugosidad del fondo del canal o coeficiente de rugosidad de Manning

$d_{90}$  = Tamaño del material del lecho donde 90% del material es más fino que.  
(Yang, 1996)

3.2.14.6 Criterio de Mavis y Laushey en 1948 desarrollaron la siguiente relación para una partícula de sedimento en su condición de movimiento incipiente:

$$V_b = K_2 d^{1/2} \quad (3.11)$$

Donde

$V_b$  = Velocidad en el fondo competente = 0.7 x velocidad media del flujo.

$K_2$  = Constante (igual a 0.51 cuando  $V_b$  está en pie/s y 0.155 cuando  $V_b$  está en m/s).

$d$  = Tamaño del sedimento (en mm).

3.2.14.7 Criterio de Badnolds (1996) desarrolló su función de transporte de sedimento. El consideró la relación entre la proporción de energía disponible a un sistema aluvial y la proporción de trabajo que se hace por el sistema transportando el sedimento.

Los flujos de grano son el resultado del contacto de grano a grano en lugar de turbulencia del fluido. Esta presión dispersiva es proporcional al esfuerzo cortante transmitido por los granos.

3.2.14.8 Criterio de Engelund (1972) aplica el principio de similitud para obtener una función de transporte de sedimento y el régimen de flujo superior con el tamaño de la partícula mayor que 0.15 mm sin la desviación seria de la teoría.

### 3.3 Morfología fluvial

Según Friedman y Sanders (1972), el patrón de los ríos en una cuenca fluvial, está controlado por variables como la pendiente y la consistencia del terreno, el tipo de carga de sedimentos, el caudal, el ancho y profundidad, la estructura geológica, la vegetación y el clima. Estos actuando en forma combinada producen rasgos morfológicos característicos.

El flujo turbulento unidireccional es el único tipo de flujo de interés en cuanto a río se refiere. La turbulencia en canales abiertos se acciona cuando el número de Reynolds está entre 500 y 2000. La turbulencia es originada por los esfuerzos de cizalla debido a la fuerza de gravedad y se puede incrementar por irregularidades en el fondo. La naturaleza oscilatoria de los ríos meándricos, puede ser atribuida posiblemente a la inestabilidad transversal de flujo de canal, confinado dentro de los límites deformables y en números de Reynolds altos. (Friedman y Sanders, 1972)

La incidencia en un canal viene dado por un parámetro denominado “parámetro de trenzado”, el cual está definido por el número de barras en el canal, por la longitud de onda del meandro; un sistema múltiple de canales posee un parámetro trenzado mayor que uno, mientras que un sistema de un sólo canal posee un parámetro trenzado menor que uno.

En cuanto a la pendiente del lecho del canal, ésta se relaciona con el caudal a través de la siguiente ecuación (Guzmán. J, 1992):

$$P = 0.013 Q^{-0.44} \quad (3.12)$$

Donde P es la pendiente y Q es el caudal en su más alto nivel, en m/seg. Para un caudal específico, los ríos trenzados tienen su ocurrencia sobre pendientes

mayores a la resultante de la ecuación anterior, mientras que los canales meándricos ocurren donde la pendiente es baja (menores a la ec. 3.12.).

Los procesos de sedimentación en meandros se suceden dentro del canal y en el interior de la curvatura. Una partícula de agua sigue una trayectoria espiral que la traslada de superficie a fondo y de margen interno a margen externo. Esto se debe a que el flujo de la curvatura produce un exceso de presión de fluidos sobre el margen externo y un déficit en el margen interno. El gradiente de presión radial es balanceado por la fuerza centrífuga, pero en el lecho, este gradiente está fuera de balance debido a pérdidas por fricción (Friedman y Sanders, 1972).

En consecuencia el agua se mueve hacia adentro sobre el lecho y hacia el margen interno. Esta circulación en espiral invierte su dirección con cada cambio de curvatura y es responsable de la distribución asimétrica de esfuerzos de cizalla sobre el lecho y márgenes del canal.

El esfuerzo máximo (erosión), ocurre sobre el margen externo y contribuye a su socavación y a su vez a la profundización del canal. El sedimento incorporado por erosión es transportado a través del canal o es dispersado por turbulencia en forma de carga suspendida, depositándose en el margen interno de los meandros río abajo en barras de meandros.

### **3.4 Niveles del río**

Se denomina “Nivel del río o altura del río” la distancia comprendida entre la superficie del agua y el datum nivel de aguas bajas (NAB). A los efectos de navegación, resulta más práctico expresar esta distancia en pies (figura 3.7)

Los niveles del río se determinan mediante la implementación de una red de limnógrafos instalados a todo lo largo del canal. Estos aparatos analógicos registran en cada estación el nivel del río durante las 24 horas y funcionan automáticamente durante un período trimestral, luego de haberse cumplido ese período es necesario cambiar el papel de registros para que el instrumento continúe con la toma de lecturas. (I.N.C.1997).

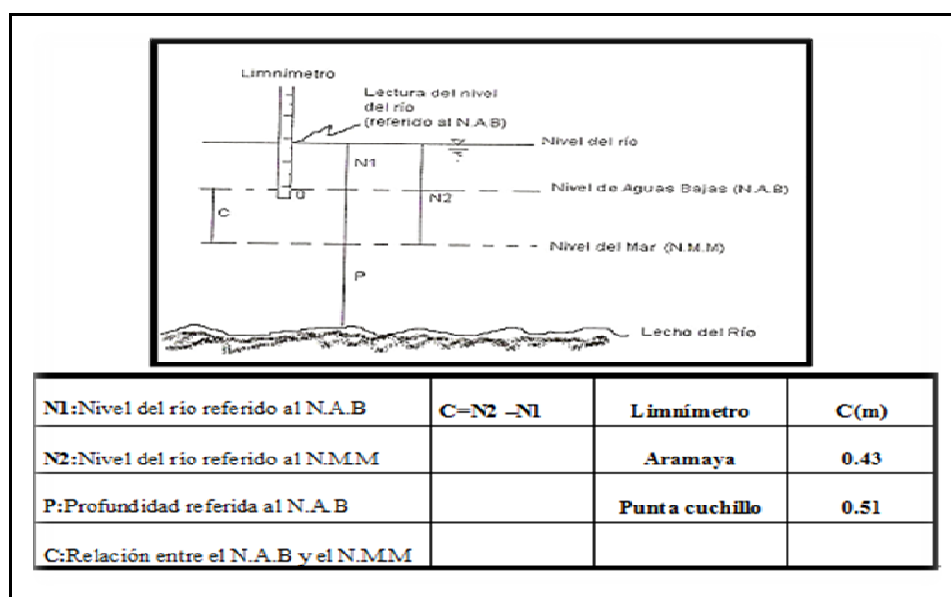


Figura 3.7 Determinación de los niveles del río (Tomado del Informe I.N.C) Los datos de los limnómetros son ingresados a la base de datos computarizados mediante la digitación de los limnigramas en una tabla digitalizadora. En el mencionado sistema se pueden establecer los niveles diarios del río (determinando los valores máximos, promedios y mínimos para cada día).

El procesamiento de los datos referentes a los niveles del río ha cooperado con el desarrollo de dos importantes instrumentos de trabajo: El método empírico para la predicción de niveles del río y el gráfico comparativo de niveles del río.

### **3.5 Limnígrafos**

Son aparatos que registran el nivel del agua en forma continua por medio del movimiento de un flotador.

Es un registro sencillo, el movimiento de un flotador acciona una pluma sobre una carta de registro cuando una pluma alcanza el borde de la carta, su dirección cambia y su registro se hace en sentido opuesto (Meneses, S 1980)

### **3.6 Limnímetros**

Son aparatos que se utilizan para medir los niveles o alturas de los ríos. El nivel de un río es la elevación del agua en una estación medida por encima de un cero arbitrario tomado como punto de referencia.

Estos aparatos son sencillos y poco costosos pero deben ser leídos con frecuencia. Algunas veces, la referencia utilizada es el nivel medio del mar, pero con más frecuencia, se toma como referencia un punto ligeramente por debajo del nivel para el cual la descarga es cero. El nivel del río, es la información primaria que se obtiene para medir caudales. (Meneses, S 1980)

### **3.7 Instalaciones limnigráficas (limnígrafos de flotador)**

Los limnígrafos de flotador utilizan un sistema de flotador para seguir las variaciones del nivel del agua.

Hay dos maneras de instalar los limnigrafos de flotador. La primera es un pozo con caseta de hormigón mientras que la segunda es la instalación del mismo dentro de una tela metálica

En los ríos puede colocarse en cualquier punto. En ríos que erosionen y que transporten troncos y otras materias flotantes, el tubo debe colocarse en una ensenada protegida. (Meneses, S 1980)

### **3.8 Tipos de limnómetros**

#### 3.8.1 Limnómetros de regla vertical

Son aquellos que se coloca en forma vertical en uno de los tramos del canal. En la instalación de los limnómetros de deben considerar los siguientes factores. (Meneses, S 1980).

- a. Seguridad de que no se produzcan cambios en su nivel: Se recomienda colocarlos adosados a rocas, pilas de puentes u otras estructuras masivas.
- b. Colocación del limnómetro de manera que no produzca alteraciones en el escurrimiento hidráulico: La colocación de la planta debe ser lo más paralelamente posible a la corriente.
- c. El limnómetro debe leerse con facilidad. Proveerse de facilidades de acceso para que la lectura lleve a cabo con seguridad y comodidad, (Meneses, S 1980)

#### 3.8.2 Limnómetro de cinta

En este caso las mediciones se realizan con una cinta graduada desde un punto ubicado en la superficie del agua (Meneses, S 1980)

### 3.8.3 Limnómetro de aguja

Este Limnómetro es una variante de los de cinta y aguja, donde un contacto eléctrico indica el momento en que la cinta o barra toca el agua. Son muy empleados en la medición de niveles de pozos (Meneses, S 1980)

### 3.8.4 Limnómetros de aguas máximas

Estos son de tipo especial y son destinados a funcionar solo en las crecidas para registrar los niveles máximos que han alcanzado las aguas, sin tener la necesidad de instalar un limnigrafos. (Meneses, S 1980).

## 3.9 Correntómetro

Es un instrumento apto a medir la velocidad de corrientes en el mar, en los ríos, arroyos, estuarios, puertos, modelos físicos en laboratorio. Existen algunos modelos que además registran su dirección, profundidad e inclinación respecto de la vertical, temperatura de agua de mar, presión y conductividad. Su modalidad de registro puede ser papeleta inscriptora, cinta magnética o memoria de estado sólido. (I.N.C 1996).

## 3.10 Las Cartas de navegación

Son mapas de referencias para la navegación. Su función principal es la de indicar la ubicación de las señales de navegación y las características que presenta el canal (trazado, ancho y sectores dragados). Normalmente incluyen referencias generales sobre las profundidades existentes en el canal de navegación y en las zonas adyacentes, así como la ubicación de los puntos específicos que pueden ser utilizados como ayuda para la navegación, tales como Islas, caños y poblaciones (I.N.C, 1997)



### 3.10.1 El Canal navegable

El canal de navegación del río Orinoco tiene una longitud de 195 millas náuticas, medidas desde el puerto de Matanzas hasta el Atlántico, aguas arriba de este puerto. La navegación sigue sometida a las restricciones naturales que hasta ahora la han limitado, pudiendo hacer el tráfico fluvial solo medianos barcos, (42 pies de calado) que a pesar del bajo calado que poseen se les presentan ciertas dificultades en los periodos de aguas bajas. (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970)

La profundidad de todo el canal de navegación se procura mantener con un nivel mínimo de aguas bajas de 34 pies, de manera que se asegure el movimiento de buques de 32 pies de calado durante el periodo de aguas bajas (Noviembre a Mayo), 36 a 42 pies durante la época de aguas altas (Mayo a Septiembre), de acuerdo al hidrograma del río al limnómetro de la estación Palúa y de acuerdo al volumen estimado de carga y tráfico que tendrá el canal en ese período.

De acuerdo con la experiencia obtenida a lo largo del tiempo durante el mantenimiento del canal de navegación, y tomando una consideración su comportamiento hidráulico, éste se encuentra dividido actualmente en dos tramos totalmente diferentes, el canal del río (milla 42 a milla 544) y su canal de Boca Grande (milla 0 a milla 42)

### 3.10.2 El Canal del río o canal del interior

Se denomina así, el canal de navegación comprendido aguas arriba de la milla 42 (Isla Tercera). El cauce del río en este tramo es arenoso y generalmente estable en su estructura, salvo ciertos meandros que muestran algunas deformaciones con tendencia a profundizarse.

El canal del Río debe ser dragado todos los años, debido a la continua sedimentación que se presenta anualmente en los canales, siendo así una de las dinámicas más importante que contribuyen en gran forma al relleno de los mismos. Esta sedimentación se presenta con mayor influencia durante los períodos de crecida del río y restablece las condiciones originales o de equilibrio de la barra. Se ha determinado mediante un gran número de observaciones que la sedimentación en los canales se debe en primer lugar al arrastre de fondo y luego a la sedimentación del material en suspensión. (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994)

### **3.11 Dragado**

La palabra dragar se deriva de una forma de una palabra Inglesa que significa tirar, halar o arrastrar. El dragado y la descarga del material dragado básicamente puede ser definido como un proceso artificialmente inducido de erosión transporte y disposición final de los sedimentos usando para ello una draga (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

#### 3.11.1 Tipos de dragados

Dragado Capital: se refiere al dragado de profundización y ensanchamiento de canales o áreas acuáticas en general. (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

Dragado de mantenimiento: se refiere al dragado realizado con cierta frecuencia para remover los sedimentos de reciente sedimentación(Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

### 3.12 Dragas

Es una máquina usada para las excavaciones, de la superficie de la tierra cubierta de agua, con el fin de profundizar o limpiar de fango, arena, grava, y rocas una determinada área (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

#### 3.12.1 Dragas hidráulicas

Su principal característica es que la mezcla suelo-agua es succionada y transportada por un sistema de bomba centrífuga. En consecuencia, el suelo es mezclado con agua para luego ser succionado y transportado por la bomba centrífuga. A continuación se describe brevemente algunos tipos de dragas hidráulica (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970).

#### 3.12.2 Dragas de tolva

De acuerdo a trabajos realizados en el Instituto Nacional de Canalizaciones (I.N.C), las dragas de tolvas se caracterizan por ser, embarcaciones de dragado autopropulsadas, usadas en medianos y grandes proyectos, mezclando grandes volúmenes de agua con sedimentos para formar una mezcla, la cual es succionada del fondo y bombea a través de una bomba centrífuga hasta las tolvas para el transporte del material dragado a lugares alejados, mediante sistemas de bote de fondo (Válvulas o compuertas ) o por tuberías de conducción a tierra (Figura 3.8)

Estas unidades se adecuan perfectamente al mantenimiento de rutas de navegación, tanto en el mar como en los canales de acceso a dársenas y puertos, permitiendo largo tiempo en operación, debido a su capacidad de alojamiento de tripulación y almacenamiento de combustible, aguas y víveres, lo que le da gran

autonomía y evita los retornos frecuentes a tierra. (Tippet, Abbet, McCarty y Statton, 1970),



Figura 3.8 Dragas de tolva

### 3.12.3 Componentes del sistema

En vista de la alta inversión que representa una draga de tolva es altamente necesario una eficiencia explotación de estas unidades, considerando los sistemas componentes como un todo, para lo cual estas dragas según la Dirección de Proyectos e Investigación del I.N.C, esta se puede dividir en dos componentes principales:

a) Los equipos de dragado y su interrelación constituidos por cabezal de rastra, boca de succión y tubería de succión, las bombas de dragado, motores de dragado y demás sistemas de accionamiento y tuberías de impulsión o descarga.

b) La tolva o cántara y sistema de descarga (compuertas o válvulas)

### 3.12.4 Funcionamiento

El principio del funcionamiento de la draga de succión en marcha puede dividirse en cuatro partes fundamentales, las cuales se ejecutan mediante propulsión propia:

1 – Dragado de mantenimiento y carga de tolva.

2.- Transporte hasta la zona de bote

3. –Descarga de material en la zona de bote

4.-.Retorno al lugar de dragado

### **3.13 Mantenimiento actual del canal mediante operaciones de dragado**

El mantenimiento actual del canal se ejecuta tomando en consideración los cambios hidrodinámicos que experimenta el río durante sus distintos períodos hidrológicos que se suceden anualmente; los cuales son:

- a) Aguas bajas (Enero- Abril)
  
- b) Aguas medias ascendentes (Mayo- Julio)
- c) Aguas altas (Agosto- Septiembre)
  
- d) Aguas medias (Octubre- Diciembre)

Es importante resaltar, que uno de los períodos que representa la mayor trascendencia en cuanto al mantenimiento se refiere, es las aguas medias descendentes, debido a que durante el transcurso del mismo, se presenta la mayoría de las variaciones de la vaguada en aquellos sectores que por su profundidad y gran acumulación de sedimentos se consideran críticos.(I.N.C 1997)

### 3.14 Pendiente hidráulica

Los procesos de erosión y sedimentación del lecho, bancos de arena y riveras del Orinoco, depende en alto grado de la velocidad de la corriente, la cual a su vez está influenciada por la pendiente longitudinal del río (Pravia José, 1987).

La determinación de la pendiente hidráulica se fundamenta en la aplicación de la siguiente fórmula

$$m = (h_2 - h_1) / d \quad (3.13)$$

Donde:

$m$  = Es la pendiente del agua

$h_2, h_1$  = La diferencias de alturas del río entre las estaciones limnigráficas

$d$  = Distancias entre las secciones limnigráficas

### 3.15 Patrones de flujo

La variación del patrón de flujo en el área de estudio está determinada por la influencia de la descarga del río y sus tributarios, la manera y el efecto del oleaje local que se genera por la acción del viento. (Pravia José, 1987)

### 3.16 Radio hidráulico

Para la determinación del radio hidráulico (Pravia José, 1987): se fundamenta en la siguiente fórmula:

$$R_h = A / pm \quad (3.14)$$

Donde:

Rh(radio hidráulico): es la relación entre el área hidráulica y el perímetro mojado

A( área): es el área de la sección transversal del flujo, tomada normalmente a la dirección del flujo

Pm (perímetro mojado): es la longitud de la línea que es interface entre el fluido y el contorno del canal

### **3.17 Programa HEC-RAS**

HEC-RAS está diseñado para realizar cálculos hidráulicos unidimensionales, para una red completa de canales naturales y construidos.

El sistema HEC-RAS determina la sección transversal, la geometría del cauce, sus caudales, contiene cuatro dimensiones que permiten el análisis de los componentes de un río: el flujo de agua constante para cálculos del perfil de la superficie, simulación de flujo estacionario, cálculos de transporte de sedimentos, y análisis de la calidad del agua. Un elemento clave es que los cuatro componentes utilizan una representación geométrica de datos más comunes y los cálculos hidráulicos rutinarios y geométricos. Además de los cuatro componentes del análisis de los ríos, el sistema contiene varias características de diseño hidráulico que puede invocarse una vez que la superficie del agua se van a calcular los perfiles de base.

Este componente del sistema de modelado se destina para la simulación del transporte de sedimentos dimensiones-un límite movimiento de cálculos resultante deerosión y deposición sobre períodos de tiempo moderado (<http://hec.usace.army.mil/software/-hec-ras/>)

### **3.18 SMS (Surface-water Modeling System)**

SMS es la principal solución para la gestión eficiente de procesos del modelado de la superficie del agua, desde la importación de datos topográficos e hidráulicos para la visualización y análisis de soluciones. SMS interactúa con una amplia gama de modelos numéricos para aplicaciones que incluyen el análisis de los caudales fluviales, transporte de contaminantes, transporte de sedimentos, rastreo de partículas, las inundaciones rurales y urbanas, de estuario, circulación costera, de entrada y de modelado de onda.

SMS es compatible con una serie de diferencias finitas 2D y modelos de elementos finitos incluyendo RMA2/RMA4, FESWMS, TUFLOW, ADCIRC, CMS FLOW, CMS Wave, STWAVE, CGWAVE y BOUSS2 D. (<http://www.aquaveo.com/sms>).



## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Nivel de investigación**

La investigación es descriptiva ya que consiste en la caracterización de un hecho o fenómenos o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. El investigador describe situaciones y eventos. Los estudios buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis (Dankhe, 1986)

De acuerdo a las características de esta investigación se deduce que es descriptivo debido a que consiste en el Estudio del flujo de los sedimentos y de las áreas de descarga para dragas de tolvas en el sector Aramaya del río Orinoco estado Monagas .Venezuela lo cual corresponde que la zona de descarga se vea favorecida para la depositación .de todo el material extraído del lecho del canal

#### **4.2 Diseño de la investigación**

El diseño de esta investigación es de tipo documental. Documental “Es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otro tipos de documentos” Es documental porque se recopilará información de fuentes bibliográficas que tengan relación con esta investigación (planos de la zona, fotografías aéreas).

#### **4.3 Población**

Cabe resaltar que para esta investigación la población se corresponde con todo el cuerpo de agua en tránsito por el sector Aramaya el cual está ubicado en las

progresivas 165 hasta 178 millas del río Orinoco según las cartas de navegación para el canal Orinoco editadas por el Instituto Nacional de Canalizaciones y por todos los materiales del lecho de dicho sector.

#### **4.4 Muestra**

La muestra será de carácter opinático ya que se recolectarán muestras del lecho en varios sitios del sector sin establecer una red determinada, es decir que existe la misma posibilidad de tomar cualquier porción del lecho.

#### **4.5. Técnica**

- a.) Revisión bibliográfica sobre el objeto de estudio.
  
- b.) Revisión de informes técnicos y trabajo de investigación previos.
  
- c.) Revisión de planos del área de estudio.
  
- d.) Ensayos de laboratorio (análisis granulométrico, análisis de forma, ensayo de corte directo).
  
- e.) Uso de diagramas para análisis de movimiento de flujo (Hjulstrom, Shields, Van Rijn, Mavis- Laushey, Meyer- Peter Müller, Yang, Badnold y Engelund).

#### **4.6 Instrumentos implementados**

- a.) Computador.
  
- b.) Cámara fotográfica.

c.) Equipos de dibujos.

d.) Software (SMS y HEC-RAS)

#### 4.7 Flujoograma de la metodología y descripción.

Para el desarrollo de esta investigación se siguió la metodología definida en el flujoograma de la figura 4.1.

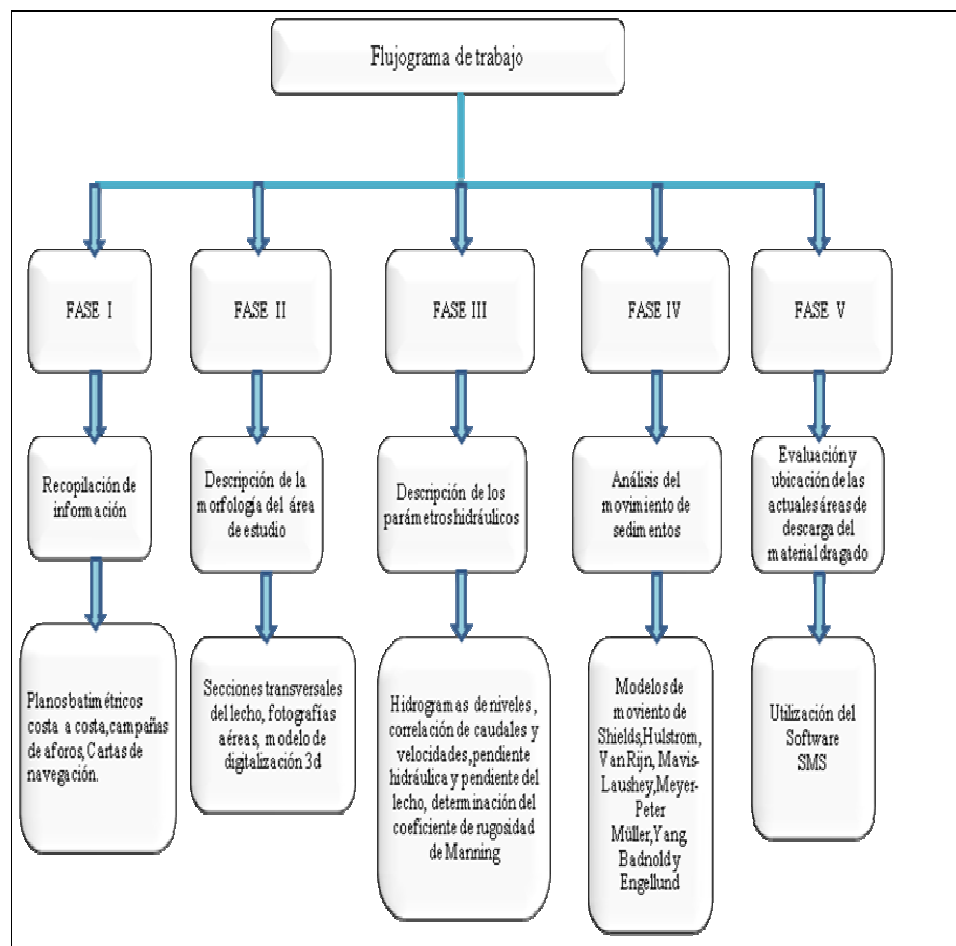


Figura 4.1 Flujoograma de Trabajo.

#### 4.7.1 Fase I recopilación de información

4.7.1.1. Recolección de todo material que proporciona información sobre el tema estudiado referente a la morfología de ríos, propiedades físicas, dragado, utilizando varias fuentes bibliográficas, como libros, tesis y toda la información que puede ser obtenida a través de internet.

4.7.1.2 Obtención de datos del área en estudio: se realizó posteriormente al estudio bibliográfico, en la cual se le solicitó al I.N.C a través de la Gerencia canal del Orinoco información acerca del sector en estudio, esta institución proporciona un conjunto de datos que son necesarios para el desarrollo de esta investigación los cuales se nombran a continuación:

Planos batimétricos del sector Aramaya Año 1998.

Registros de los niveles promedios mensuales de la estación Palúa durante el periodo 1943 al 2009.

Mediciones gastos líquidos, velocidades y niveles del río, realizadas por el I.N.C mediante campañas de aforo, para el período 1997-2003.

Tasas de sedimentación en el sector Aramaya.

Imágenes satelitales del área de estudio.

Planos batimétricos de las actuales áreas de descarga en digital.

Planos batimétricos costa a costa del año 1998 del sector Aramaya en digital.

Se recopilarán los datos sobre el análisis granulométrico, ángulo de fricción interna, análisis de forma de los granos y contenido mineralógico de los materiales del lecho los cuales fueron suministrados por I.N.C. Cabe destacar que estos datos geotécnicos se utilizarán para los diferentes modelos de movimiento de sedimento.

#### 4.7.2 Fase II Descripción de la morfología del área de estudio

La descripción de la morfología del área de estudio se efectuará desde el punto de vista regional y luego localmente.

Se realizarán secciones transversales cada 500 mts en los 6 planos correspondientes en el sector Aramaya, los cuales muestran perfiles del lecho, donde las ordenadas son las profundidades totales y las abscisas la distancia acumulada.

Se compararán las fotografías aéreas con la carta de navegación que emite el Instituto Nacional de Canalizaciones.

Con el fin de visualizar la morfología del área de estudio se digitalizará en 3D los planos batimétricos costa a costa 1998 del sector Aramaya por medio del software Surfer Golden 8.0.

#### 4.7.3 Fase III Describir los parámetros hidráulicos

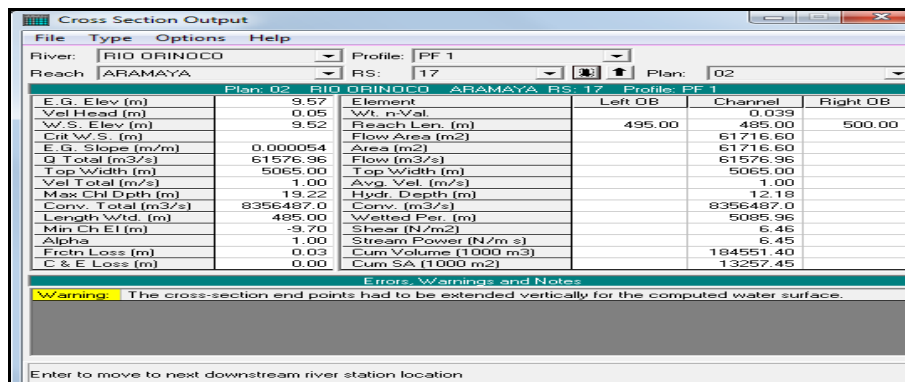
En el primer lugar se realizarán los hidrogramas de niveles máximos, promedios y mínimos del río correspondientes al sector Aramaya para los últimos 66 años. Para ello fue necesario los niveles del río Orinoco en la estación limnigráfica de Palúa y/o los niveles de las estaciones limnigráficas ubicadas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del tramo de estudio.

Se efectuarán diagramas de distribución de la velocidades en las secciones de aforo, para ello se ameritara recopilar las campañas de aforo efectuadas en los sectores a fin extraer los datos de velocidades de corriente, caudales líquidos, datos de la sección de aforo (ubicación), niveles del rio para la fecha del aforo.

3. Se realizara la correlación gráfica de las velocidades de corriente, caudales líquidos y niveles del río lo cual permitirá inferir la magnitud de la velocidad de la corriente y del caudal conociendo el nivel del rio en la sección.

4. Se determinara la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho utilizando los planos batimétricos costa – costa y los niveles del río aguas arriba y aguas abajo del tramo en estudio, el ábaco de pendientes y/o el programa de proyección de niveles del río.

5. Se determinara el área de las secciones transversales de aforos, el perímetro mojado, el radio hidráulico utilizando para ello las *detailed output tables* (Tabla detallada de salida) como se muestra en la figura 4.2 ubicada en el software HEC – RAS 4.0.



| Cross Section Output                              |             |                      |           |
|---|-------------|----------------------|-----------|
| File Type Options Help                            |             |                      |           |
| River:  | RIO ORINOCO | Profile:             | PF 1      |
| Reach:  | ARAMAYÁ     | RS:                  | 17        |
|   |             | Plan:                | 02        |
| Plan: 02 RIO ORINOCO ARAMAYÁ RS: 17 Profile: PF 1 |             |                      |           |
| E.G. Elev (m)                                     | 9.57        | Element              | Left OB   |
| Vel Head (m)                                      | 0.05        | Wt. nVal             | 0.039     |
| W.S. Elev (m)                                     | 9.52        | Reach Len. (m)       | 495.00    |
| Crit W.S. (m)                                     |             | Flow Area (m2)       | 485.00    |
| E.G. Slope (m/m)                                  | 0.000054    | Area (m2)            | 61716.60  |
| Q Total (m3/s)                                    | 61576.96    | Flow (m3/s)          | 61576.96  |
| Top Width (m)                                     | 5065.00     | Top Width (m)        | 5065.00   |
| Vel Total (m/s)                                   | 1.00        | Avg. Vel. (m/s)      | 1.00      |
| Max Chl Dpth (m)                                  | 19.22       | Hydr. Depth (m)      | 12.16     |
| Conv. Total (m3/s)                                | 8356487.0   | Conv. (m3/s)         | 8356487.0 |
| Length Wtd. (m)                                   | 485.00      | Wetted Per. (m)      | 5085.96   |
| Min Ch El (m)                                     | -9.70       | Shear (N/m2)         | 6.46      |
| Alpha   | 1.00        | Stream Power (N/m s) | 6.45      |
| Frctn Loss (m)                                    | 0.03        | Cum Volume (1000 m3) | 184551.40 |
| C & E Loss (m)                                    | 0.00        | Cum SA (1000 m2)     | 13257.45  |

Errors, Warnings and Notes

**Warning:** The cross-section end points had to be extended vertically for the computed water surface.

Enter to move to next downstream river station location

Figura. 4.2 Tabla detallada de salida.

Determinar el coeficiente de rugosidad de Manning para el tramo del río en estudio, esta estimación se efectuará utilizando el programa HEC-RAS cuya información de entrada son los datos de las secciones transversales, los caudales y los niveles del río.

El programa requiere una serie de datos para su ejecución, a continuación se dará una breve explicación de los datos necesarios para el funcionamiento de este software:

El software HEC-RAS 4.1 funciona Considerando la ecuación de la Continuidad o de la Conservación de la Masa, en la que:

$$Q = V \times A \quad (4.1)$$

Donde :

$Q$  = Caudal

$V$  = Velocidad

$A$  = Área de sección transversal

Considerando la ecuación de Energía o de la Conservación de la Energía de Daniel Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_e \quad (4.2)$$

Donde:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z = \text{Carga piezométricas}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \text{Carga de velocidades.}$$

$h_e$  = pérdidas de carga

Considerando la ecuación de Manning

$$v = \frac{1.49}{n} * R^{2/3} * S \quad (4.3)$$

Donde:

$v$ = Es la velocidad media en pies/s.

$R$ = Es el radio hidráulico.

$S$ = Es la pendiente de la línea de energía.

$n$ = Es el coeficiente de rugosidad, conocido específicamente como la  $n$  de Manning.

La utilización del Programa HEC-RAS, está conformado básicamente por tres etapas:

Ingreso de Información Básica.

Corrida del Programa.



### Visualización de los Resultados.

El programa exige que se realice un bosquejo del trazado del río en el área estudiada y está se identifica con el nombre del río y el sector estudiado

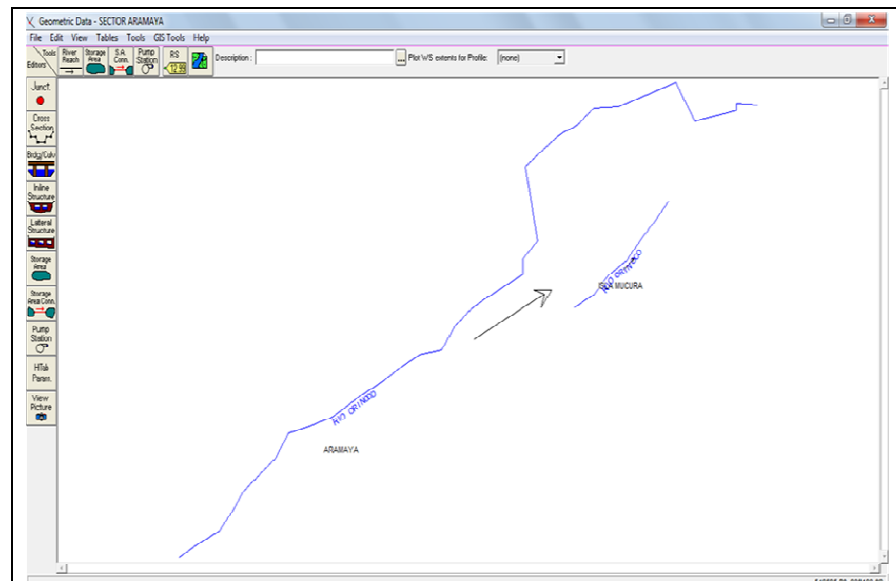


Figura 4.3 Esquema del río en el área de estudio

En el esquema planteado se introduce la data geométrica (Cross Section Data) de las diversas secciones transversales, a lo largo del cauce considerado. (Figura 4.4).

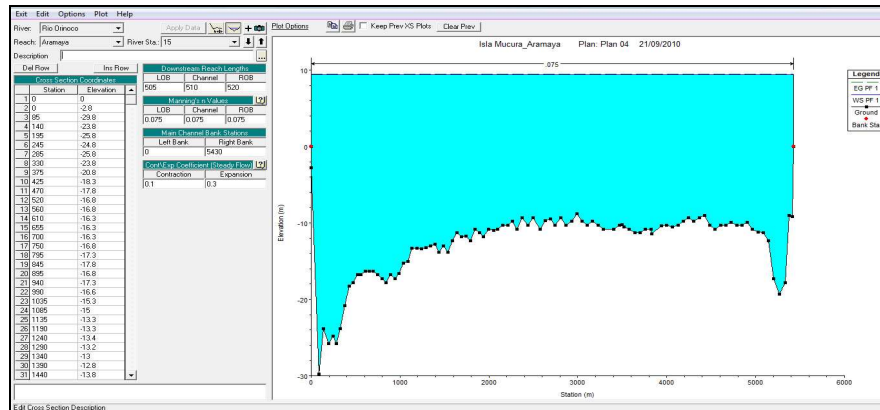


Figura 4.4 Asignación de valores a una sección en estudio.

De esta gráfica, *Station* es la distancia acumulada de la sección en estudio, desde la margen izquierda hasta la margen derecha, *Elevation* es la profundidad correspondiente a cada distancia acumulada, *L.O.B* es la distancia de la sección en estudio hasta la siguiente sección aguas abajo, respecto a la margen izquierda, *Channel* es la distancia de la sección en estudio hasta la siguiente sección aguas abajo, respecto al centro del cauce, *R.O.B* es la distancia de la sección en estudio hasta la siguiente sección aguas abajo, respecto a la margen derecha, *Manning's values* es el coeficiente de manning para la margen izquierda, centro del canal y margen derecha respectivamente, *Main Channel Bank Station* es el dominio del ancho inundable del cauce.

Después de introducir todas las secciones del tramo en estudio, el resultado quedará representado tal como se muestra en la figura.4.5

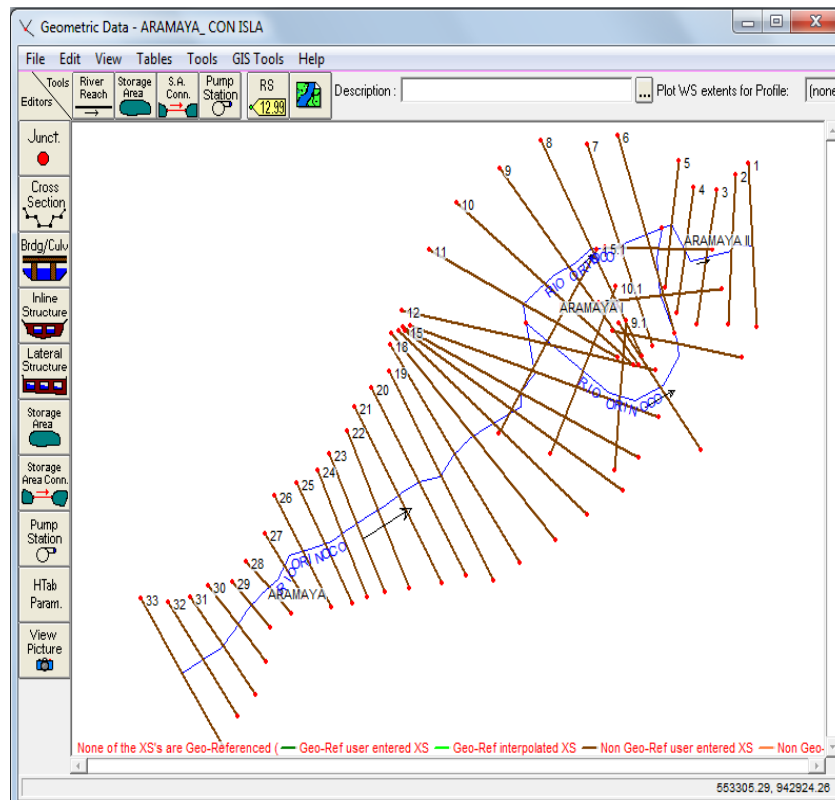


Figura 4.5 Esquema en planta con las secciones transversales.

Posteriormente se inserta el valor del caudal a evaluar, en la ventana de datos para el flujo (Steady Flow Data). (Figura 4.6).

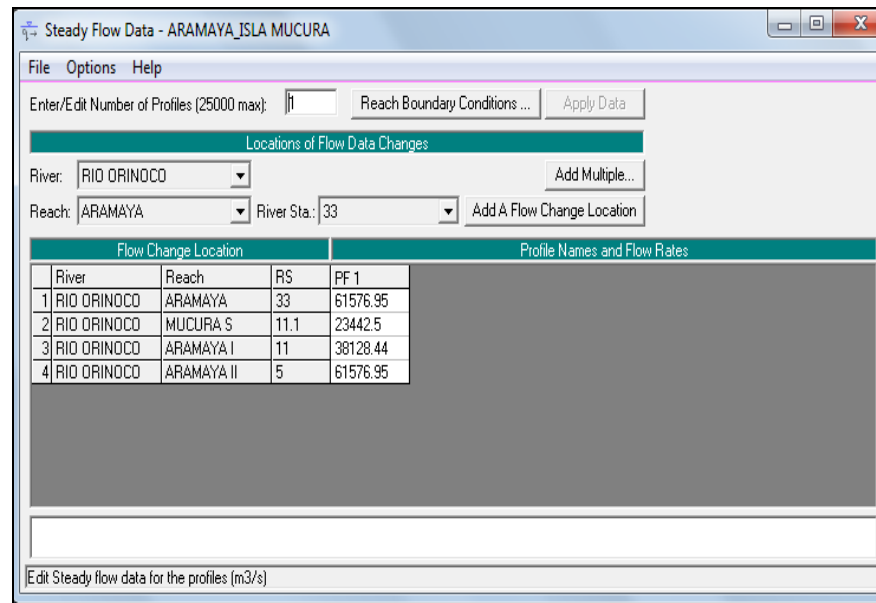


Figura 4.6 Ventana para datos del flujo.

Luego se ingresa el nivel del agua para el caudal considerado (Know water surfaces for flows), el cual estará referido al *Main Channel Bank Station* (Figura 4.7).

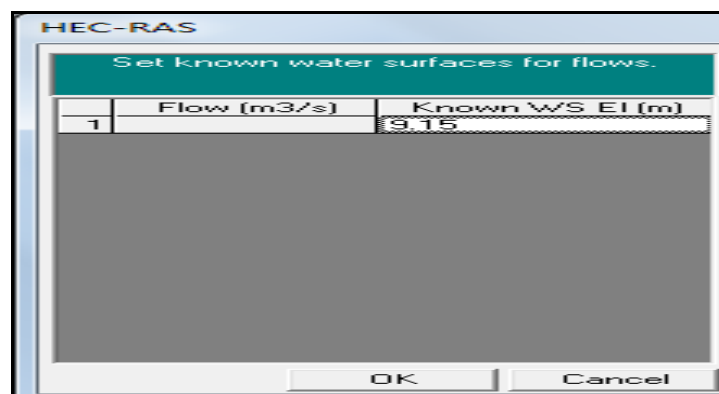


Figura 4.7 Nivel del agua para el caudal. Una vez introducidos todos estos datos es posible aplicar el análisis del flujo (Steady Flow Analisis), a todo el tramo en estudio con la opción compute. (Figura 4.8)

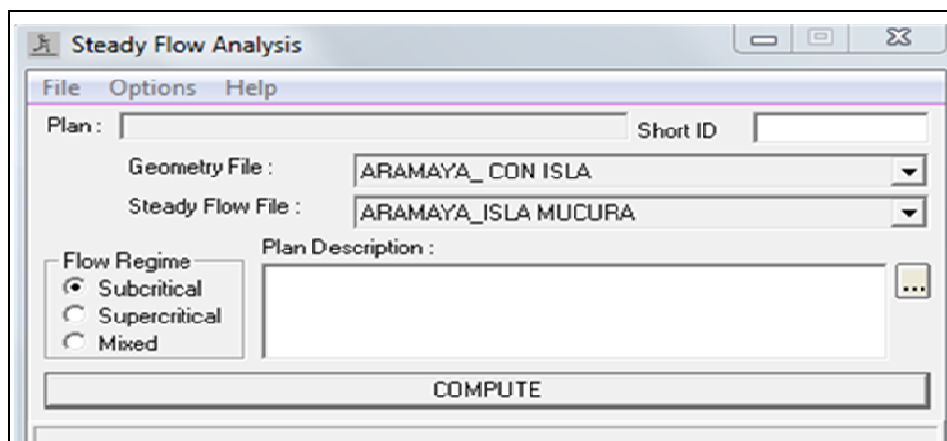


Figura.4.8 Analisis del flujo en los tramos.

Los resultados de este análisis se agrupan en una tabla resumen, la cual muestra parte de la data ingresada como también las velocidades y niveles calculados por el programa para cada una de las secciones transversales ingresadas, el software también estima las pendientes entre secciones.

| Reach     | River Sta | Profile | Q Total (m³/s) | Min Ch El (m) | W. S. Elev (m) | Crt W. S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m²) | Top Width (m) | Froude # Cl |
|-----------|-----------|---------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------|----------------|----------------|---------------|-------------|
| ARAMAYA   | 33        | PF 1    | 61576.96       | -27.00        | 9.94           |               | 10.02         | 0.000064         | 1.26           | 49033.82       | 3205.00       | 0.1         |
| ARAMAYA   | 32        | PF 1    | 61576.96       | -22.00        | 9.88           |               | 9.98          | 0.000067         | 1.40           | 44022.57       | 2525.00       | 0.1         |
| ARAMAYA   | 31        | PF 1    | 61576.96       | -26.00        | 9.85           |               | 9.95          | 0.000055         | 1.39           | 44427.26       | 2220.00       | 0.1         |
| ARAMAYA   | 30        | PF 1    | 61576.96       | -31.00        | 9.81           |               | 9.92          | 0.000053         | 1.49           | 41424.81       | 1820.00       | 0.1         |
| ARAMAYA   | 29        | PF 1    | 61576.96       | -42.00        | 9.73           |               | 9.89          | 0.000055         | 1.80           | 34287.07       | 1155.00       | 0.1         |
| ARAMAYA   | 28        | PF 1    | 61576.96       | -35.80        | 9.71           |               | 9.86          | 0.000056         | 1.71           | 36101.82       | 1330.00       | 0.1         |
| ARAMAYA   | 27        | PF 1    | 61576.96       | -31.80        | 9.70           |               | 9.83          | 0.000050         | 1.62           | 37920.42       | 1390.00       | 0.1         |
| ARAMAYA   | 26        | PF 1    | 61576.96       | -26.80        | 9.71           |               | 9.79          | 0.000047         | 1.31           | 47103.16       | 2305.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 25        | PF 1    | 61576.96       | -28.80        | 9.70           |               | 9.77          | 0.000037         | 1.19           | 51844.32       | 2435.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 24        | PF 1    | 61576.96       | -24.80        | 9.67           |               | 9.75          | 0.000044         | 1.24           | 49674.54       | 2495.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 23        | PF 1    | 61576.96       | -25.80        | 9.66           |               | 9.73          | 0.000042         | 1.18           | 52142.75       | 2720.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 22        | PF 1    | 61576.96       | -22.30        | 9.64           |               | 9.71          | 0.000050         | 1.18           | 52067.34       | 3095.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 21        | PF 1    | 61576.96       | -17.20        | 9.62           |               | 9.68          | 0.000049         | 1.11           | 55612.44       | 3630.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 20        | PF 1    | 61576.96       | -14.70        | 9.60           |               | 9.66          | 0.000053         | 1.10           | 55869.95       | 3900.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 19        | PF 1    | 61576.96       | -11.70        | 9.57           |               | 9.63          | 0.000053         | 1.06           | 58221.13       | 4320.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 18        | PF 1    | 61576.96       | -9.70         | 9.55           |               | 9.60          | 0.000056         | 1.04           | 59484.09       | 4755.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 17        | PF 1    | 61576.96       | -9.70         | 9.52           |               | 9.57          | 0.000054         | 1.00           | 61716.60       | 5065.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 16        | PF 1    | 61576.96       | -14.80        | 9.49           |               | 9.55          | 0.000057         | 1.00           | 61499.13       | 5185.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 15        | PF 1    | 61576.96       | -19.80        | 9.47           |               | 9.52          | 0.000049         | 0.94           | 65441.78       | 5430.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 14        | PF 1    | 61576.96       | -24.80        | 9.45           |               | 9.50          | 0.000053         | 0.95           | 64522.95       | 5540.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 13        | PF 1    | 61576.96       | -18.80        | 9.42           |               | 9.47          | 0.000058         | 0.98           | 62814.09       | 5545.00       | 0.0         |
| ARAMAYA   | 12        | PF 1    | 61576.96       | -14.70        | 9.39           |               | 9.44          | 0.000054         | 0.96           | 63921.44       | 5515.00       | 0.0         |
| MUCURA S  | 11.1      | PF 1    | 23442.50       | -12.30        | 9.37           |               | 9.41          | 0.000045         | 0.91           | 25797.91       | 2115.00       | 0.0         |
| MUCURA S  | 10.1      | PF 1    | 23442.50       | -14.70        | 9.34           |               | 9.39          | 0.000044         | 0.96           | 24354.42       | 1775.00       | 0.0         |
| MUCURA S  | 9.1       | PF 1    | 23442.50       | -19.90        | 9.30           |               | 9.36          | 0.000054         | 1.11           | 21098.34       | 1450.00       | 0.0         |
| MUCURA S  | 8.1       | PF 1    | 23442.50       | -16.90        | 9.28           |               | 9.33          | 0.000040         | 0.99           | 23796.16       | 1555.00       | 0.0         |
| MUCURA S  | 7.1       | PF 1    | 23442.50       | -18.10        | 9.27           |               | 9.31          | 0.000033         | 0.94           | 24886.55       | 1520.00       | 0.0         |
| MUCURA S  | 6.1       | PF 1    | 23442.50       | -17.70        | 9.25           |               | 9.30          | 0.000030         | 0.93           | 25248.09       | 1445.00       | 0.0         |
| MUCURA S  | 5.1       | PF 1    | 23442.50       | -19.90        | 9.25           |               | 9.29          | 0.000019         | 0.86           | 27379.34       | 1250.00       | 0.0         |
| ARAMAYA I | 11        | PF 1    | 38128.43       | -11.10        | 9.36           |               | 9.40          | 0.000061         | 0.97           | 39508.25       | 3720.00       | 0.0         |
| ARAMAYA I | 10        | PF 1    | 38128.43       | -9.50         | 9.33           |               | 9.37          | 0.000052         | 0.90           | 42403.04       | 3950.00       | 0.0         |
| ARAMAYA I | 9         | PF 1    | 38128.43       | -10.00        | 9.31           |               | 9.35          | 0.000050         | 0.90           | 42212.67       | 3800.00       | 0.0         |
| ARAMAYA I | 8         | PF 1    | 38128.43       | -10.40        | 9.28           |               | 9.32          | 0.000044         | 0.88           | 43323.23       | 3650.00       | 0.0         |

Figura 4.9 Cuadro resumen de los datos

Este análisis también fue aplicado a las secciones transversales sin modificar con la finalidad contrastar los resultados para ambas condiciones. Figura (4.9)

#### 4.7.4. Fase IV Análisis del movimiento de sedimentos

Se aplicaran los modelos de Shields, Hjulstrom, Van Rijn, Mavis- Laushey, Meyer- Peter Müller, Yang, Bagnold y Engelund el cual estos modelos van a vincular o correlacionar sus resultados a un parámetro como el nivel del río debido que es un factor de medición constante para el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC)

4.7.5 Fase V Evaluación y ubicación de las actuales áreas de descarga del material dragado

Se utilizará información batimétrica costa a costa del sector de estudio en digital en formato DXF y TXT con el fin de obtener datos de coordenadas y profundidades.

Por medio del programa SMS (Surface - Water Modeling System) se realizará una simulación de las corrientes de río por medio de modelo tipo FSWMS para el cual se dará una breve explicación de las herramientas e información solicitada por dicho programa.

El software SMS funciona considerando la ecuación o de la conservación de Masa

$$Q = VxA \quad (4.4.)$$

Donde:

$Q$  = Caudal

$V$  = Velocidad

$A$  = Área de la sección transversal

Considerando la ecuación de Energía o de la Conservación de la Energía de Daniel Bernoulli.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_e \quad (4.5)$$

Donde:

$\frac{P}{\gamma} + Z$  = Carga piezométricas

$\frac{V^2}{2g}$  = Carga de velocidades

$h_e$  = Pérdida de carga

Considerando el número de Froude

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot l}} \quad (4.6)$$

Donde:

Fr = N° de Froude

V=Velocidad

g= Gravedad

L= Profundidad hidráulica

Considerando la ecuación de Manning

$$v = \frac{1.49}{n} * R^{2/3} \cdot S \quad (4.7)$$

Donde:

v= Es la velocidad media en pies/s.

R= Es el radio hidráulico.

S= Es la pendiente de la línea de energía.

n= Es el coeficiente de rugosidad, conocido específicamente como la *n* de Manning.

Considerando la ecuación de Mavis Laushey

$$V_b = K_2 d^{1/2} \quad (4.8)$$

Donde

$V_b$  = Velocidad en el fondo competente = 0.7 x velocidad media del flujo.



$K_2$  = Constante (igual a 0.51 cuando  $V_b$  está en pie/s y 0.155 cuando  $V_b$  está en m/s).

$d$  = Tamaño del sedimento (en mm).

a) Iniciando el programa se desplegará la pantalla del SMS en el que se encontrarán las barras principales como también los comandos activos, los modelos que se pueden correr. Figura (4.10)

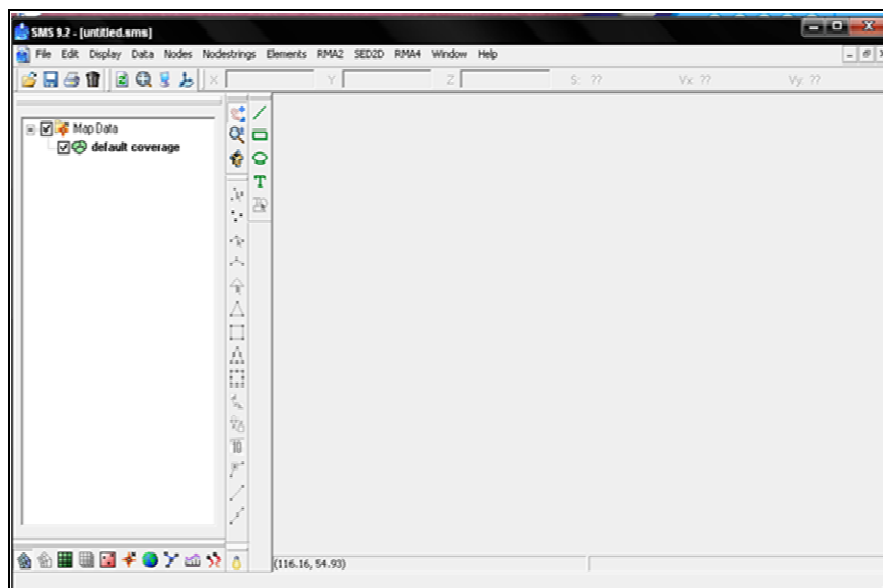


Figura. 4.10 Pantalla principal del SMS.

b) Formando los arcos de rasgo, por medio de la data en formato DXF se realizará los arcos de rasgo delimitando las costas y usando el modelo FESWMS, como se muestra figura (4.11)

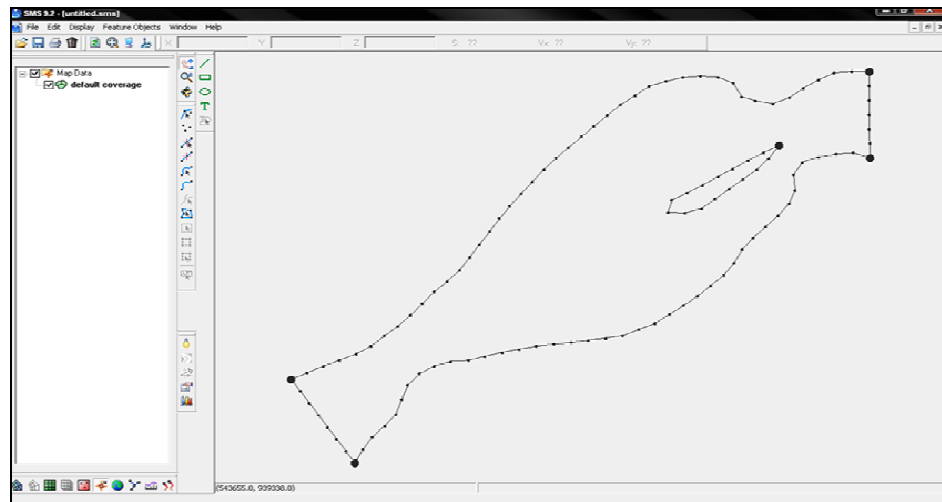


Figura. 4.11 Arcos de rasgo formados.c) Se crea el método de mallado a utilizar en este caso será Adaptive Tessellation con la batimetría constante, y usando como modelo *Map-2DMesh*, se desplegará el mallado como se muestra en la figura 4.12.

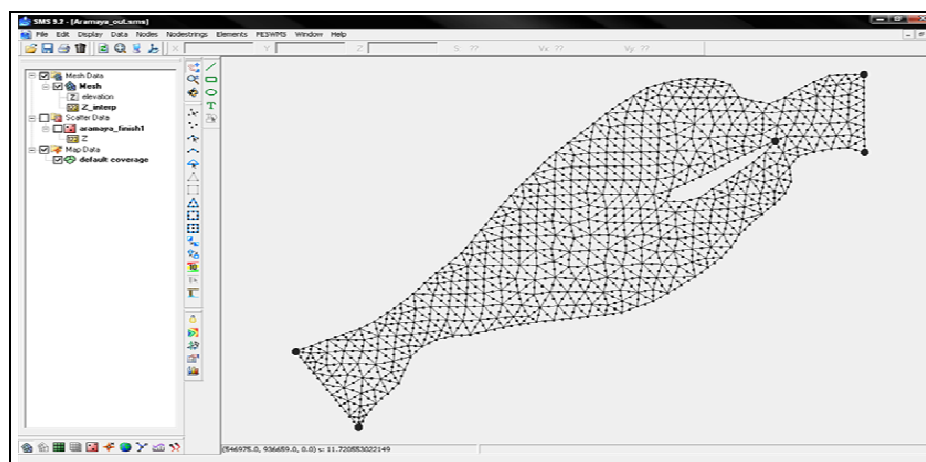


Figura. 4.12 Formación de la malla

d) Ingresando la batimetría, ahora con la data en formato TXT se ingresa al programa, la batimetría a partir de estos puntos en dispersión se interpolara la batimetría en la malla para que todos los puntos creados en la malla tengan puntos de coordenadas y profundidad. Como se muestra en la figura (4.13)

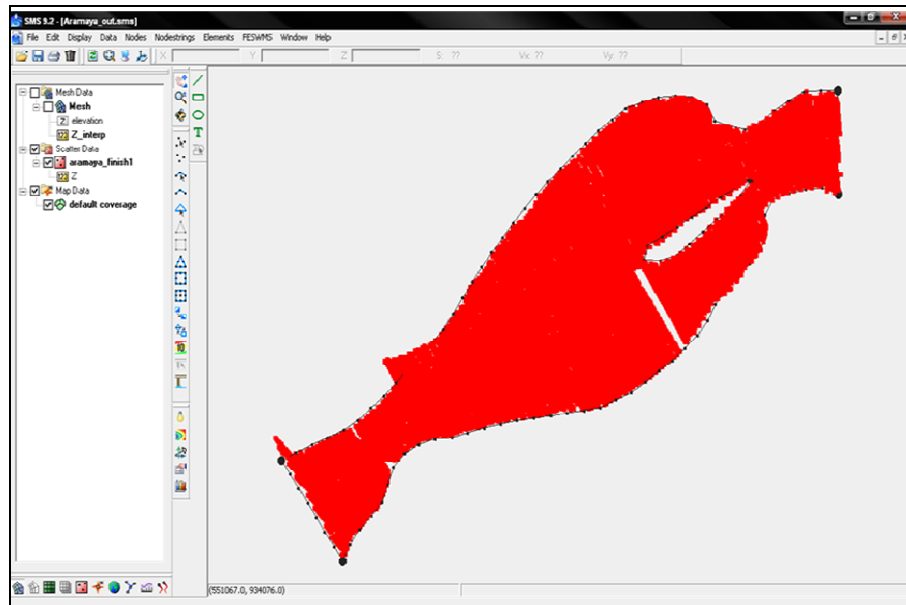


Fig. 4.13 Interpolación de los datos batimetría.

e) Asignando las condiciones límite: para esto se van a crear cordones de arcos en las entradas y salidas de flujo. Ya formado los cordones de mallado se seleccionan (*select nodestring*) en la barra principal en *FESWMS* en el menú seleccionar *assign BC* si es entrada de caudal escoja *flow* y coloque el valor del caudal, si es salida el nivel de agua (WSE).

f) Asignando las propiedades de los materiales, En la barra principal se selecciona *FESWMS*, al desplegar el menú se elegirá la opción *material properties* y se asigna el coeficiente de rugosidad de Manning  $n_1$  y  $n_2$ .

g) Luego en la barra principal del modelo se selecciona *FESWMS* en el menú y se elige la opción *model control*

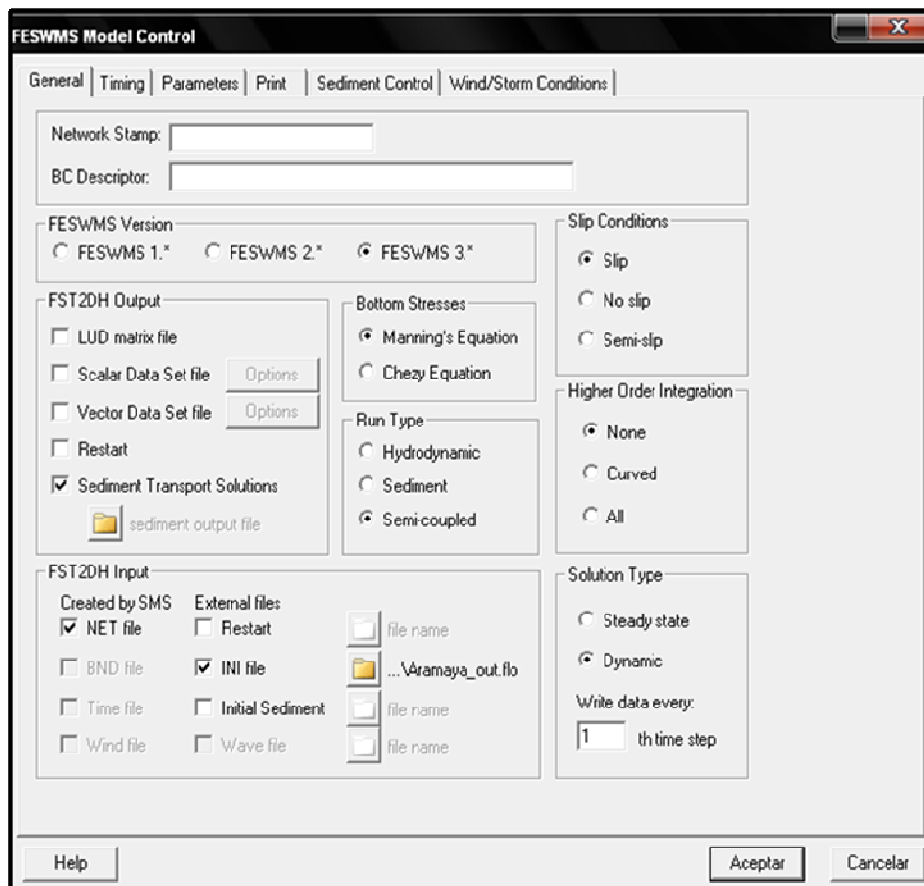


Figura 4.14 Indicando la especificaciones del modelo

- En la pestaña general, se elegirá el tipo de corrida *hydrodynamic* y un tipo de solución *steady state*.

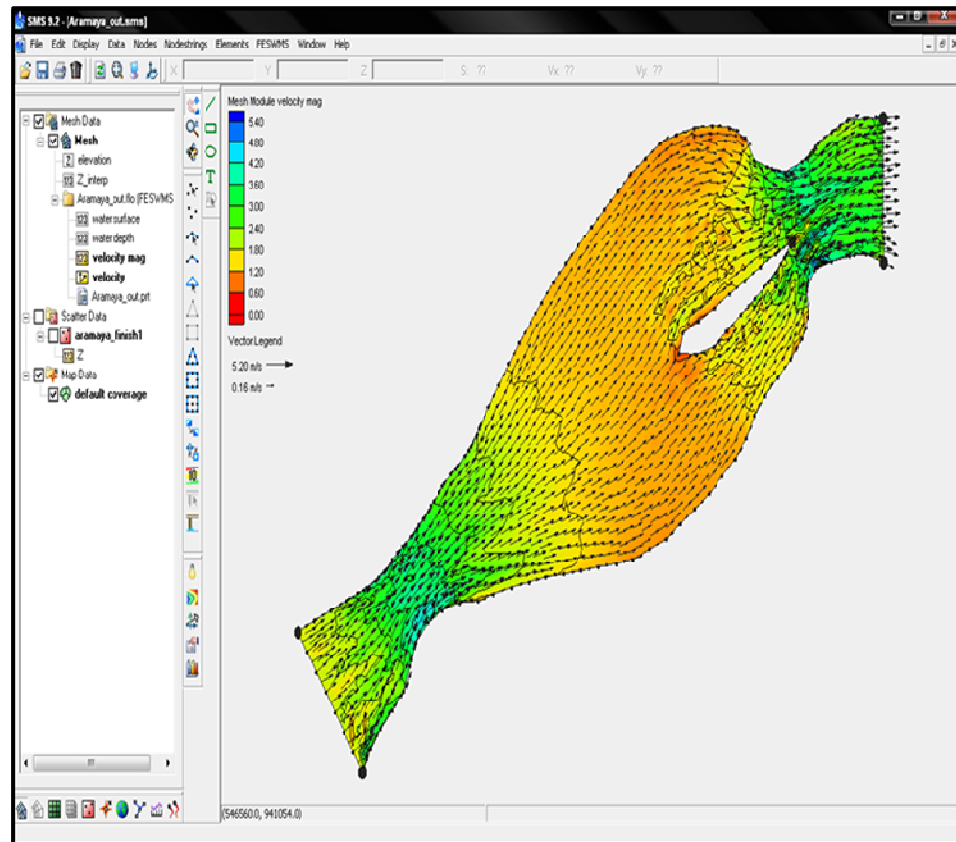


Figura 4.15 Solución hidrodinámica

- En la pestaña de parámetros se especificara el nivel del agua, la densidad del agua.

Figura 4.15 Solución hidrodinámica.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. Descripción de la morfología del área de estudio**

Para este análisis fue necesaria la utilización de los planos batimétricos costa a costa del año 1998 del sector Aramaya. Se realizaron 39 secciones transversales a lo largo del canal específicamente entre las millas 165 y 178 con una separación cada 500 mts entre cada una de ellas.

En las secciones transversales que se encuentran en las figura B.37 hasta B.53 resultó mayores profundidades hacia el lado norte, con profundidades de hasta 35 mts

En las secciones transversales, figuras B.30, B.35, B.36, B.54, B.55, B.56, B.57, B.59 se observan que en el centro del canal se ubican sus profundidades mayores, con hasta unos 47mts de profundidad respectivamente

En las secciones transversales, figuras B.38, B.39 presentan desde zona norte hasta el centro del canal se ubican sus profundidades mayores de hasta unos 20mts de profundidad

En las secciones transversales que se encuentran en la figura B.31, B.32, B.33, B.34, B.42, B.58, B.60, B.61, B.62, B.63, B.64, B.65, B.66, B.67, B.68, B.69 se aprecian sus mayores profundidades hacia la zona izquierda de hasta unos 26mts de profundidad

De acuerdo a la fotografía aérea del año 1961 al ser comparados con la carta de navegación que emite el Instituto Nacional de Canalizaciones, se observa que existen

pocas variaciones morfológicas significativas que hayan ocurrido y la mayor tendencia migratoria de la línea de costa es hacia el Norte (Figura 5.1)



Figura 5.1 Comparación de la fotografías aéreas tomadas en la misión VMAST5 en el año 1961 y la carta de navegación realizada en el año 1996 (Información suministrada por el Departamento de Investigación del I.N.C).

A fin de visualizar de manera general la morfología, la información batimétrica disponible es procesada mediante el programa Surfer 8.0. Se puede observar el modelo 3d, la geometría del fondo de río y configuración del cauce.

En la milla 169.9 se observa que el flujo se bifurca debido a la presencia de una isla denominada Múcura. Se ratifica lo observado en las secciones transversales. (Figura 5.2).

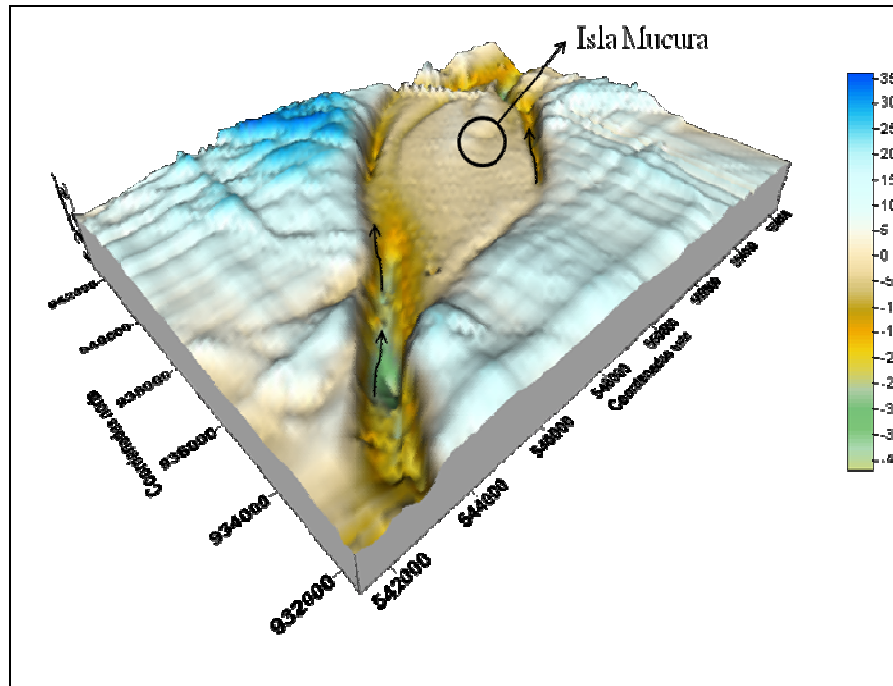


Figura 5.2 Modelo digital del lecho del sector Aramaya del canal de Navegación

## 5.2 Descripción de los parámetros hidráulicos principales del sector Aramaya

Se ha considerado realizar un análisis tales como: hidrograma de los niveles del río, correlación de los caudales y velocidades.

### 5.2.1 Hidrograma de los niveles del río

Para la elaboración del hidrograma correspondientes al sector Aramaya de niveles promedios, máximos y mínimos de la milla 171.5 durante el período 1943-2009 del canal de navegación del río Orinoco (Tablas A. 26, en la figura B.5.3). El ascenso se inicia en el mes de abril hasta el mes de agosto cuando alcanza su nivel más alto de 10.70 posteriormente inicia su descenso en el mes de septiembre hasta el mes de enero .y podemos notar su nivel mínimo de 0.44



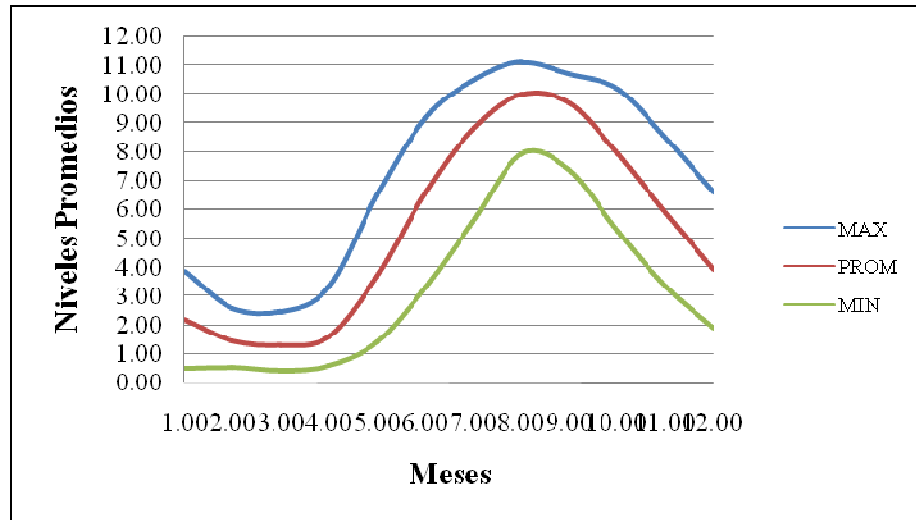


Figura 5.3 Hidrogramas representativos de los niveles, máximos, promedios y mínimos de la milla 171.5 (1943-2009)

Esta condición acentúa el carácter hidrodinámicamente activo y que puede presentar procesos de crecidas e inundaciones anuales, así como también la posibilidad de socavamiento en sus márgenes y lecho cuando éste se encuentre en período de ascenso y máximo nivel de sus aguas.

#### 5.2.2 Correlación de niveles caudales y velocidades

A partir de los datos proporcionados por el Departamento de Investigación del I.N.C correspondiente a las campañas de aforos realizados en el período 1998-2002 en el sector en estudio (tablas A.27, A.28, A.29), se elaboraron gráficos de correlación (figuras B.25, B.26, B.27) de estos tres parámetros para las millas 167.9, 167.0, 166.8. El flujo se divide por el norte de la isla Múcura y hacia el sur y a través de los gráficos de correlación posee 61% aproximadamente

### 5.3 Determinación de pendiente hidráulica y pendiente del lecho

De los planos correspondientes a los levantamientos batimétricos costa a costa en el año 1998 en el sector en estudio, se procedió a la determinación de la pendiente hidráulica y la pendiente del lecho del río (tabla A.31 y A.32)

La pendiente hidráulica se determinó en la ecuación (3.13)

El valor de la pendiente hidráulica entre las estaciones de Palúa y Cabrian en el plano(N°00DB4874), dio como resultado 4.6145\*

Para calcular la pendiente del lecho del río no se consideraron valores de niveles del agua sino profundidades escogidas a lo largo del centro del canal separado por distancias razonables. Estas profundidades fueron referenciadas al nivel medio del mar (N.M.M)

Aplicando las correcciones establecidas para cada uno de los limnígrafos (Palúa y Cabrian) finalmente se determinaron las distancias de separación entre las profundidades escogidas para cada plano, para así calcular la pendiente del lecho.

El resultado obtenido en la determinación de la pendiente del lecho en el plano (N°00DB4985) fue de 0.00011594

#### 5.3.1 Determinación del radio hidráulico

De los datos obtenidos del programa Hec-Ras y sustituyendo los valores en la ecuación (3.14) arrojó el siguiente resultado 12.13m

### 5.3.2 Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning

Ante el desconocimiento de los materiales existentes en el lecho del río y áreas que ocupan cada uno de ellos se hace necesario estimar un coeficiente de rugosidad de Manning equivalente y que genere o produzca una pendiente similar a la real para ello se hace uso de un modelo matemático de flujo unidimensional del flujo permanente como el software (programa Hec-Ras)

El programa amerita los siguientes datos de entrada:

Geometría de los datos de las secciones transversales

Se introducen las profundidades, distancias y elevaciones

Station: Distancia acumulada.

Elevation: Lectura batimétrica Corregida.

LOB: Distancia del margen Izquierdo entre la sección transversal inferior próxima.

Channel: Distancia del margen central entre la sección transversal inferior próxima.

ROB: Distancia del margen derecho entre la sección transversal inferior próxima.

Left Bank: Primera distancia acumulada.

Right Bank: Última distancia acumulada.

Se va variando el coeficiente de rugosidad de Manning en cada sección transversal hasta que el programa genere una pendiente existente igual a la real dando como resultado un coeficiente de rugosidad de 0.039

#### **5.4 Caracterización geotécnica de los materiales del lecho del río en el sector Aramaya del río Orinoco**

El análisis geotécnico que a continuación se presenta fue suministrado por el instituto de Canalizaciones (I.N.C) y consistió en una clasificación granulométrica, ángulo de fricción interna, formas y tamaño de los granos y contenido mineralógico de los materiales del lecho.

##### 5.4.1 Clasificación granulométricas de los materiales del lecho

De las muestras de suelo tomadas en diferentes secciones del canal de navegación y según lo observado en las curvas granulométricas en las (tablas A.1, A.2, A.3, A.4, A.5 y en las figuras B.1, B.2, B.3, B.4, B.5) se puede decir que el fondo del sector Aramaya está compuesto por sedimentos conformados por arenas, cuya granulometría varía de media a fina y tomando como referencia la clasificación unificada de los suelos, éstas se consideran de tipo SP. (Marín, L.2002)

##### 5.4.2 Análisis de los ángulos de fricción interna de los materiales del lecho

Este análisis determinó mediante el esfuerzo cortante de la muestra de suelo y los ángulos de fricción interna que posee la misma

De los resultados obtenidos en la sección transversal realizada en el canal de navegación del río Orinoco en el sector Aramaya, se presentan de la siguiente manera: en la (tabla A.6, A.7, A.8, A.9 y las figuras B.6, B.7, B.8, B.9) En la milla

167.8 de la muestra del lecho posee un ángulo entre  $31^{\circ}$  y  $33^{\circ}$  este rango de valores corresponde a suelos cohesivos con granos de arena que van de medio a fino. (Marín, L.2002).

#### 5.4.3 Formas y tamaño de los granos

En cuanto al análisis sedimentológico de forma, realizados a las muestras extraídas del canal de navegación del río Orinoco en el sector Aramaya; éstas arrojaron resultados variables con respecto a las formas de las partículas.

De acuerdo a los resultados obtenidos las cuales se presentan de subangulosas a angulosas en forma predominante, lo que nos ayuda a inferir que las partículas han sufrido un moderado transporte. (Tablas A.10 a la 21 y las figuras de la B 10 a la B.21). (Marín, L.2002)

#### 5.4.4 Análisis del contenido mineralógico de los materiales del lecho

De los resultados obtenidos en la (tabla A.22 y en la figura 5.3) revelan una gran diversidad de minerales de la muestra margen izquierda y la margen derecha milla 169 con un alto contenido de 75% de minerales como Circón, óxido de hierro, Ilmenita, pirita y Titanio. (Marín, L.2002)

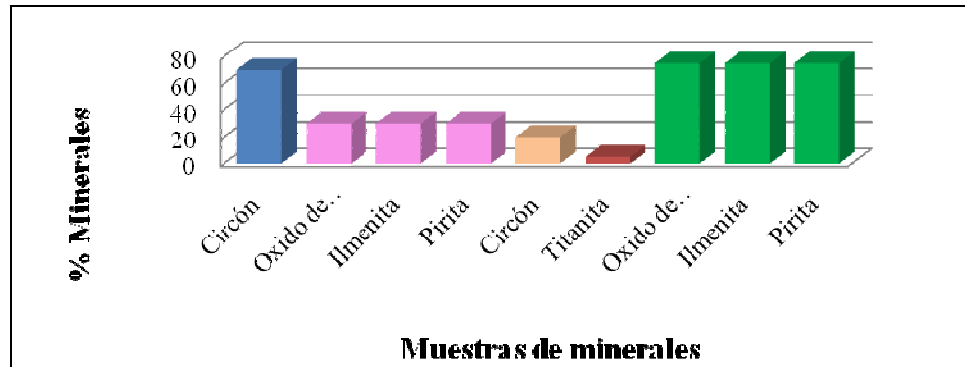


Figura 5.4 Análisis Petrográficos de las muestras extraídas del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco

### 5.5 Análisis del movimiento de sedimentos que se producen en el sector Aramaya

Para el análisis del Movimiento Incipiente de los sedimentos se consideraron los siguientes modelos: Modelo de Shields., Modelo de Hjulstrom., Modelo de Van Rijn, Modelo de Yang, Modelo Meyer- Peter- Müller, Modelo de Mavis y Laushey, Bagnolds y Engelund.

Tomando en cuenta el criterio de Shields (1936) en Yang (1996) Define al esfuerzo de corte  $\tau$  la diferencia de densidad entre el sedimento y el fluido  $\rho_s$  el diámetro de la partícula  $d$ , la viscosidad cinemática  $\nu$  y la aceleración gravitacional  $g$ , como factores de importancia en la determinación del movimiento incipiente.

De acuerdo al criterio de Shields arrojó que el esfuerzo cortante adimensional es de 3.654 vs el número de Reynolds de 12.93. (Tabla A.55). De acuerdo al diagrama de Shields en la figura 5.5 se determinó que la partícula se encuentra en movimiento y su velocidad es turbulenta. (Figura 5.5).

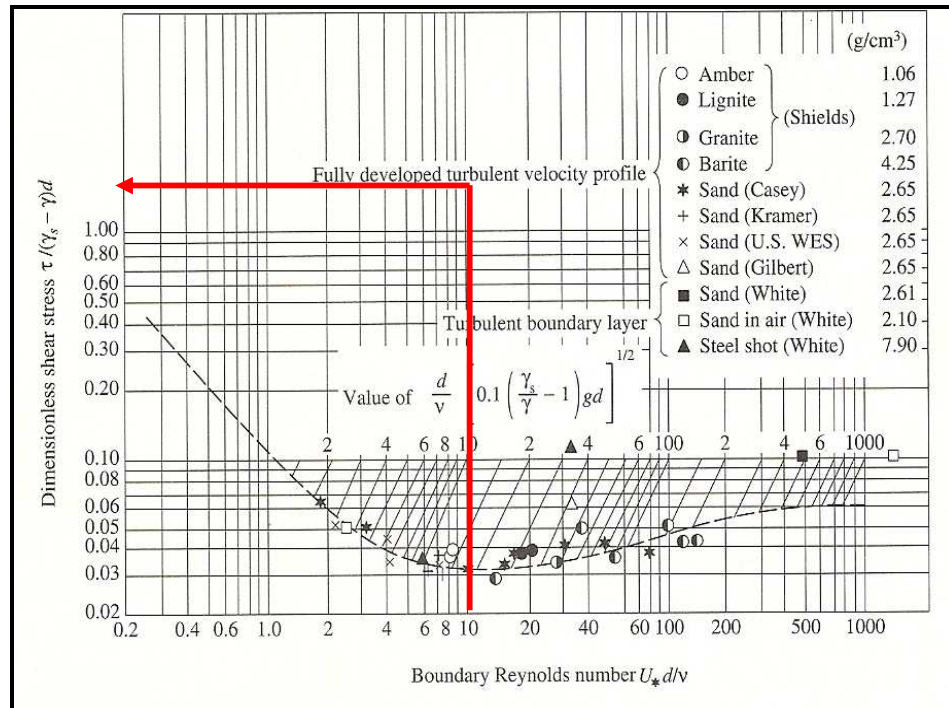


Figura 5.5 Diagrama de Shields para movimiento incipiente (Vanoni, 1975 en Yang, 1996)

De acuerdo al Modelo de Hjulstrom .Se basa en el conocimiento del diámetro medio de las partículas y la velocidad media del flujo lo cual permite determinar el estado de movimiento de los sedimentos (erosión, transporte y sedimentación)

Para las condiciones de esta investigación posee un diámetro medio de las partículas de 0.3 (mm) y con una velocidad media del flujo de (100 cm/seg) se observa que los sedimentos se encuentra en estado de erosión En la figura (5.6)

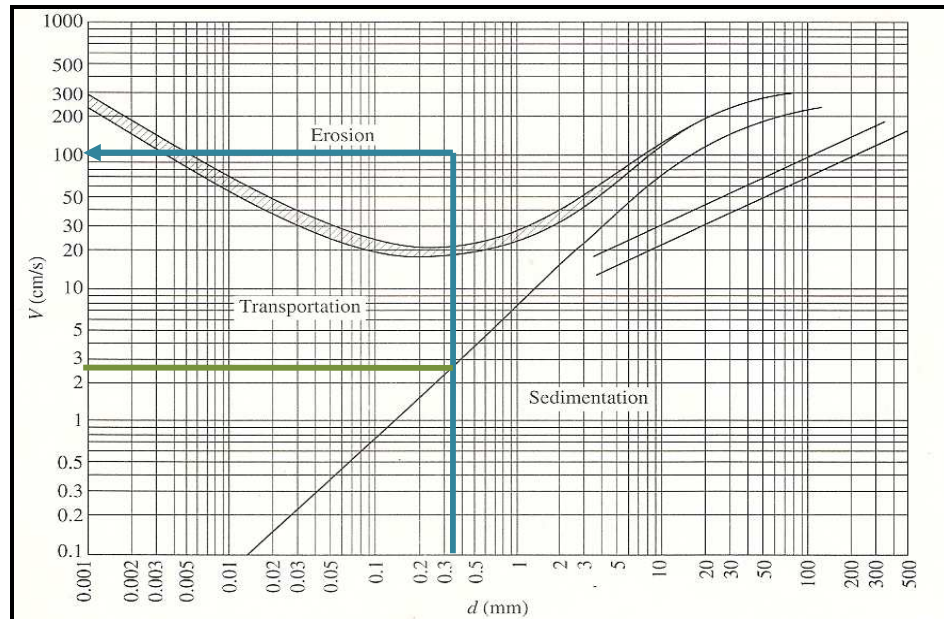


Figura 5.6 Criterio erosión – depositación para partículas uniformes (Hjulstrom, 1935 en Yang, 1996).

Asimismo, el gráfico de Hjulstrom nos indica que para el diámetro de las partículas presentes en el sector de estudio la velocidad mínima para que se produzca el transporte de los sedimentos es de 2.2 cm/seg la cual ocurre cuando el río alcanza un nivel de 10.57 m. De igual forma el gráfico de Hjulstrom permite conocer que la velocidad del río que producirá erosión es de 20(cm/seg)

Tomando como referencia los modelos de Van Rijn (1993), Modelo de Engelund (1972) y el Modelo de Bagnolds (1996) determinaron lo siguiente:

El modelo de Van Rijn (1993) propuso que el movimiento de una partícula ocurre cuando la fuerza del fluido sobre la partícula, esta justamente a lo largo de la fuerza de fricción la cual está relacionada con el peso de la partícula sumergida y el coeficiente de fricción.



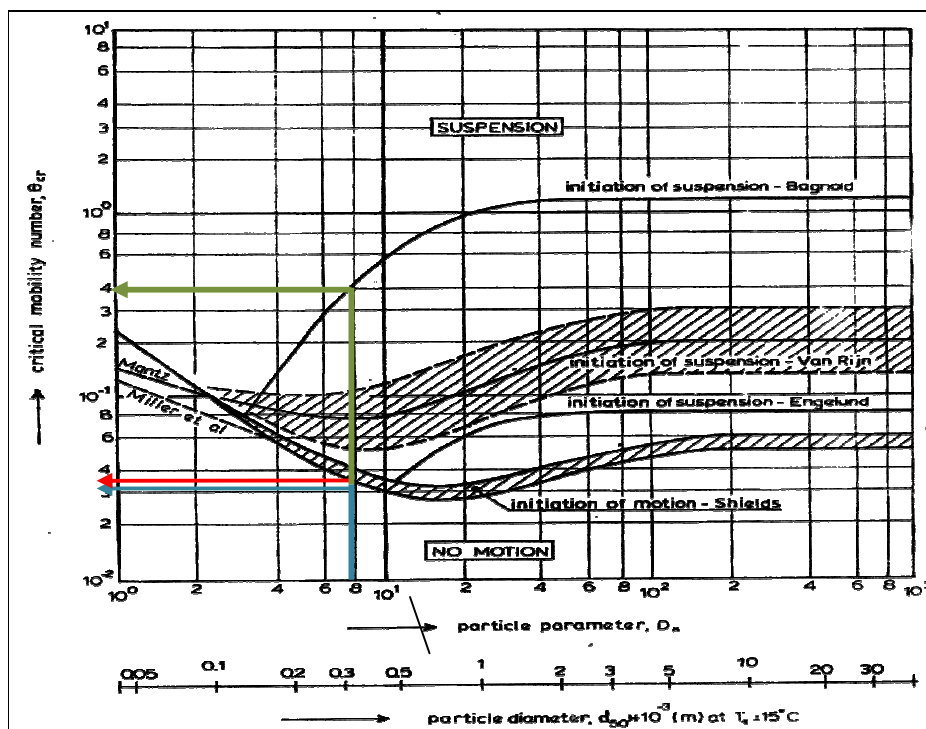


Figura 5.7 Iniciación del movimiento y suspensión de las partículas sobre el fondo del lecho (Van Rijn, 1989).

De acuerdo al parámetro crítico de Shields ( $\theta_{cr}$ ) (Ecuación 3.5), arrojé el siguiente parámetro crítico de  $3.4 \times 10^{-2}$  en función del diámetro de las partículas de 0.3 (mm) delimita el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión a partir de la curva de Shields. (Figura 5.7).

De acuerdo al Criterio de Engelund (1972) aplica el principio de similitud para obtener una función de transporte de sedimento, arrojé el siguiente parámetro crítico ( $\theta_{cr}$ ) de  $3.8 \times 10^{-2}$  en función del diámetro de las partículas de 0.3 (mm) delimita el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión a partir de la curva respectiva (Figura 5.7).

De acuerdo al criterio de Bagnolds (1996). aplicó el transporte de sedimento, arrojó el siguiente parámetro crítico parámetro crítico ( $\theta_{cr}$ ) es  $4 \times 10^{-1}$  de en función del diámetro de las partículas de 0.3 (mm) delimita el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión a partir de la curva de Bagnolds. (Figura 5.7).

De acuerdo al criterio de Yang determina que el movimiento incipiente ocurre cuando  $F_D = F_R$ . Tenemos que la velocidad crítica adimensional en la (Ecuación 3.7) arrojó 3.04 y la intersección indica estado de transición del movimiento incipiente. (Figura 5.8)

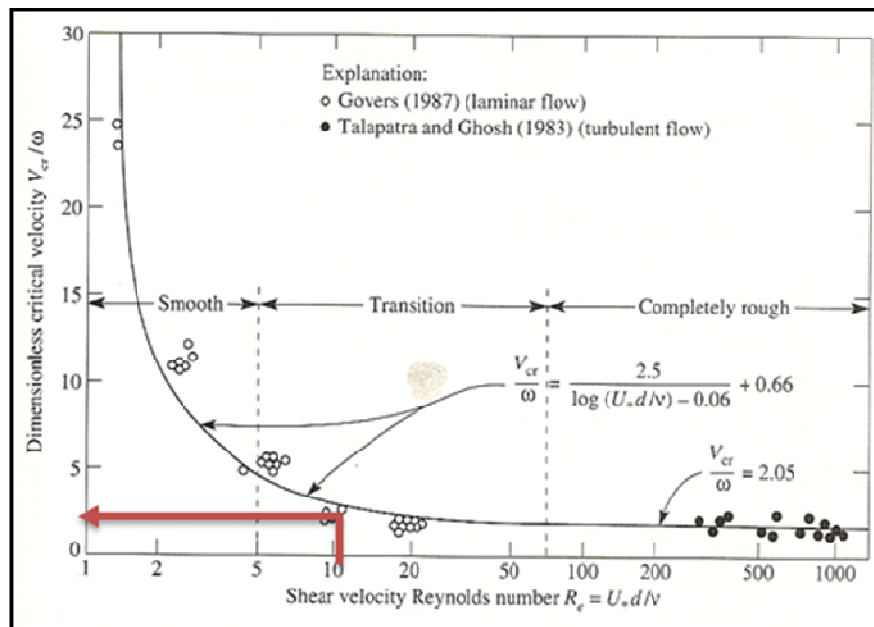


Figura 5.8 Verificación del criterio de movimiento incipiente de Yang.

De acuerdo al modelo Meller- Peter- Müller determinaron la carga de lecho, tamaño del sedimento en el movimiento incipiente, en la (ecuación 3.10) nos presenta una profundidad de degradación de  $(d)=2.6$  mm.

De acuerdo al modelo de Mavis Laushey desarrolló la relación para una partícula de sedimento en su condición de movimiento incipiente, (ecuación 3.11) arrojó una velocidad de fondo competente de 0.7 m/s

Cuadro resumen de los movimientos incipientes de los sedimentos

| <b>Modelo de Shields</b>  | <b>Parámetros críticos (<math>\theta_{cr}</math>)</b>   |
|---|---|
| Esfuerzo cortante crítico en el movimiento inicial ( $\tau_c$ ) es de 3,654   | <b>Van Rijn</b>   |
| Número de Reynolds ( $Re^*$ )= 12,93  |   |
| Velocidad es turbulenta<br>y se encuentra en movimiento   | Inicia el movimiento y suspensión a partir de $3.4 \times 10^{-2}$ a través de la curva de Shields  |
| <b>Modelo de Hjuström</b>   | <b>Engelund</b>   |
| d= 0,3mm<br>Velocidad media del flujo= 100 cm/s<br>velocidad del río se encuentra en movimiento a partir de 20 cm/s<br>y indica que está en estado de erosión |   |
| <b>Modelo de Yang</b>   | Inicia el movimiento y suspensión a partir de $3.8 \times 10^{-2}$ a través de la curva de Engelund |
| velocidad crítica adimensional ( $V_{cr}/\omega$ ) es de 3,04<br>y indica que está en estado de transición  |   |
| <b>Modelo de Meller Peter Müller</b>  | <b>Badnolds</b>   |
| Presenta su tamaño de sedimento de 2,6mm  |   |
| <b>Modelo de Mavis Laushey</b>  |   |
| Indica una velocidad de fondo competente ( $V_b$ ) de 0,7 m/s   | Inicia el movimiento y suspensión a partir de $4 \times 10^{-1}$ a través de la curva de Badnolds   |

### 5.6. Evaluación de la capacidad y ubicación de las áreas de descarga de material dragado en el sector Aramaya

Mediante el sistema de modelaje de la superficie del agua (Surface - Water Modeling System) se delimitaron las áreas de descarga, su área, profundidad promedio, volumen o capacidad y su distancia al área media de dragado.

El área 1 presenta una capacidad de  $39277638,39 \text{ m}^3$ , consta de una profundidad promedio de 22.30 mts, con un área de  $1761329,0758 \text{ m}^2$  localizándose a una distancia del área de descarga al canal dragado de 6269,8962 mts, los niveles de estiaje y aguas altas se presentan en la tabla (5.1)

Tabla 5.1 Diferencia de volumen para el área 1 con respecto al estiaje y aguas altas para material dragado

| Área ( $\text{m}^2$ ) | Profundidad Promedio (m) | Nivel del río (m) | Calado (m) | h (m) | Volumen ( $\text{m}^3$ ) |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|------------|-------|--------------------------|
| 1761329.1             | 22.30                    | 11.12             | 10         | 23.42 | 41250327.47              |
| 1761329.1             | 22.30                    | 0.44              | 10         | 12.74 | 22439332.7               |

En la figura 5.9 Se representaron las alturas del río para un periodo de aguas altas y bajas, indicando la variación del volumen entre de  $22439332(\text{m}^3)$  -  $41250327.47 (\text{m}^3)$

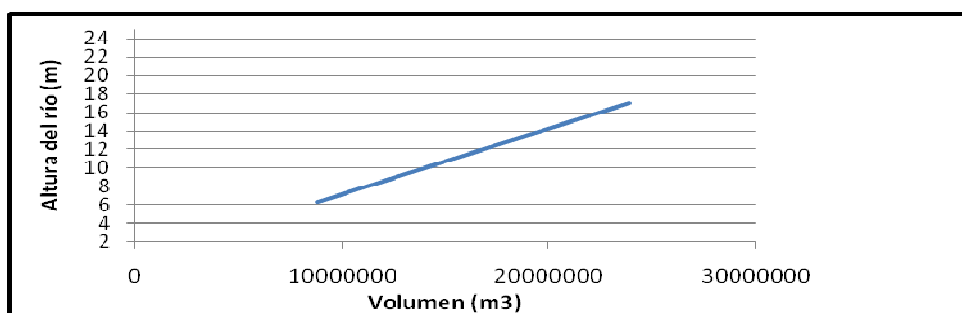


Figura 5.9 Variación del volumen para el área 1, en función al estiaje y aguas altas para material dragado

El área 1 se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas (Tabla 5.2)

Tabla 5.2 Coordenadas Norte y Este del área 1 de material dragado..

| <b>Norte</b> | <b>Este</b> |
|--------------|-------------|
| 934.970,00   | 543.259,00  |
| 933.547,00   | 543.825,00  |
| 933.5377,00  | 544.778,00  |
| 934.679,00   | 545.353,00  |

Se observa de forma detallada como varían las velocidades de aguas arribas notamos un estrechamiento donde se registran velocidades que oscilan entre 2,70 m/s a 4,10 m/s

En la Isla Mucura en la milla 169.9 se presenta una bifurcación donde las velocidades de corrientes comienzan a descender y oscilan entre 0.78 m/s y 1.70 m/s.  
Figura 5.10

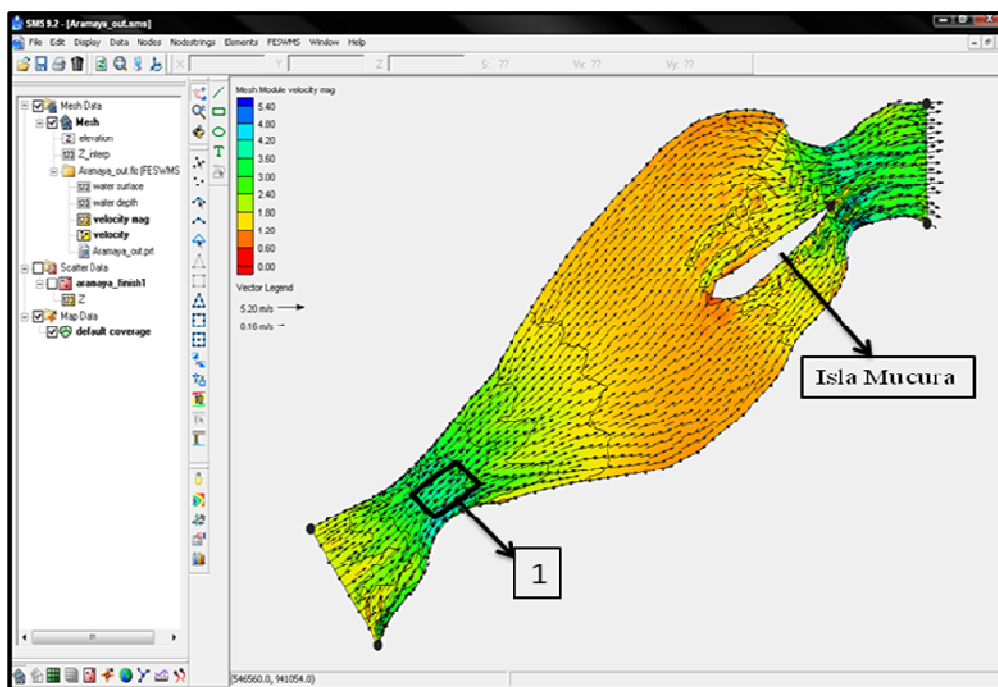


Figura 5.10 Plano de contorno de flujo y velocidad de corriente

El área 2 presenta una profundidad promedio de 15,84 mts, un área  $1409807,23\text{m}^2$  y una capacidad de  $22331346,52\text{m}^3$  con una distancia desde el canal dragado hasta el área a descargar de 6258,1455mts , el nivel de estiaje y aguas altas se presenta en la tabla 5.3

Tabla 5.3 La variación del volumen en época de estiaje y aguas altas con respecto a la altura del río

| Área ( $\text{m}^2$ ) | Profundidad Promedio (m) | Nivel del río (m) | Calado (m) | h (m) | Volumen ( $\text{m}^3$ ) |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|------------|-------|--------------------------|
| 1409807.23            | 15.84                    | 11.12             | 10         | 16.96 | 23910330.62              |
| 1409807.23            | 15.84                    | 0.44              | 10         | 6.28  | 8853589.404              |

En la figura 5.11 Se indicó gráficamente la variación del volumen en época de aguas bajas y aguas altas y oscila entre 23910330 (m<sup>3</sup>) , 628853589.404 (m<sup>3</sup>) con respecto a la altura del río.

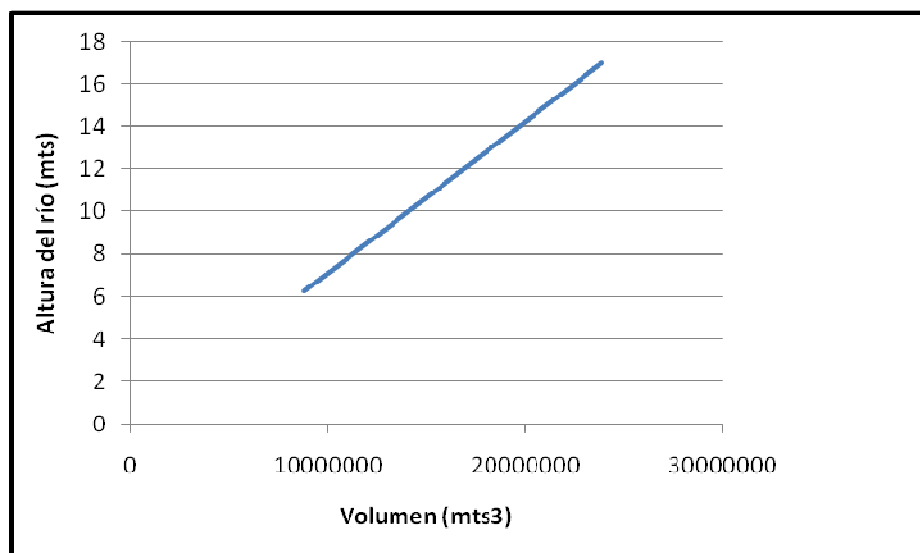


Figura 5.11 Variación del volumen para el área 2, en función a la altura del río

El área 2 se encuentra ubicada en la milla 166.1 hasta la milla 166.8 al Sureste de la Isla Mucura y presenta las siguientes coordenadas en la tabla 5.3

Tabla 5.3 Coordenadas Norte y Este del área 2 de material dragado.

| <b>Norte</b> | <b>Este</b> |
|--------------|-------------|
| 941.194,21   | 556.329,05  |
| 940.650,47   | 554.377,25  |
| 938.479,70   | 548.162,01  |
| 937.774,46   | 547.463,40  |

Posteriormente en el área 2 ocurre un nuevo cambio de las velocidades aguas abajo la cuales aumentan producto a un nuevo estrechamiento y las mismas oscilan entre 3.60 m/s y 1.20 m/s.(Figura 5.12).

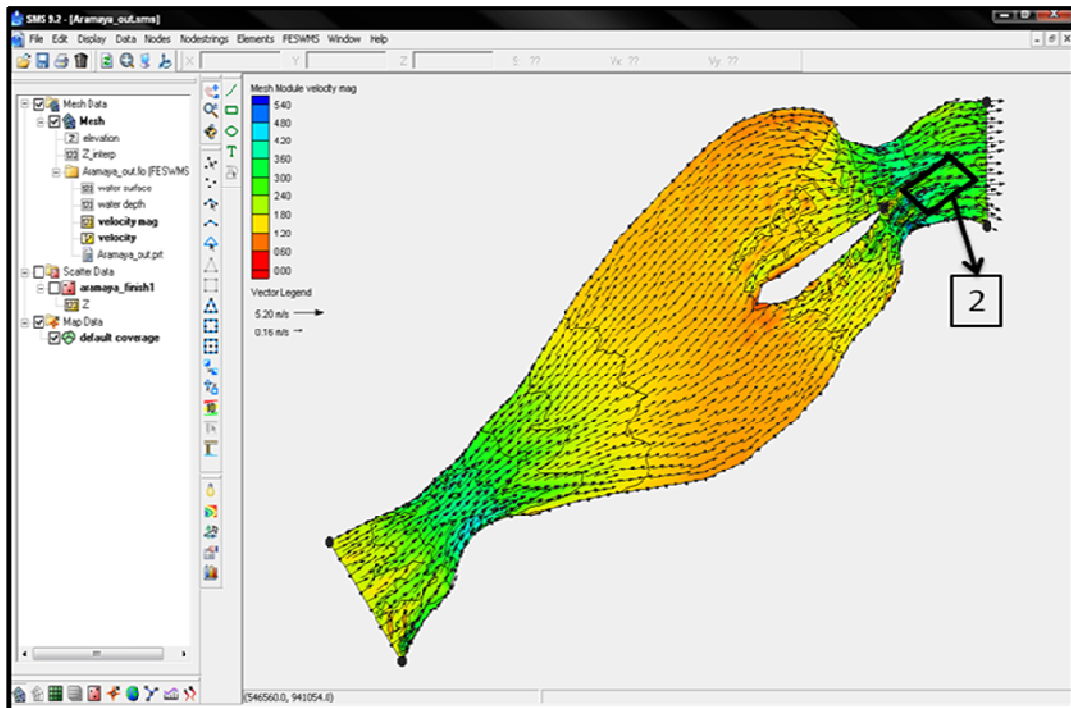


Figura 5.12 Plano de contorno de flujo y velocidad de corriente

### 5.8 Sugerir nuevas áreas de descarga de material dragado en el sector Aramaya

En vista de la velocidad mínima para que se produzca el movimiento de las partículas (según Hjulstrom) es de 20 cm/s y de que la velocidad observada en el área de descarga 2 según el modelo arrojado por SMS es de (1.20 m/s) podrían garantizar la erosión o autolimpieza de las áreas de descarga dispuesta en este lugar.

Asimismo en la ubicación Noroeste del sector Aramaya área 1 no se sugiere la ubicación de un área de descarga por coincidir con el Canal de Navegación.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Haciendo énfasis en los resultados obtenidos en la realización de este estudio se concluye lo siguiente:

1). De los resultados obtenidos en la morfología del área de estudio pueden apreciarse sus mayores profundidades hacia la zona Norte, por otra parte comparando la fotografía aérea (1961) y la carta de navegación (1996) se observa una ligera tendencia migratoria de la línea de costa hacia el lado norte y en la milla 169.9 encontramos una bifurcación debido a la isla Múcura

2). El hidrograma realizado para el sector Aramaya muestra un período de estiaje en el mes de Marzo de (10.70 m) y un máximo nivel de las aguas en el mes de agosto con 0.44 m

3). El sector Aramaya presenta una pendiente hidráulica de  $4.6282 \times 10^{-5}$  y su pendiente del lecho es 0.00011594 de acuerdo a la información batimétrica del plano (N°00DB4985)

4) De acuerdo al uso del modelo matemático unidimensional del flujo permanente programa Hec-Ras arrojó un radio hidráulico promedio aproximado de 12.13 mts y un coeficiente de rugosidad de 0.039.

5) De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de los suelos se consideran arenas de tipo SP. Asimismo el ángulo de fricción interna de ( $31^\circ$ ) nos indican que las muestras del lecho corresponde a tipo de suelos cohesivos. La forma y tamaño de los granos, indicaron en su geometría predominan las formas angulosas a

subangulosas. Finalmente, el análisis mineralógico se observa un alto contenido de 75% de sílice.

9) En el modelo de Shields se determinó que la partícula se encuentra en movimiento y su velocidad es turbulenta; a través del modelo de Hjulstrom se determinó que en el sector Aramaya la velocidad mínima que se necesita para que se produzca el transporte es de 2.2 cm/seg, el modelo de Van Rijn, Engelund y Bagnolds delimitan el área donde existe la iniciación del movimiento y suspensión y arrojaron valores de el parámetro crítico ( $\theta_{cr}$ ) de  $3.4 \times 10^{-2}$ ,  $3.8 \times 10^{-2}$  y  $4 \times 10^{-1}$  respectivamente, el modelo de Yang determina la velocidad crítica de 3.04 y se encuentra en estado de transición, el modelo de Meller Peter Müller indica una profundidad de degradación(d) de 2.6 mm y finalmente el modelo de Mavis Laushey determinó una velocidad de fondo competente ( $V_b$ ) de 0,7 m/s

10) De acuerdo a las consideraciones básicas o premisas para la selección de las áreas de descarga se han sugerido dos zonas de descarga ubicadas en ambos extremos del sector (área 1 aguas arriba y área 2 aguas abajo). Las condiciones de velocidad son erosivas auto limpiantes en ambos casos; la distancia al área de dragado y las profundidades presentes en ambas áreas son adecuadas; sin embargo, el área de descarga 1 se encuentra ubicada en forma inconveniente sobre el Canal de Navegación por lo que se rechaza su proposición y se sugiere ratificar el área 2.

**Recomendaciones**

Realizar levantamientos costa a costa con mayor frecuencia, con el fin de tener una secuencia del río en sus diferentes períodos.

Realizar estudios geotécnicos del material dragado, para obtener el tamaño y las formas de las partículas.

Efectuar un análisis detallado de todas las campañas de aforos que posee el Instituto a fin de constatar y verificar el comportamiento del patrón de sedimentación que ocurre a lo largo del Canal de Navegación

## REFERENCIAS

- Acuña M. (2002) **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR SAN FÉLIX DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra. Ciudad Bolívar, pp 107-118.
- Bagnold, R. (1966). **AN APPROACH TO SEDIMENT TRANSPORT PROBLEM FROM GENERAL PHYSICS**. USGS Professional Paper. Washington, D.C. United States Of America. pp. 51– 57.
- Bermúdez, G. (1990). **DETERMINACIÓN DE LA TASA DE SEDIMENTACIÓN EN EL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**. Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz. Pp 4, 5 y 6.
- Consultora Caura. (1994). **ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DRAGADO DEL RÍO ORINOCO, TRAMO MATANZAS – BOCA GRANDE**. pp. 22 – 31.
- Cueto, M., Echeverría, D y Rivas, R. (1993). **REALINEAMIENTO PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD EN LA NAVEGACIÓN EN EL SECTOR ARAMAYA RÍO ORINOCO**. 1er. Seminario de Seguridad en los canales de navegación. Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas. Pp 163 - 164
- Chang, H. (1988). **FLUVIAL PROCESSES IN RIVER ENGINEERING**. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York. United States Of America. pp. 446.
- Dankhe, G (1986). **METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN 25 DE NOVIEMBRE DE 2010**. (<http://tgrajales.net/investigpos.pdf>)
- Friedman, L. y Sanders, J. (1972). **MOVIMIENTO INCIPIENTE DE PARTICULAS**. Editorial Limusa. Bogota. Pp. 125 – 132
- González De Juana et al, (1980) **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLIFERAS**. Tomo I Y Ediciones Foninves, pp23-34

Guzman, J. (1992). **EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS COMO CARGA DE FONDO Y EN SUSPENSION**. IV Congreso Venezolano de Ingeniería Hidráulica. Caracas. Pp 201 – 205

Hjulström, F., 1956. **STUDIES IN THE MORPHOLOGICAL ACTIVITY OF RIVERS ASILLUSTRATED BY RIVER FYRIS**. Bulletin of Geological Institution of Uppsala, Uppsala, Suecia. pp. 221.

<http://www.hec.usace.army.mil/software/-hec-ras/>. Esta página fue modificada el 1 de octubre 2008 a las 20:12

<http://www.aquaveo.com/sms>. Esta página fue modificada el 27 de octubre 2009 a las 22:42

Instituto Nacional de Canalizaciones (1996) **SEDIMENTOS Y DRAGADO DE MANTENIMIENTO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN EN EL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**, pp 5

Instituto Nacional de Canalizaciones (1997) **DERROTERO PARA LA NAVEGACIÓN EN EL CANAL DEL RÍO ORINOCO, TRAMO MATANZAS-BOCA GRANDE**. Trabajo realizado por el Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela, pp 3-5,10-18

Léxico Estratigráfico de Venezuela. (1971) **BOLETÍN DE GEOLOGÍA**. Publicación especial N° 4, M.M.H, Caracas, Venezuela,pp 105-110

Marcucci, E. (1974). **ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL DRAGADO EN EL RÍO ORINOCO**. Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas. Pp 5, 6, 7 y 8.

Marín , L (2002). **ESTUDIO DE LOS TALUDES SUMERGIDOS DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO EN EL SECTOR ARAMAYA Y SU INFLUENCIA EN EL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DE DICHO SECTOR**. Pp 83, 84, 86

- Meneses, S. (1980). **MANUAL DE MEDICIONES HIDROMÉTRICAS. E HIDRODINAMICAS** Ediciones de la Universidad Central de Venezuela. Caracas. Pp 72 y 73
- Pettijohn, J. (1963). **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Editorial Universitaria. Buenos Aires .Argentina. Pp 138-139,124-130
- Pettijohn, J (1987) **APUNTES DE MECÁNICA DE SEDIMENTACIÓN** . Ciudad Bolívar . Universidad de Oriente . Escuela de ciencias de la tierra . Departamento de Geotecnia pp 344
- Shields, A. (1984). **ANWENDUNG DER AENLICHKEITSMECHANIK UND DER TURBULENZFORSCHUNG AUF DIE GESCHIEBEBEWEGUNG**. Mitteilungen der Prevsischen Versuchsanstalt fur Wasserbau und Schiffbau. Berlin, Alemania, traducido al Ingles por W.P Ott Y J.C. van Uchelen, California Institute of Technology, Pasadena, California, United States Of America. pp. 192-197.
- Tippet, Abbet, Mc Carty y Stratton, E. (1970). **TRANSPORTE DE MINERAL DE HIERRO DE PUERTO ORDAZ AL MAR**. Informe para el Instituto Nacional de Canalizaciones. Caracas. Pp 21-32,45-54,63-68
- Van Rijn, Leo (1993).**PRINCIPLES OF SEDIMENT TRANSPORT IN RIVER, ESTUARIES AND COASTAL SEAS**. University of Utrech. Department of Physical Geography pp 4.1
- Yang, Chih Ted (1996) **SEDIMENT TRANSPORT**. Theory and Practice. The Mc.Graw Hill Companies, INC pp 19,21-22

## APÉNDICES

**Apéndice A**  
**Análisis de laboratorio**



| Nº Tamiz             | Diametro del Tamiz | Peso del tamiz (gr) | Peso del tamiz + suelo(gr) | Peso del Suelo (gr) | % Retenido en Cada Tamiz | % Acumulado en cada tamiz | % Pasante de Cada Tamiz |
|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 4                    | 4.750              | 747.3               | 755.9                      | 8.60                | 1.72                     | 1.72                      | 98.28                   |
| 10                   | 2.000              | 643.2               | 649.8                      | 6.60                | 1.32                     | 3.04                      | 96.96                   |
| 40                   | 0.425              | 563.8               | 594.7                      | 28.90               | 5.78                     | 8.82                      | 91.18                   |
| 60                   | 0.250              | 511.7               | 856.7                      | 345.00              | 69.03                    | 77.85                     | 22.15                   |
| 80                   | 0.180              | 514.9               | 618.7                      | 103.80              | 20.77                    | 98.62                     | 1.38                    |
| 100                  | 0.150              | 395.7               | 399.9                      | 4.20                | 0.84                     | 99.46                     | 0.54                    |
| 200                  | 0.075              | 482.3               | 484.7                      | 2.40                | 0.48                     | 99.94                     | 0.06                    |
| PAN                  | 0                  | 483.7               | 484                        | 0.30                | 0.06                     | 100.00                    | 0.00                    |
| Peso del Suelo Total |                    |                     |                            | 499.80              |                          |                           |                         |

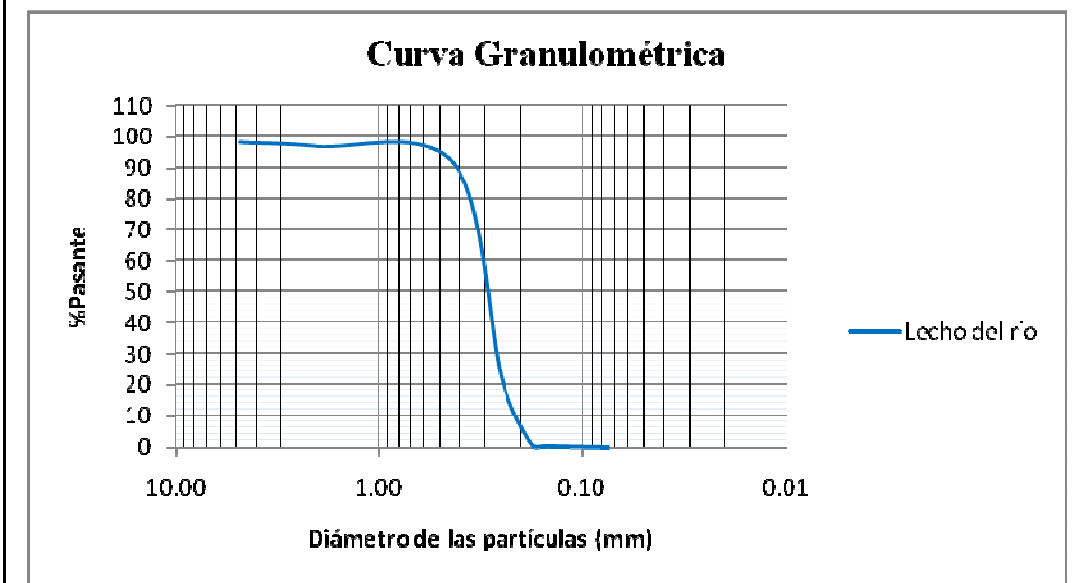


Figura A.1 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 170.8 en el sector Aramaya.

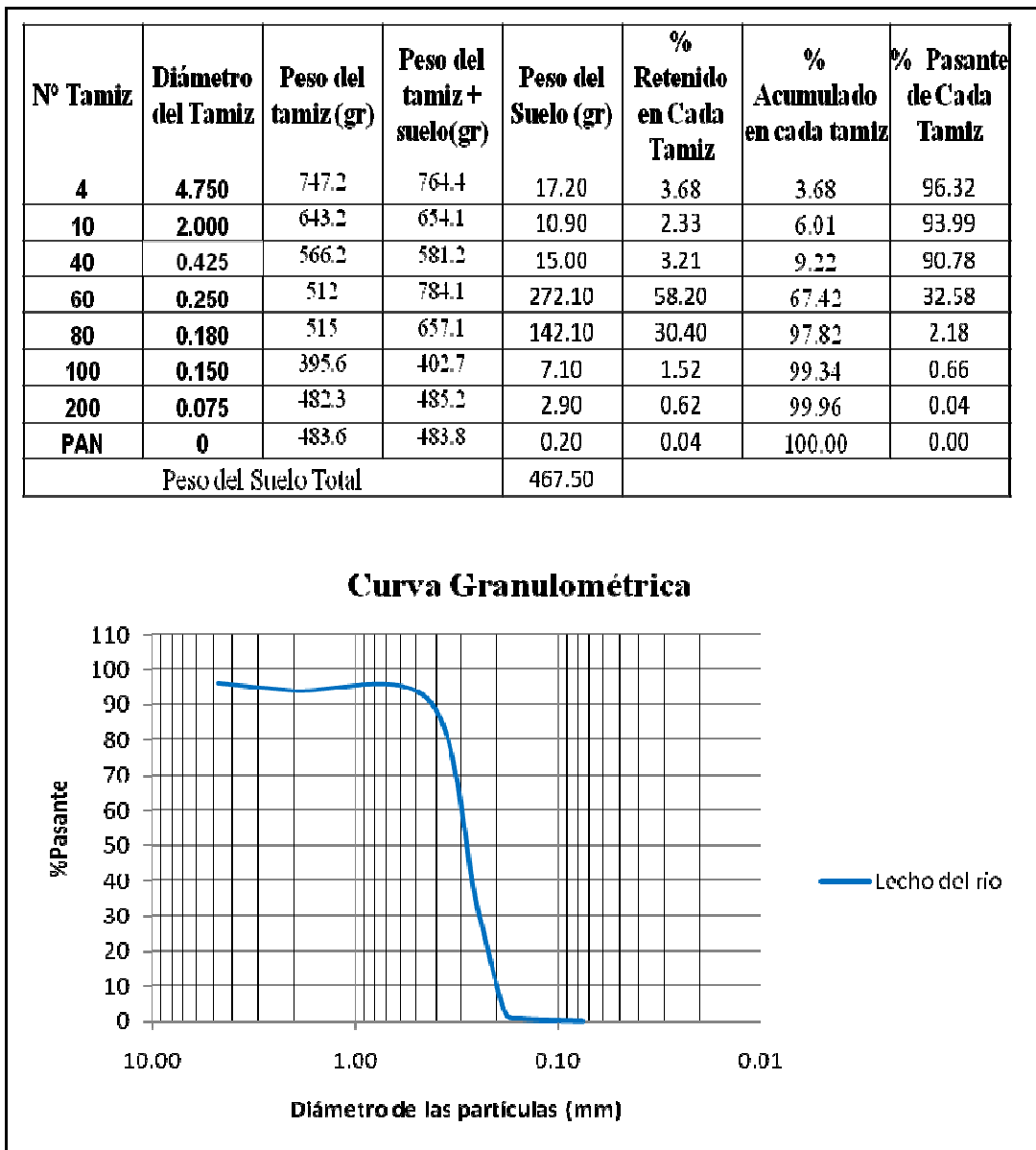


Figura A.2 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 169.8 en el sector Aramaya.

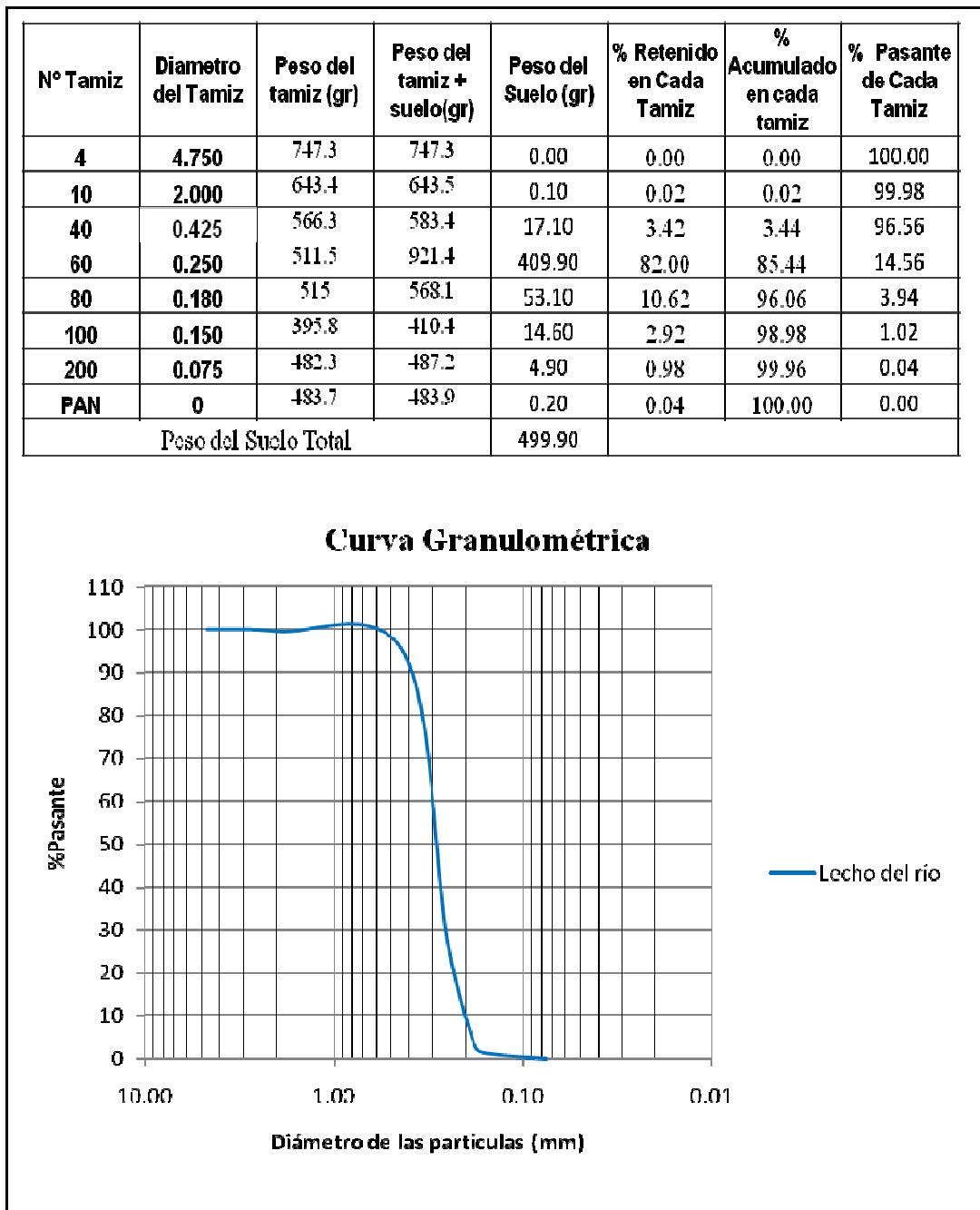


Figura A.3 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 168.8 en el sector Aramaya.

| N° Tamiz             | Díametro del Tamiz | Peso del tamiz (gr) | Peso del tamiz + suelo (gr) | Peso del Suelo (gr) | % Retenido en Cada Tamiz | % Acumulado en cada tamiz | % Pasante de Cada Tamiz |
|----------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 4                    | 4.750              | 747.2               | 747.2                       | 0.00                | 0.00                     | 0.00                      | 100.00                  |
| 10                   | 2.000              | 643.1               | 643.7                       | 0.60                | 0.12                     | 0.12                      | 99.88                   |
| 40                   | 0.425              | 565.9               | 574.2                       | 8.30                | 1.66                     | 1.78                      | 98.22                   |
| 60                   | 0.250              | 511.5               | 838.1                       | 326.60              | 65.32                    | 67.10                     | 32.90                   |
| 80                   | 0.180              | 514.8               | 658.9                       | 144.10              | 28.82                    | 95.92                     | 4.08                    |
| 100                  | 0.150              | 395.6               | 408.8                       | 13.20               | 2.64                     | 98.56                     | 1.44                    |
| 200                  | 0.075              | 482.2               | 489.1                       | 6.90                | 1.38                     | 99.94                     | 0.06                    |
| PAN                  | 0                  | 483.6               | 483.9                       | 0.30                | 0.06                     | 100.00                    | 0.00                    |
| Peso del Suelo Total |                    |                     |                             | 500.00              |                          |                           |                         |

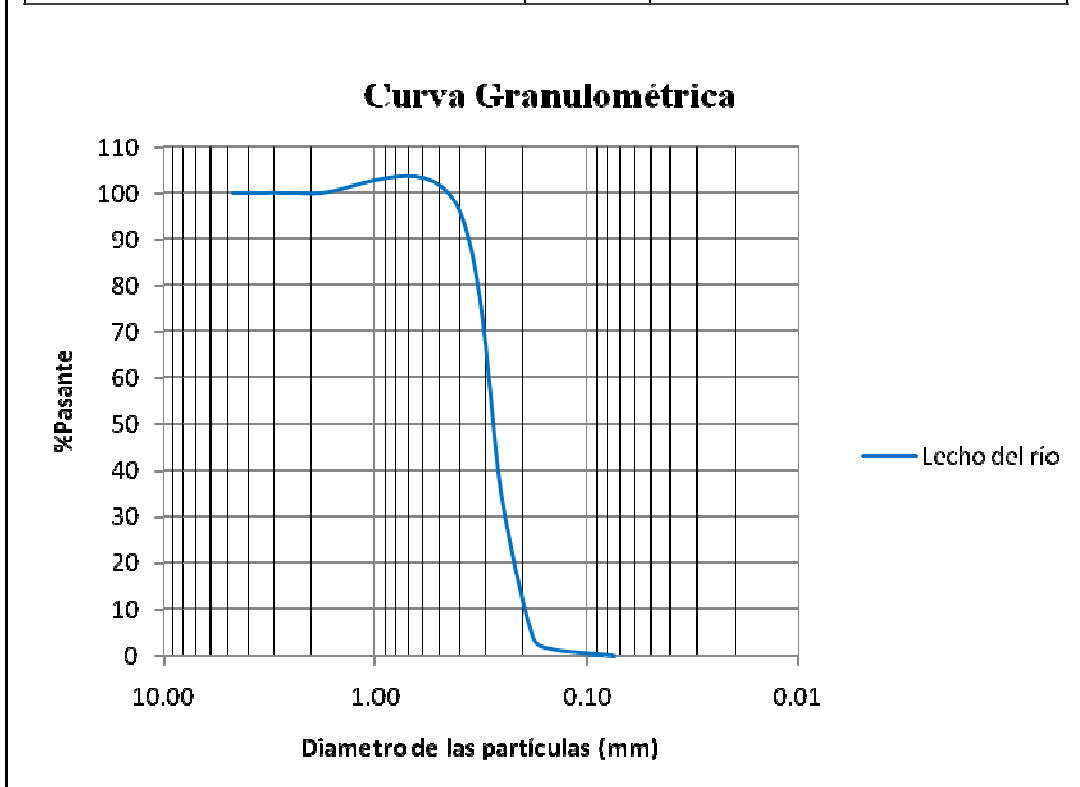


Figura A.4 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 167.8 en el sector Aramaya.

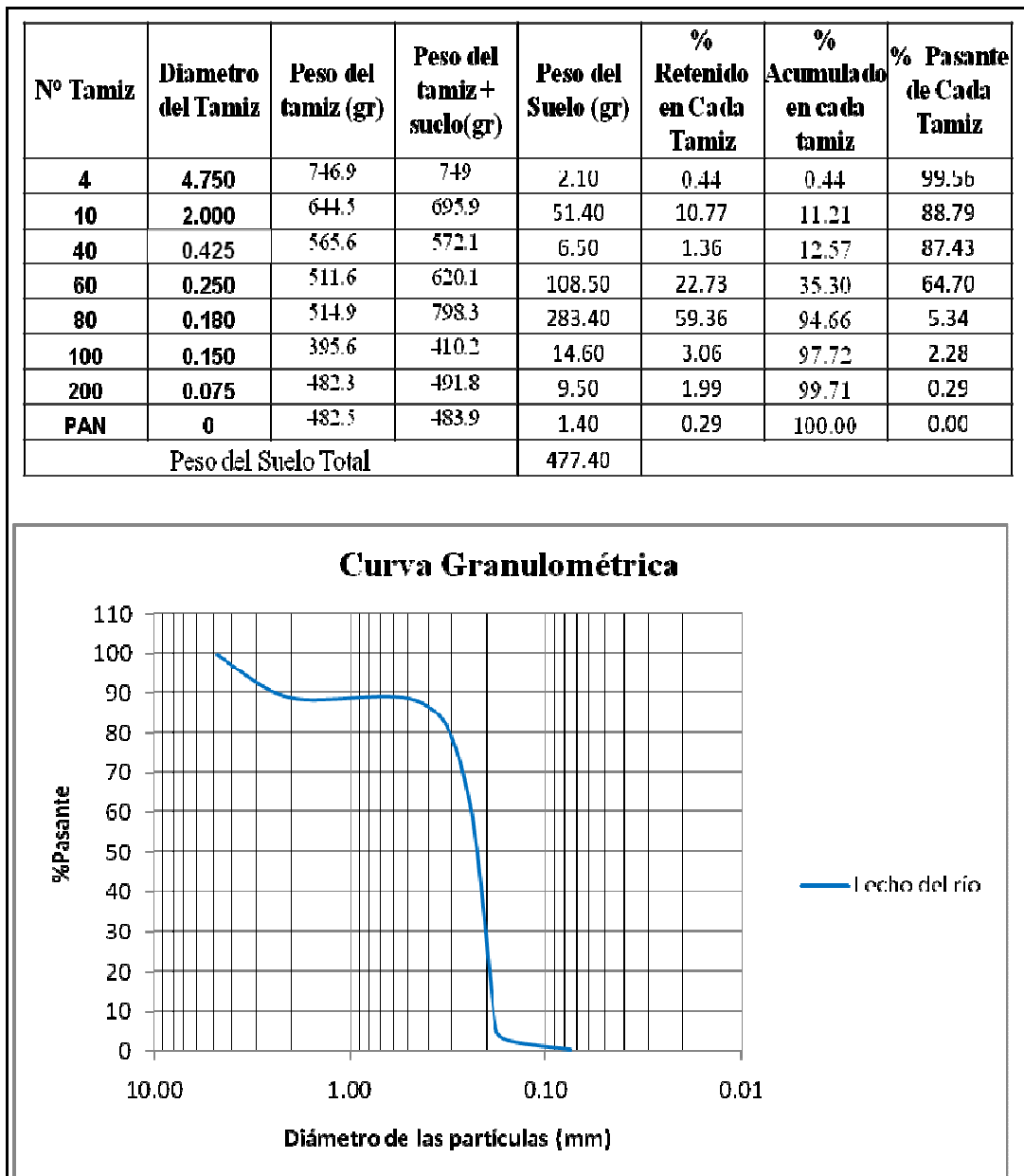


Figura A.5 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 100 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.

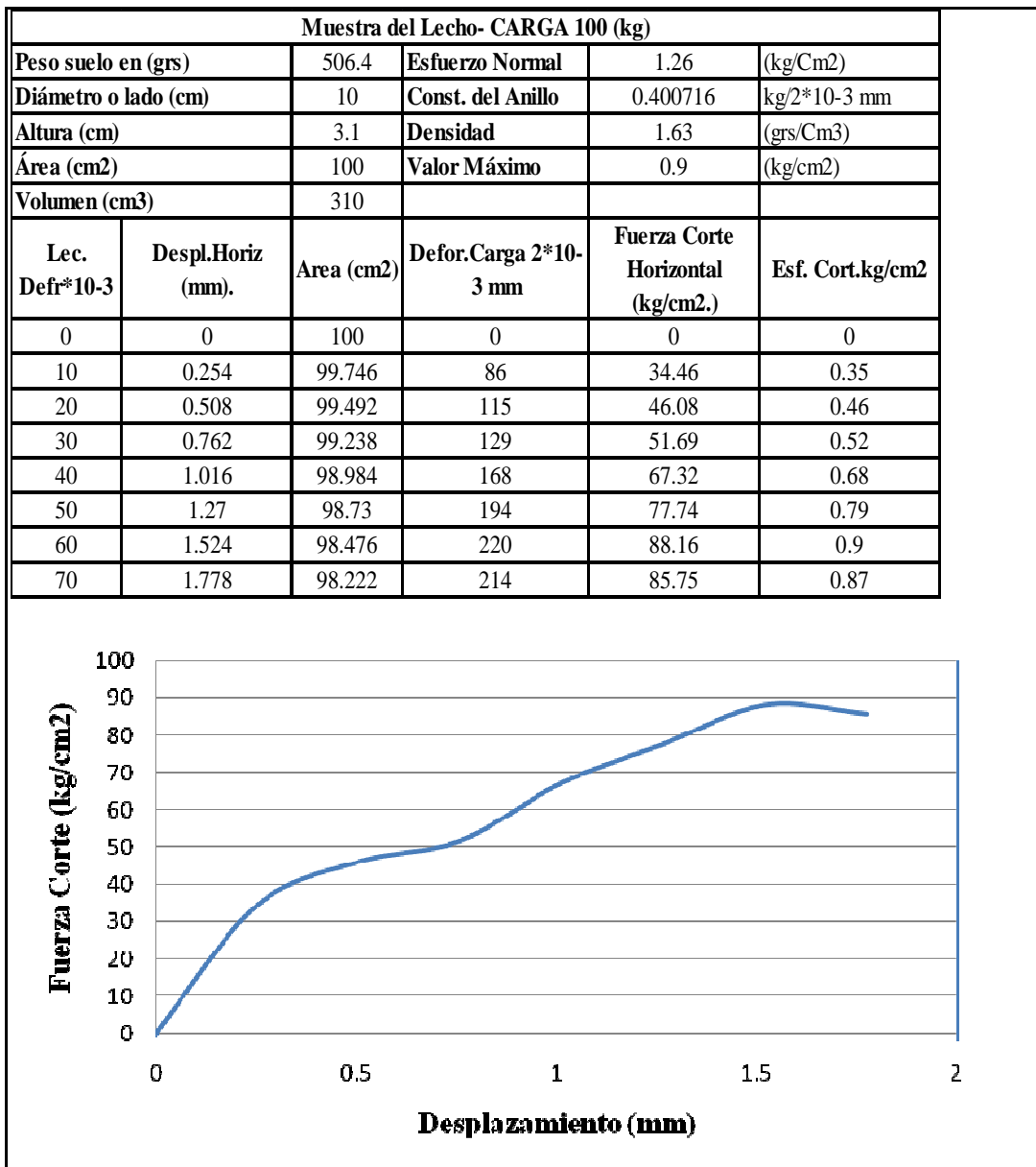


Figura A.6 Curva de análisis granulométrico de la muestra tomada en la milla 166.0 en el sector Aramaya.

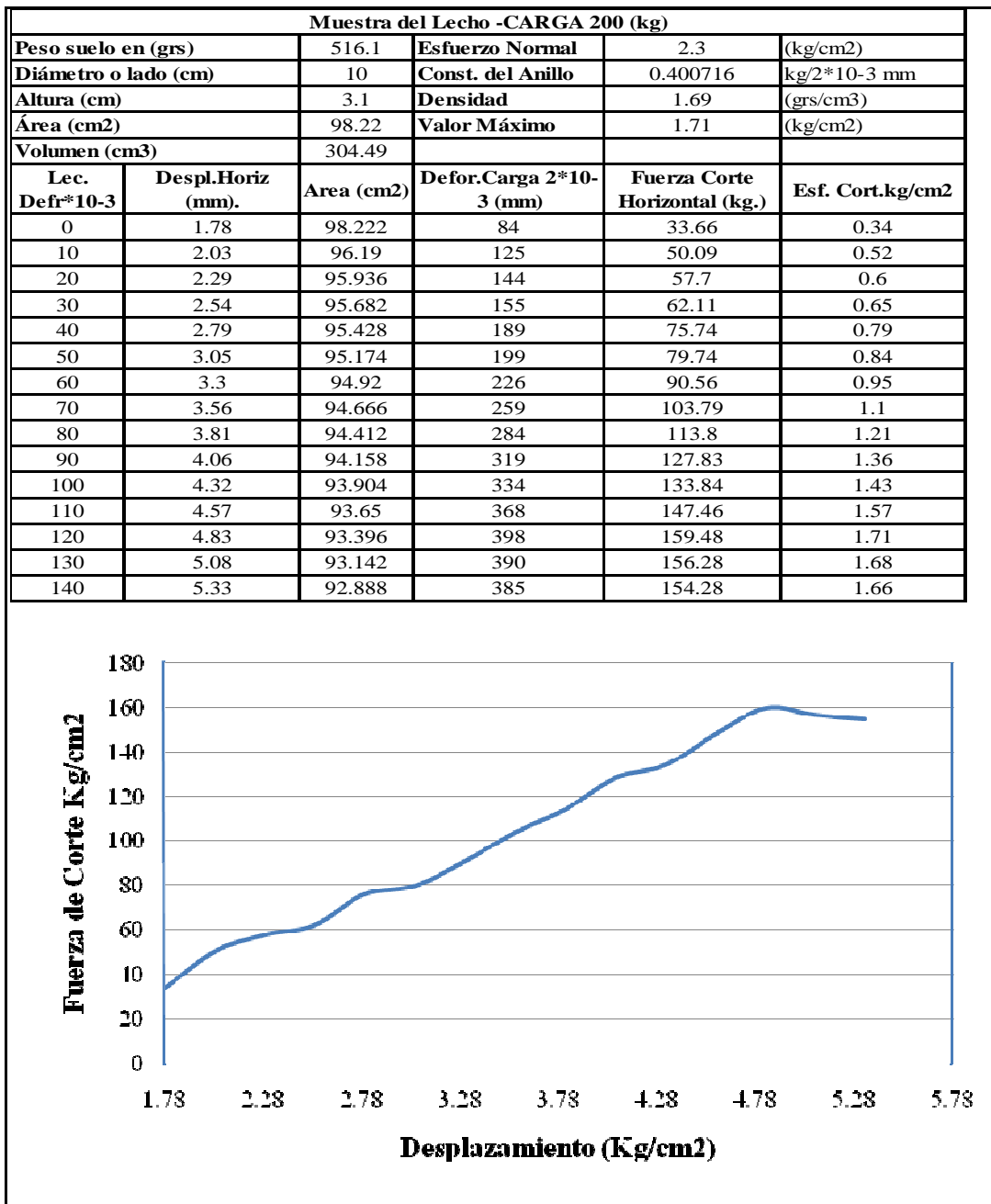


Figura A.7 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 200 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.

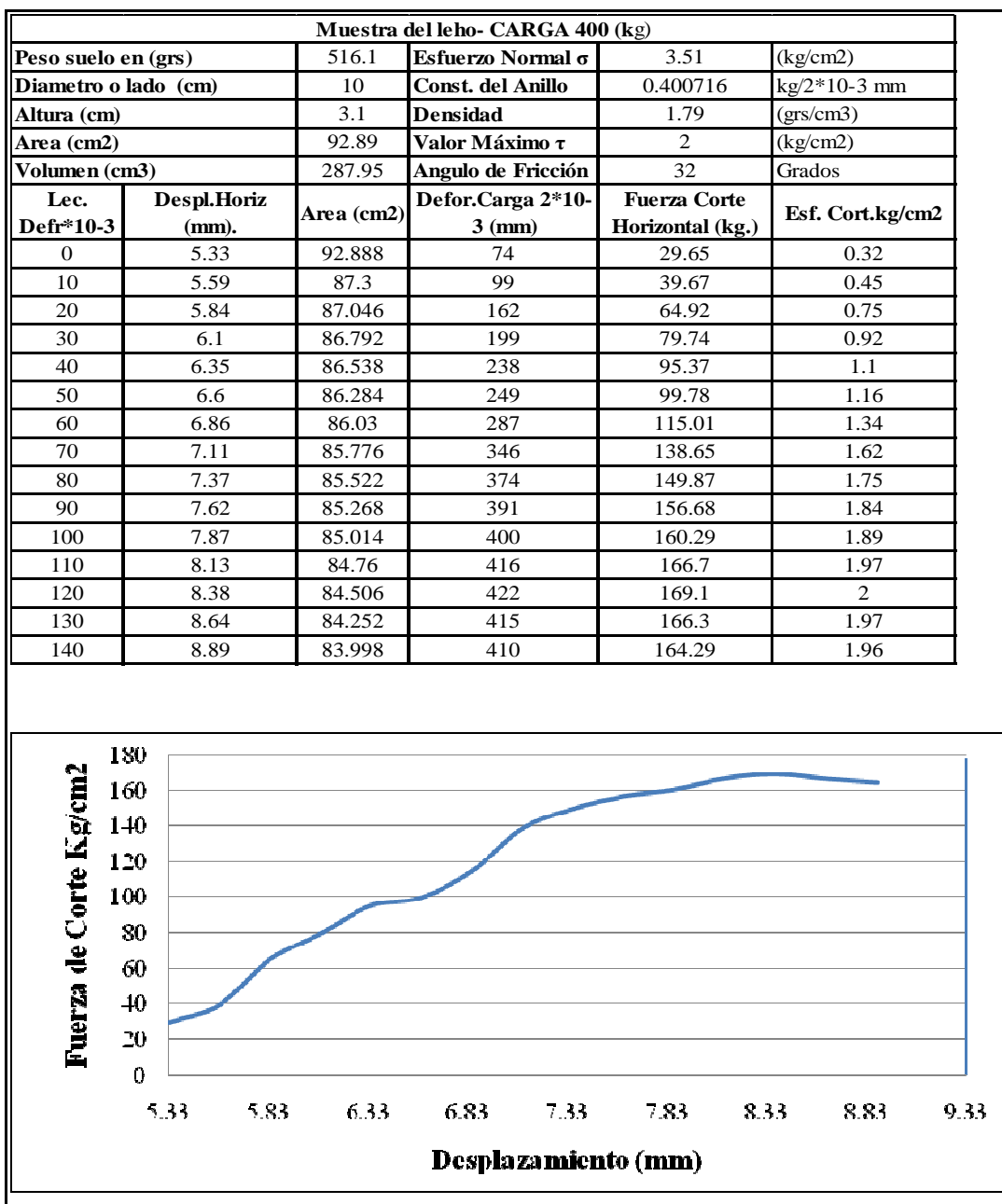


Figura A.8 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 400 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.



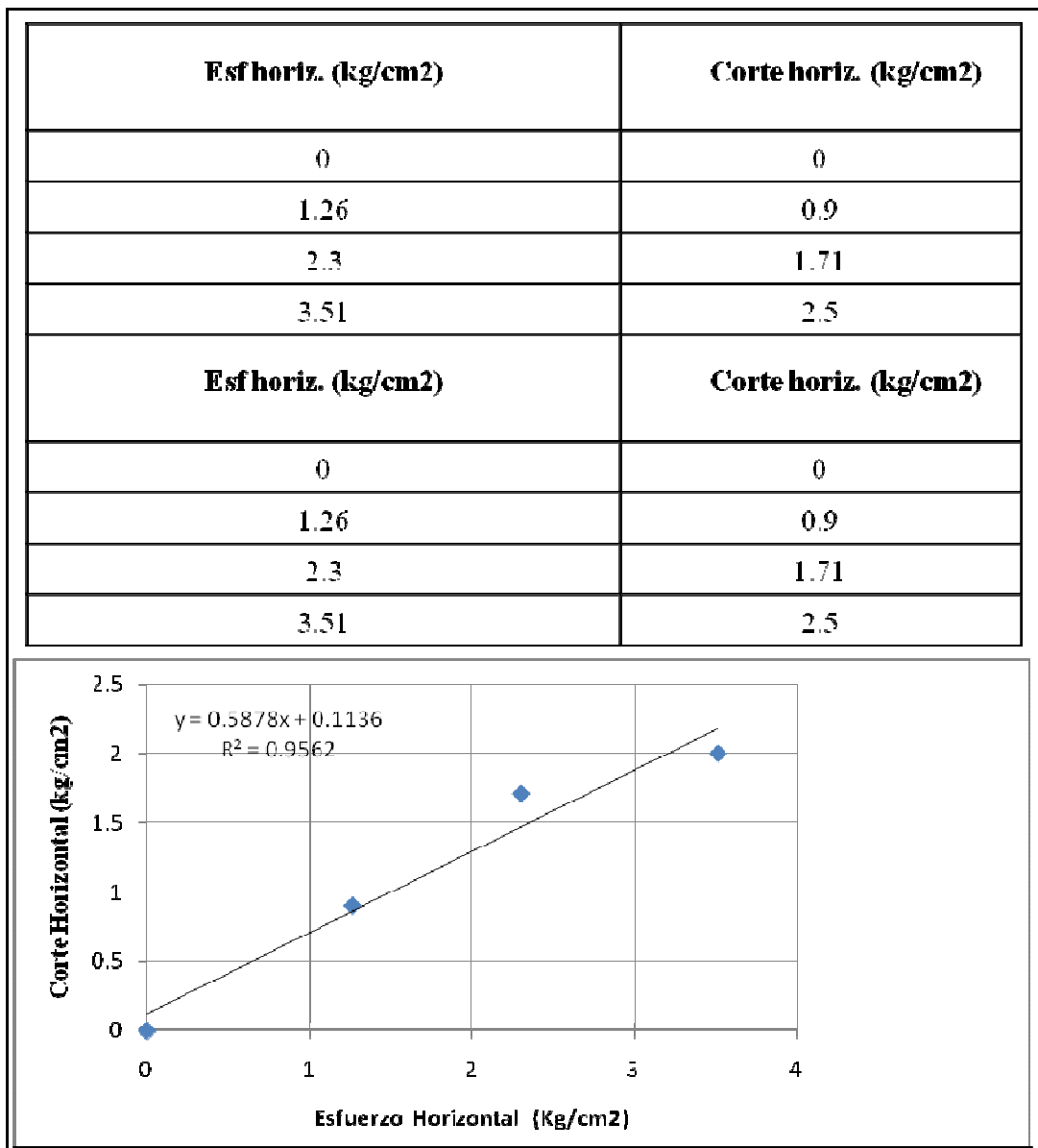


Figura A.9 Gráfico del ensayo de corte directo para una carga de 400 gr, realizado en la milla 167.8 del sector Aramaya del canal de navegación del Río Orinoco.

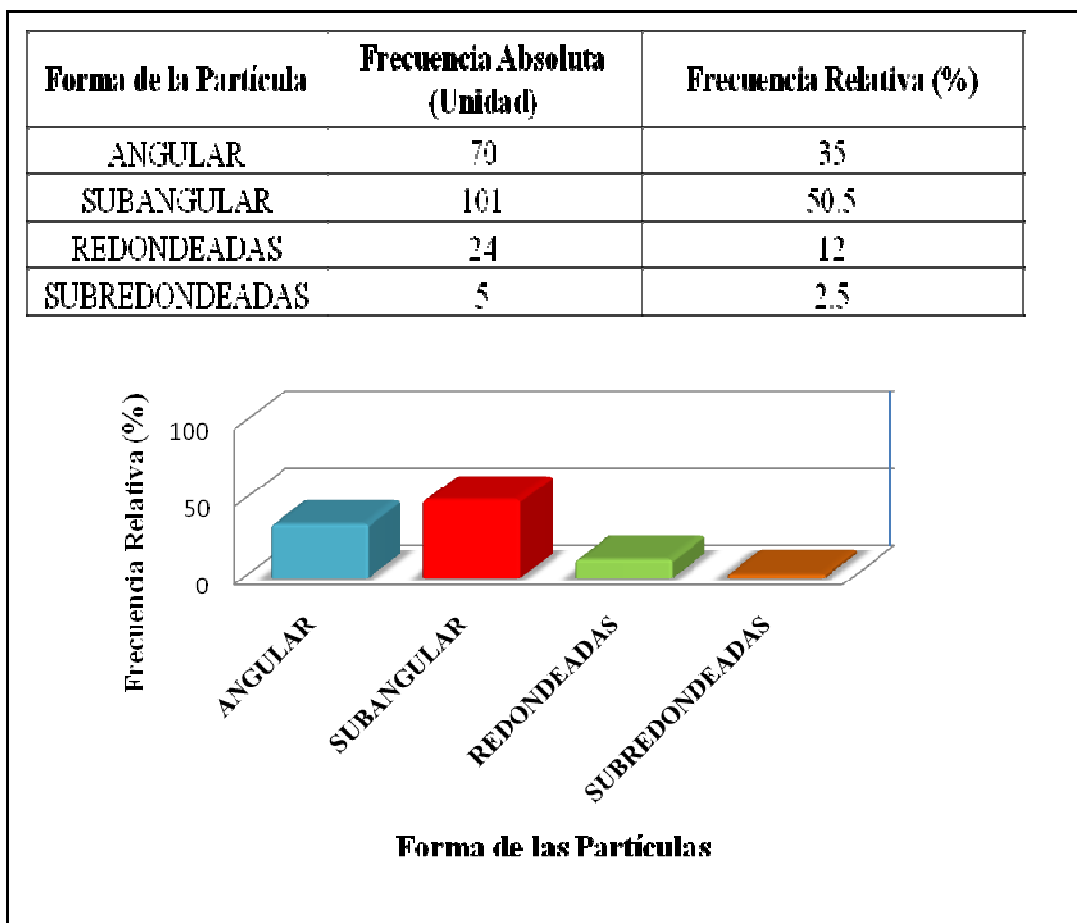


Figura A.10 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del lecho del sector Aramaya (milla 167.8).

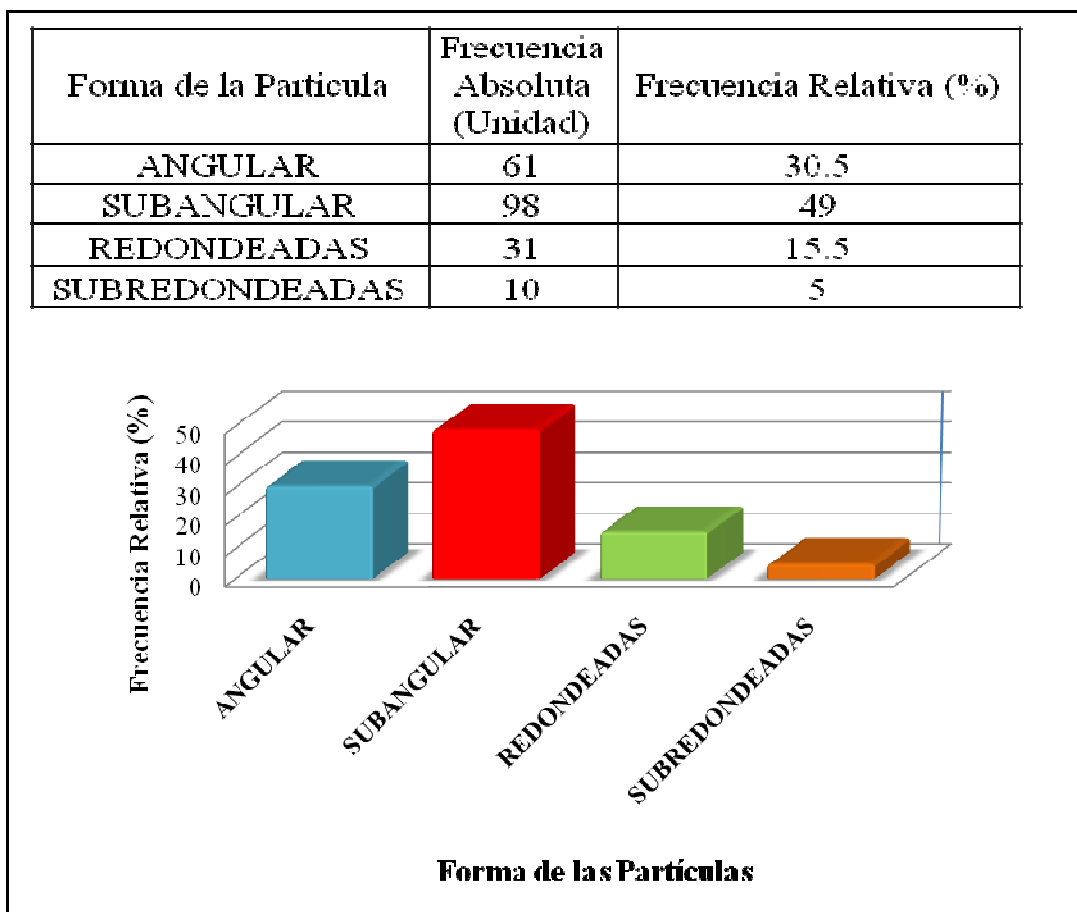


Figura A.11 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del lecho del sector Aramaya (milla 168.8).

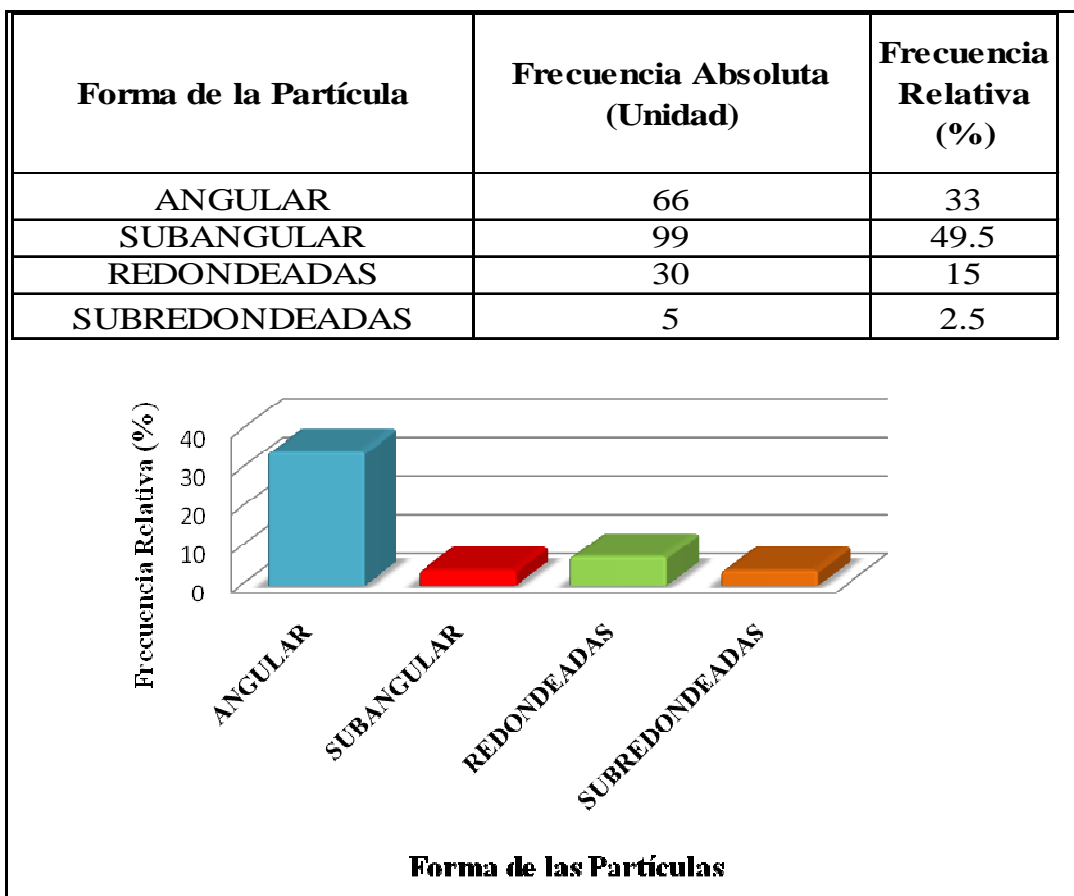


Figura A.12 Distribución de la forma de las partículas de la muestra del lecho del sector Aramaya (milla 169.8).

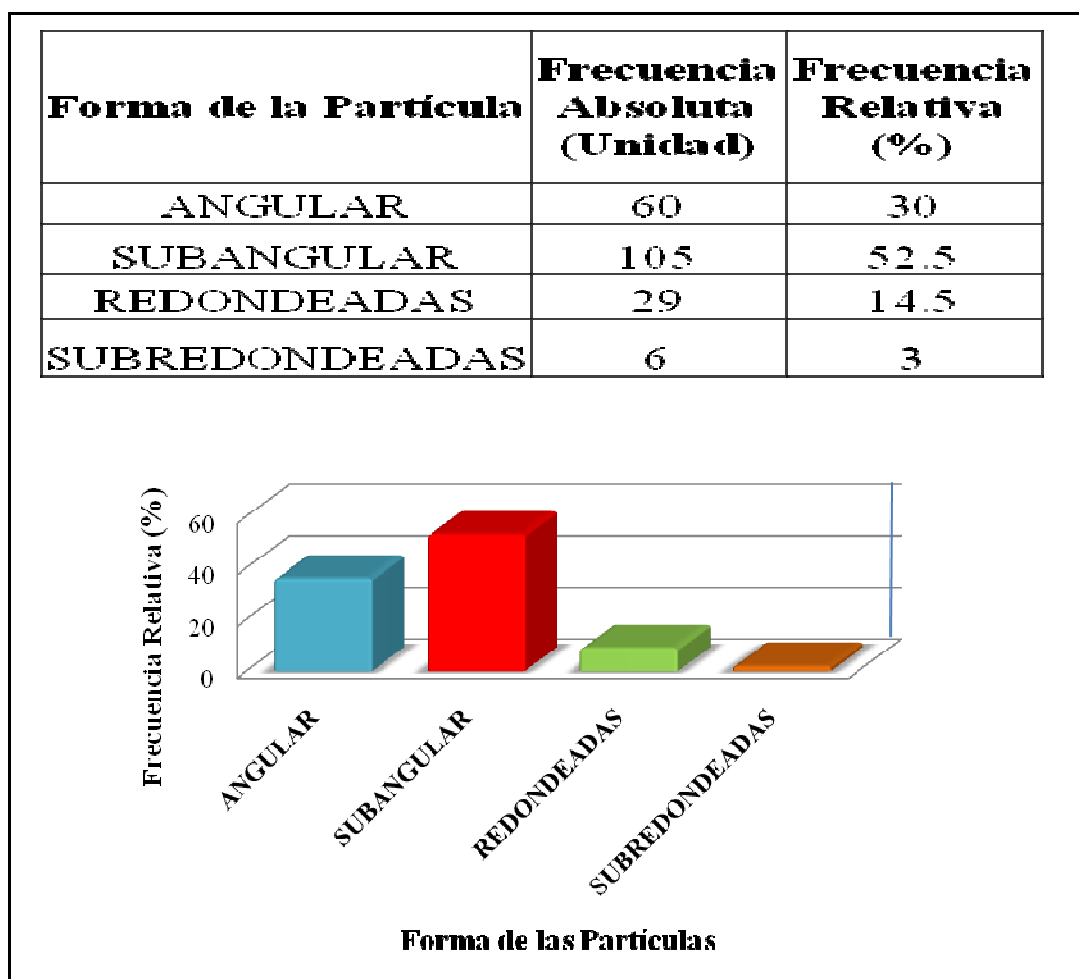


Figura A.13. Distribución de la forma de las partículas de la muestra del lecho del sector Aramaya (milla 170.8).

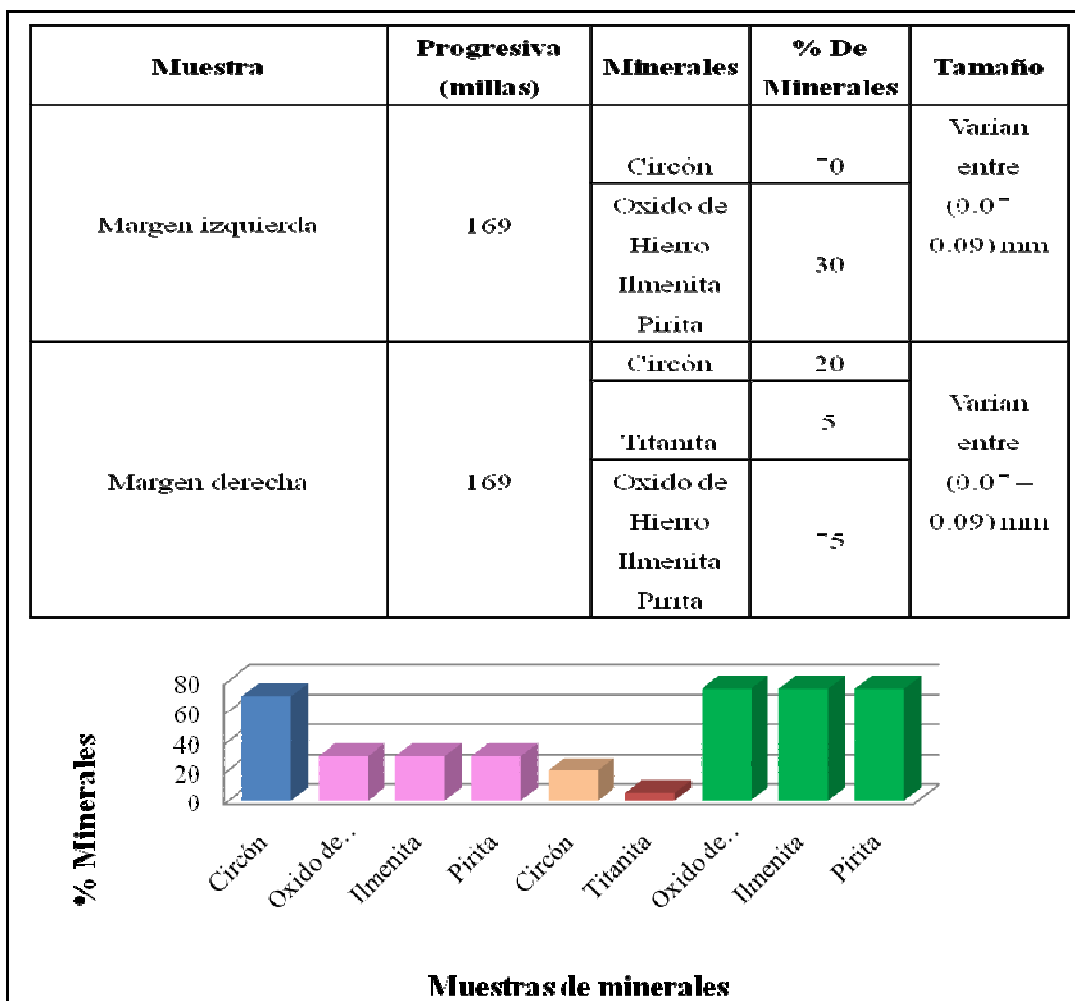


Figura A.14 Análisis Petrográficos de las muestras extraídas del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco.

**Apéndice B**  
**Datos hidráulicos**

Tabla B.1 Datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Aramaya

| Periodo | Fecha      | Hora  | Fuente de Información | Número Sección | Sección      | Milla de Ubicación | Sector  | Gasto Líquido (m3/seg) | Velocidad Media (m/seg) | Altura del Río en palua | Nivel Medio (mts) |
|---------|------------|-------|-----------------------|----------------|--------------|--------------------|---------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| AMA     | 01/06/1997 | 13:26 | INC 2-1997            | 9              | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 20,918.28              | 0.91                    | 5.45                    | 4.95              |
| AMA     | 02/06/1997 | 09:45 | INC 2-1997            | 8              | Múcura Sur   | 167.0              | Aramaya | 12,281.87              | 0.68                    | 5.55                    | 5.1               |
| AMA     | 02/06/1997 | 06:24 | INC 2-1997            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 33,316.47              | 0.82                    | 5.55                    | 5.2               |
| AB      | 07/04/1998 | 09:00 | INC 1-1998            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 4,339.45               | 0.13                    | 1.25                    | 1.01              |
| AD      | 13/12/1998 | 14:42 | INC 4-1998            | 8              | Múcura Sur   | 167.0              | Aramaya | 8,998.91               | 0.50                    | 4.60                    | 4                 |
| AD      | 13/12/1998 | 12:44 | INC 4-1998            | 9              | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 15,287.96              | 0.66                    | 4.60                    | 4.05              |
| AD      | 13/12/1998 | 09:00 | INC 4-1998            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 27,949.42              | 0.69                    | 4.60                    | 4.05              |
| AB      | 29/04/1999 | 14:50 | INC 1-1999            | 9              | Múcura Norte | 168.3              | Aramaya | 16,576.30              | 0.75                    | 4.93                    | 4.4               |
| AB      | 29/04/1999 | 11:55 | INC 1-1999            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 31,264.04              | 0.80                    | 4.93                    | 4.4               |
| AMD     | 13/12/1999 | 14:40 | INC 4-1999            | 9              | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 20,363.55              | 0.89                    | 4.73                    | 4.3               |
| AMD     | 13/12/1999 | 12:35 | INC 4-1999            | 8              | Múcura Sur   | 167.0              | Aramaya | 9,191.34               | 0.52                    | 4.73                    | 4.28              |
| AMD     | 13/12/1999 | 10:32 | INC 4-1999            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 26,239.23              | 0.65                    | 4.73                    | 4.32              |
| AB      | 01/04/2000 | 14:25 | INC 1-2000            | 8              | Múcura Sur   | 167.0              | Aramaya | 4,048.97               | 0.36                    | 1.56                    | 1.25              |
| AB      | 01/04/2000 | 11:35 | INC 1-2000            | 9              | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 6,445.09               | 0.52                    | 1.56                    | 1.26              |



Tabla B.2 Continuación de la tabla B.1 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Aramaya

| Periodo | Fecha      | Hora  | Fuente de Información | Número Sección | Sección      | Milla de Ubicación | Sector  | Gasto Líquido (m <sup>3</sup> /seg) | Velocidad Media (m/seg) | Altura del Río en palua | Nivel Medio (mts) |
|---------|------------|-------|-----------------------|----------------|--------------|--------------------|---------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| AB      | 01/04/2000 | 09:23 | INC 1-2000            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 13,760.20                           | 0.41                    | 1.56                    | 1.26              |
| AMA     | 15/06/2000 | 12:35 | INC 2-2000            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 58,503.20                           | 1.25                    | 8.63                    | 7.7               |
| AMA     | 15/06/2000 | 10:50 | INC 2-2000            | 8              | Múcura Sur   | 167.0              | Aramaya | 21,763.88                           | 1.08                    | 8.63                    | 7.7               |
| AMA     | 15/06/2000 | 08:50 | INC 2-2000            | 9              | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 36,662.20                           | 1.18                    | 8.63                    | 7.7               |
| AA      | 14/09/2000 | 15:26 | INC 3-2000            | 9              | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 31,945.36                           | 0.87                    | 10.17                   | 9.2               |
| AA      | 14/09/2000 | 13:23 | INC 3-2000            | 8              | Múcura Sur   | 167.0              | Aramaya | 19,643.52                           | 0.81                    | 10.17                   | 9.15              |
| AA      | 14/09/2000 | 10:20 | INC 3-2000            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 53,165.52                           | 1.03                    | 10.17                   | 9.15              |
| AMD     | 21/12/2000 | 15:35 | INC 4-2000            | 8              | Múcura Sur   | 167.0              | Aramaya | 10,137.67                           | 0.67                    | 3.90                    | 3.5               |
| AMD     | 21/12/2000 | 13:55 | INC 4-2000            | 9              | Múcura Norte | 169.7              | Aramaya | 15,173.36                           | 0.69                    | 3.90                    | 3.55              |
| AMD     | 21/12/2000 | 11:50 | INC 4-2000            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 27,388.75                           | 0.72                    | 3.90                    | 3.7               |
| AB      | 28/03/2001 | 09:03 | INC 1-2001            | 9 <sup>a</sup> | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 7,228.34                            | 0.59                    | 4.24                    | 3.8               |
| AB      | 28/03/2001 | 07:09 | INC 1-2001            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 14,462.53                           | 0.41                    | 4.24                    | 3.8               |
| AMA     | 03/07/2001 | 13:10 | INC 2-2001            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 34,363.42                           | 0.79                    | 6.81                    | 6.1               |
| AA      | 04/09/2001 | 11:50 | INC 3-2001            | 10             | San Roque    | 166.8              | Aramaya | 44,155.47                           | 0.98                    | 7.93                    | 7.2               |
| AA      | 04/09/2001 | 09:35 | INC 3-2001            | 9              | Múcura Norte | 167.9              | Aramaya | 29,686.21                           | 0.87                    | 7.93                    | 7.55              |

Tabla B.3 Continuación de la tabla B.2 datos de niveles, velocidad media, gasto líquido de la sección de aforos en el sector Aramaya

| Periodo | Fecha      | Hora  | Fuente de Información | Número Sección | Sección     | Milla de Ubicación | Sector  | Gasto Líquido (m <sup>3</sup> /seg) | Velocidad Media (m/seg) | Altura del Río en palua | Nivel Medio (mts) |
|---------|------------|-------|-----------------------|----------------|-------------|--------------------|---------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|
| AMD     | 02/12/2001 | 09:45 | INC 4-2001            | 10             | San Roque   | 166.8              | Aramaya | 29,729.83                           | 0.73                    | 4.41                    | 4.1               |
| AB      | 26/03/2002 | 15:05 | INC 1-2002            | 10             | San Roque   | 166.8              | Aramaya | 16,537.09                           | 0.53                    | 1.70                    | 1.5               |
| AMD     | 06/07/2003 | 12:30 | INC 2-2003            | 10*            | Aramaya     | 166.0              | Aramaya | 45,816.00                           | 1.01                    | 8.09                    | 7.7               |
| AA      | 21/08/2003 | 02:00 | INC 3-2003            | 10*            | Aramaya     | 166.0              | Aramaya | 49,282.70                           | 0.95                    | 10.58                   | 9.5               |
| AA      | 31/08/2003 | 08:15 | INC 4-2003            | 10*            | Aramaya     | 166.0              | Aramaya | 44,328.43                           | 0.93                    | 10.73                   | 9.7               |
| AA      | 15/01/2004 | 15:00 | INC 1-2004            | 7B             | Manganeso   | 175.3              | Aramaya | 10,889.28                           | 0.35                    | 3.30                    | 3.08              |
| AA      | 16/01/2004 | 07:40 | INC 1-2004            | 10*            | Milla 166.0 | 166.0              | Aramaya | 12,876.41                           | 0.35                    | 3.19                    | 2.34              |
| AB      | 03/04/2004 | 08:20 | INC 2-2004            | 7B             | Manganeso   | 175.3              | Aramaya | 10,262.63                           | 0.40                    | 1.54                    | 1.3               |
| AB      | 03/04/2004 | 11:40 | INC 2-2004            | 10*            | Aramaya     | 166.0              | Aramaya | 13,286.15                           | 0.36                    | 1.54                    | 1.2               |
| AA      | 31/10/2004 | 08:15 | INC 5-2004            | 10*            | Milla 166.0 | 166.0              | Aramaya | 44,328.43                           | 0.93                    | 8.13                    | 7.29              |

Tabla B.4 Niveles Promedios máximos y mínimos de la milla 171.5 durante el período 1943-2009 del canal de navegación del Río Orinoco

| <b>Meses</b> | <b>MAX</b> | <b>PROM</b> | <b>MIN</b> |
|--------------|------------|-------------|------------|
| Enero        | 3,90       | 2,20        | 0,50       |
| Febrero      | 2,60       | 1,45        | 0,55       |
| Marzo        | 2,48       | 1,30        | 0,44       |
| Abril        | 3,31       | 1,60        | 0,60       |
| Mayo         | 6,50       | 3,70        | 1,42       |
| Junio        | 9,20       | 6,60        | 3,34       |
| Julio        | 10,50      | 8,80        | 5,60       |
| Agosto       | 11,12      | 10,00       | 7,95       |
| Septiembre   | 10,70      | 9,70        | 7,37       |
| Octubre      | 10,18      | 7,93        | 5,25       |
| Noviembre    | 8,50       | 5,90        | 3,35       |
| Diciembre    | 6,60       | 3,92        | 1,90       |

Los niveles fueron proyectados de la estación Palua  
 Las lecturas están dadas en metros

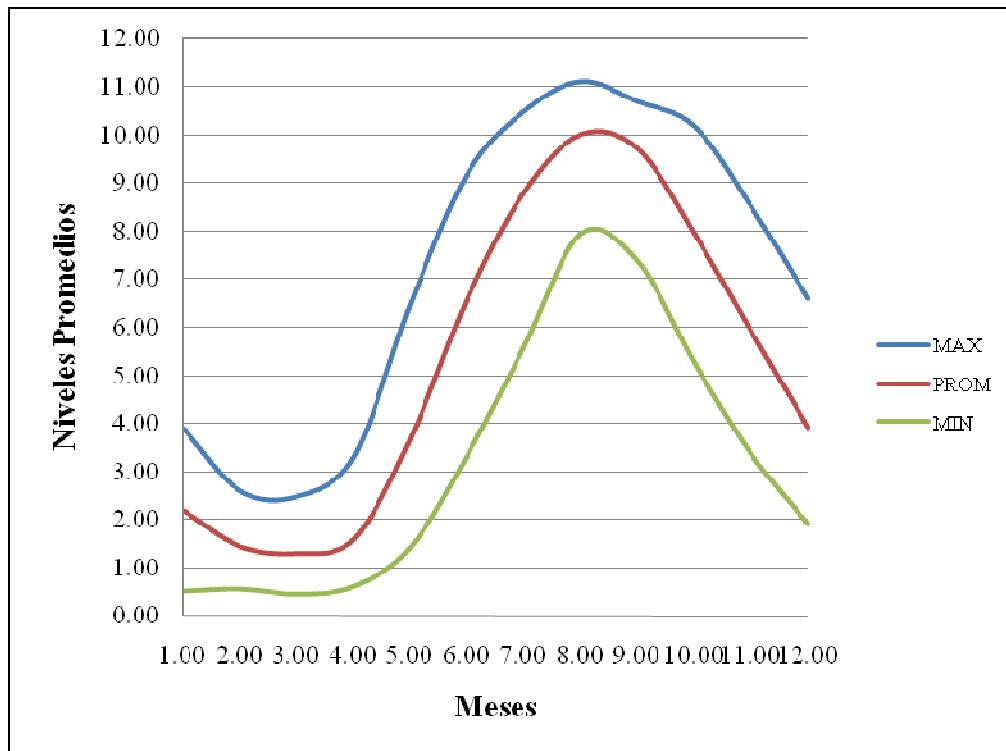


Figura B.5 Hidrogramas representativos de los niveles máximos, promedios y mínimos de la milla 171.5 de la estación limnigráfica de Aramaya del canal de navegación del río Orinoco, durante el período 1943-2009 (Información suministrada por el departamento de hidrografía del I.N.C)

Tabla B 5 Datos de niveles, velocidades y caudal líquidos de la sección de aforo de Múcura Norte ubicada en la milla 167.9 sector Aramaya

| Periodo | Fecha      | Hora  | Nivel(mts) | Velocidad Media (m/seg) | Caudal Líquido (m3/seg) |
|---------|------------|-------|------------|-------------------------|-------------------------|
| AMA     | 01/06/1997 | 13:26 | 4.95       | 0.91                    | 20,918.28               |
| AD      | 13/12/1998 | 12:44 | 4.05       | 0.66                    | 15,287.96               |
| AB      | 29/04/1999 | 14:50 | 4.4        | 0.75                    | 16,576.30               |
| AMD     | 13/12/1999 | 14:40 | 4.3        | 0.89                    | 20,363.55               |
| AB      | 01/04/2000 | 11:35 | 1.26       | 0.52                    | 6,445.09                |
| AMA     | 15/06/2000 | 08:50 | 7.7        | 1.18                    | 36,662.20               |
| AA      | 14/09/2000 | 15:26 | 9.2        | 0.87                    | 31,945.36               |
| AMD     | 21/12/2000 | 13:55 | 3.55       | 0.69                    | 15,173.36               |
| AB      | 28/03/2001 | 09:03 | 3.8        | 0.59                    | 7,228.34                |
| AA      | 04/09/2001 | 09:35 | 7.55       | 0.87                    | 29,686.21               |

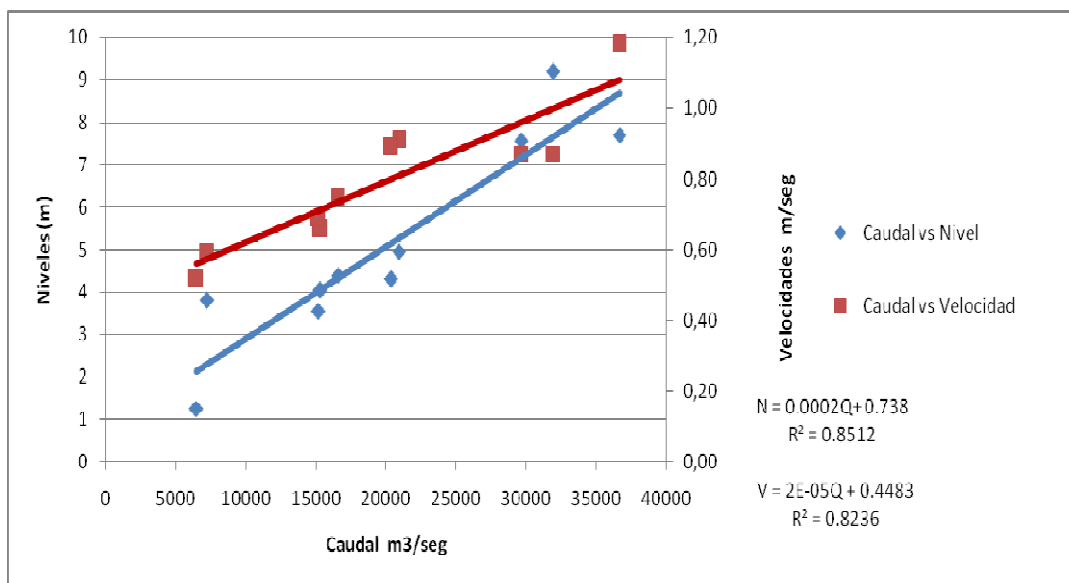


Figura B.6 Correlación de los caudales, niveles y velocidades registradas en la sección de aforos Mucura Norte Ubicada en la milla 167.9 Sector Aramaya (Datos suministrados por el Dpto de investigación)

Tabla B 7 Datos de niveles, velocidades y caudal líquidos de la sección de aforo de Múcura Sur ubicada en la milla 167.0 sector Aramaya

| Peri<br>odo | Fecha                | Hora      | Nivel<br>(mts) | Velocida<br>Media<br>(m/seg) | Gasto<br>Líquido (m3/seg) |
|-------------|----------------------|-----------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| A           | AM<br>02/0<br>6/1997 | 09:4<br>5 | 5.1            | 0.68                         | 12,281.87                 |
|             | AD<br>13/1<br>2/1998 | 14:4<br>2 | 4              | 0.50                         | 8,998.91                  |
| D           | AM<br>13/1<br>2/1999 | 12:3<br>5 | 4.28           | 0.52                         | 9,191.34                  |
|             | AB<br>01/0<br>4/2000 | 14:2<br>5 | 1.25           | 0.36                         | 4,048.97                  |
| A           | AM<br>15/0<br>6/2000 | 10:5<br>0 | 7.7            | 1.08                         | 21,763.88                 |
|             | AA<br>14/0<br>9/2000 | 13:2<br>3 | 9.15           | 0.81                         | 19,643.52                 |
| D           | AM<br>21/1<br>2/2000 | 15:3<br>5 | 3.5            | 0.67                         | 10,137.67                 |

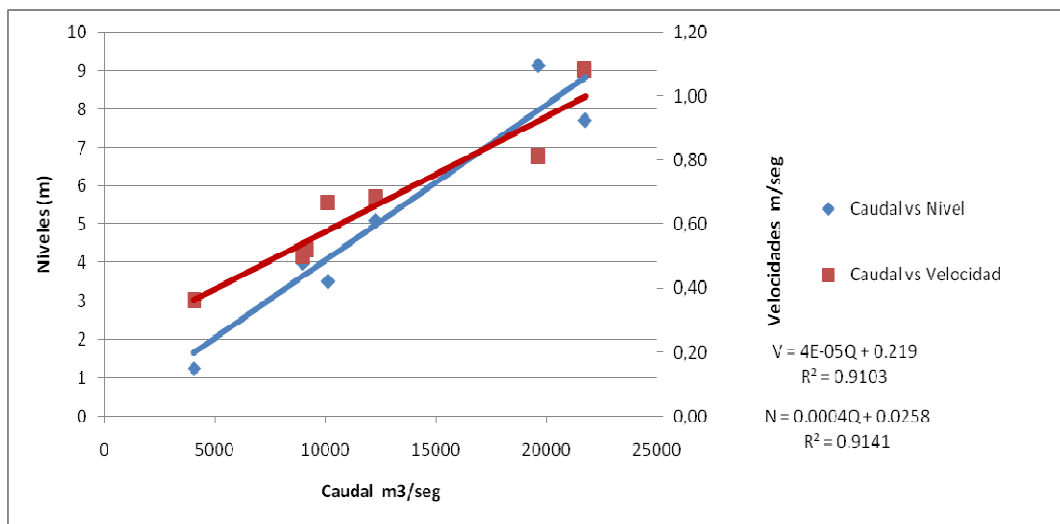


Figura B.7 Correlación de los caudales, niveles y velocidades registradas en la sección de aforos Mucura Sur Ubicada en la milla 167.0

Tabla B 8 Datos de niveles, velocidades y caudal líquidos de la sección de aforo de San Roque Sur ubicada en la milla 166.8 sector Aramaya

| Peri<br>odo | Peri<br>a | Fech<br>a      | Hora      | Nivel<br>(mts) | Velo<br>cidad<br>Media<br>(m/seg) | Gasto<br>Liquido (m3/seg) |
|-------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------------------------------|---------------------------|
| A           | AM        | 02/0<br>6/1997 | 09:4<br>5 | 5.1            | 0.68                              | 12,281.87                 |
|             | AD        | 13/1<br>2/1998 | 14:4<br>2 | 4              | 0.5                               | 8,998.91                  |
| D           | AM        | 13/1<br>2/1999 | 12:3<br>5 | 4.28           | 0.52                              | 9,191.34                  |
|             | AB        | 01/0<br>4/2000 | 14:2<br>5 | 1.25           | 0.36                              | 4,048.97                  |
| A           | AM        | 15/0<br>6/2000 | 10:5<br>0 | 7.7            | 1.08                              | 21,763.88                 |
|             | AA        | 14/0<br>9/2000 | 13:2<br>3 | 9.15           | 0.81                              | 19,643.52                 |
| D           | AM        | 21/1<br>2/2000 | 15:3<br>5 | 3.5            | 0.67                              | 10,137.67                 |

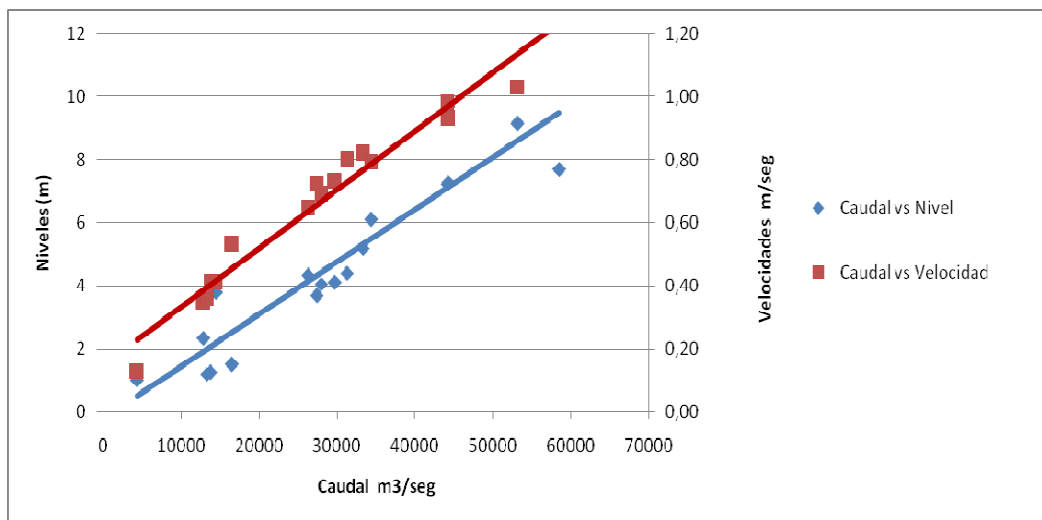


Figura B.8 Correlación de los caudales, niveles y velocidades registradas en la sección de aforos San Roque Ubicada en la milla 166.8.0 Sector Aramaya (Datos suministrados por el Dpto de investigación)

Tabla B 9 Tasa de sedimentación del canal de navegación del Río Orinoco correspondiente a las millas 167.7- 171.1

| Año 2004   |                                 | Año 2005   |                                 | Año 2006   |                                 | Año 2007   |                                 |
|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|
| Mes        | Tasa de Sedimentación (Pie/día) | Mes        | Tasa de Sedimentación (Pie/día) | Mes        | Tasa de Sedimentación (Pie/día) | Mes        | Tasa de Sedimentación (Pie/día) |
| Enero      | -                               | Enero      | -                               | Enero      | 0.022                           | Enero      | -                               |
| Febrero    | -                               | Febrero    | -                               | Febrero    | -                               | Febrero    | -                               |
| Marzo      | -                               | Marzo      | -                               | Marzo      | -                               | Marzo      | -                               |
| Abril      | -                               | Abril      | -                               | Abril      | -                               | Abril      | -                               |
| Mayo       | -                               | Mayo       | -                               | Mayo       | -                               | Mayo       | -                               |
| Junio      | -                               | Junio      | -                               | Junio      | -                               | Junio      | -                               |
| Julio      | -                               | Julio      | -                               | Julio      | -                               | Julio      | -                               |
| Agosto     | -                               | Agosto     | -                               | Agosto     | -                               | Agosto     | -                               |
| Septiembre | -                               | Septiembre | -                               | Septiembre | -                               | Septiembre | 0.003                           |
| Octubre    | 0.005                           | Octubre    | -                               | Octubre    | 0.022                           | Octubre    | -                               |
| Noviembre  | -                               | Noviembre  | 0.003                           | Noviembre  | -                               | Noviembre  | -                               |
| Diciembre  | 0.005                           | Diciembre  | 0.003                           | Diciembre  | -                               | Diciembre  | 0.003                           |



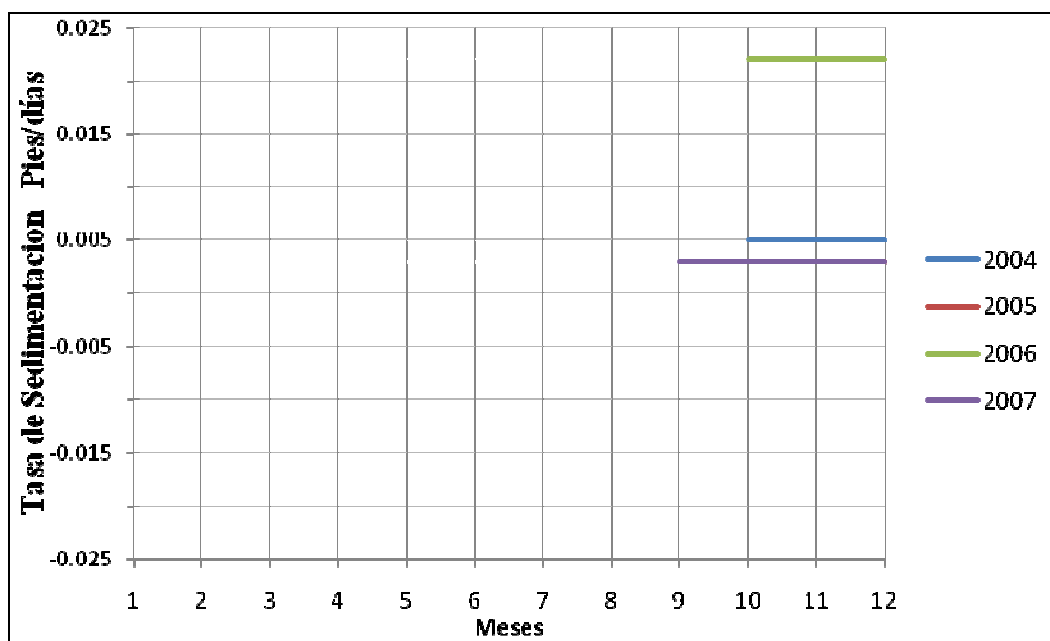


Figura B.9 Tasa de sedimentación promedio mensual durante el período 2004-2007, correspondiente al sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco

Tabla B.10 Pendiente Hidráulica del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco

| N de Plano | Fecha      | Hora  | Sector  | Palúa Correg. | Cabrian Correg. | Distancia entre estaciones limnigraficas | m          |
|------------|------------|-------|---------|---------------|-----------------|--|------------|
| 00DB4985   | 23/10/1998 | 10:00 | Aramaya | 18.3          | 16.07           | 48109.1                                  | 4.6353E-05 |

Tabla B.11. Pendiente del lecho del sector Aramaya del canal de navegación del río Orinoco

| Sector  | N de Plano | Limnigráfo | Fecha de Sondeo | Prof. 1 (mt) | Prof. 2 (mt) | Corrección 1 | Corrección 2 | Prof. 1 Correg.(mt) | Prof. 2 Correg.(mt) | Distancia (mt) | Pendiente del Lecho |
|---------|------------|------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Aramaya | 00DB4985   | TG Aramaya | 36091,00        | -2,00        | -3.2         | 10,00        | 10,00        | 8.00                | 6.80                | 10350,00       | 0.00011594          |
| Aramaya | 00DB4874   | TG Aramaya | 36035,00        | -3.2         | 10.4         | 9.85         | 9.75         | 6.65                | 20.15               | 8175,00        | -0.00165138         |

Tabla B.12 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°1, 2,3

| N°1              |                       | N°2              |                       | N°3              |                       |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Corrección =9,90 |                       | Corrección =9,90 |                       | Corrección =9,90 |                       |
| Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  |
| 3,90             | 40,00                 | 0,70             | 45,00                 | 1,80             | 40,00                 |
| 3,70             | 70,00                 | 0,70             | 85,00                 | 1,00             | 85,00                 |
| 2,30             | 135,00                | 0,40             | 125,00                | 1,80             | 115,00                |
| 1,70             | 170,00                | -0,10            | 165,00                | -0,50            | 155,00                |
| 0,70             | 210,00                | -0,90            | 210,00                | -1,80            | 195,00                |
| 0,00             | 245,00                | -1,30            | 245,00                | -2,70            | 235,00                |
| -1,20            | 280,00                | -2,40            | 285,00                | -4,10            | 275,00                |
| -1,80            | 315,00                | -3,10            | 325,00                | -5,40            | 315,00                |
| -2,80            | 355,00                | -4,20            | 365,00                | -6,30            | 350,00                |
| -4,20            | 390,00                | -4,70            | 405,00                | -7,40            | 390,00                |
| -4,30            | 425,00                | -5,30            | 445,00                | -7,80            | 440,00                |
| -5,00            | 465,00                | -6,60            | 485,00                | -8,80            | 465,00                |
| -5,60            | 500,00                | -6,10            | 520,00                | -8,80            | 505,00                |
| -6,00            | 535,00                | -7,00            | 550,00                | -10,30           | 540,00                |
| -7,60            | 610,00                | -6,40            | 590,00                | -11,10           | 575,00                |
| -8,10            | 655,00                | -7,60            | 630,00                | -11,40           | 615,00                |
| -8,00            | 695,00                | -8,30            | 670,00                | -11,90           | 650,00                |
| -8,80            | 730,00                | -10,40           | 710,00                | -12,10           | 685,00                |
| -9,70            | 765,00                | -10,90           | 750,00                | -12,70           | 725,00                |
| -9,20            | 800,00                | -11,50           | 785,00                | -13,20           | 765,00                |
| -10,10           | 835,00                | -11,90           | 825,00                | -13,80           | 800,00                |
| -11,30           | 875,00                | -11,70           | 865,00                | -12,80           | 840,00                |
| -12,90           | 910,00                | -12,70           | 900,00                | -12,40           | 875,00                |
| -12,10           | 945,00                | -12,50           | 935,00                | -13,60           | 915,00                |
| -13,20           | 985,00                | -13,60           | 975,00                | -13,30           | 950,00                |
| -13,90           | 1020,00               | -13,10           | 1015,00               | -13,60           | 990,00                |
| -14,30           | 1050,00               | -13,90           | 1055,00               | -14,30           | 1025,00               |
| -15,50           | 1090,00               | -14,10           | 1095,00               | -13,70           | 1065,00               |
| -15,90           | 1125,00               | -14,60           | 1130,00               | -13,50           | 1100,00               |
| -16,90           | 1165,00               | -15,20           | 1170,00               | -13,10           | 1135,00               |
| -17,80           | 1200,00               | -16,30           | 1215,00               | -13,90           | 1150,00               |
| -18,30           | 1235,00               | -16,50           | 1250,00               | -12,80           | 1175,00               |
| -18,50           | 1270,00               | -16,80           | 1295,00               | -13,60           | 1215,00               |
| -19,20           | 1305,00               | -18,30           | 1335,00               | -12,50           | 1250,00               |
| -18,10           | 1345,00               | -18,80           | 1385,00               | -16,40           | 1285,00               |
| -18,90           | 1380,00               | -19,80           | 1420,00               | -16,50           | 1325,00               |
| -18,20           | 1415,00               | -20,10           | 1455,00               | -18,30           | 1365,00               |
| -18,20           | 1450,00               | -20,30           | 1495,00               | -20,10           | 1400,00               |
| -20,50           | 1485,00               | -23,30           | 1540,00               | -23,10           | 1440,00               |
| -19,90           | 1525,00               | -20,60           | 1585,00               | -24,80           | 1480,00               |
| -19,10           | 1565,00               | -22,30           | 1625,00               | -26,10           | 1520,00               |
| -19,60           | 1605,00               | -23,00           | 1665,00               | -24,10           | 1565,00               |
| -20,50           | 1645,00               | -22,90           | 1705,00               | -27,30           | 1605,00               |
| -19,80           | 1685,00               | -18,90           | 1750,00               | -25,20           | 1645,00               |
| -19,30           | 1725,00               | -17,00           | 1795,00               | -21,60           | 1685,00               |
| -14,50           | 1765,00               | -17,90           | 1840,00               | -20,00           | 1725,00               |
| -13,20           | 1805,00               | -16,90           | 1880,00               | -19,10           | 1765,00               |
| -12,00           | 1845,00               | -14,70           | 1915,00               | -19,20           | 1805,00               |
| -11,10           | 1880,00               | -13,30           | 1950,00               | -17,90           | 1850,00               |
| -9,70            | 1925,00               | -11,90           | 1990,00               | -17,70           | 1890,00               |
| -8,70            | 1965,00               | -10,80           | 2030,00               | -12,60           | 1930,00               |
| -7,60            | 2005,00               | -10,10           | 2070,00               | -10,90           | 1970,00               |
| -6,70            | 2045,00               | -9,70            | 2110,00               | -10,60           | 2010,00               |
| -5,90            | 2085,00               | -8,30            | 2150,00               | -10,90           | 2050,00               |
| -5,90            | 2130,00               | -8,80            | 2190,00               | -10,60           | 2090,00               |
| -7,60            | 2170,00               | -7,50            | 2230,00               | -10,10           | 2130,00               |
| -8,00            | 2210,00               | -7,90            | 2230,00               | -1,20            | 2160,00               |
| -5,80            | 2250,00               | 0,00             | 2400,00               | 0,90             | 2175,00               |
| -4,60            | 2290,00               |                  |                       |                  |                       |
| -3,80            | 2335,00               |                  |                       |                  |                       |
| -2,20            | 2375,00               |                  |                       |                  |                       |
| -2,20            | 2500,00               |                  |                       |                  |                       |
| 0,00             | 2625,00               |                  |                       |                  |                       |

Tabla B.13 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N° 4, 5,6

| N°4              |                       | N°5              |                       | N°6              |                       |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Corrección =9,90 |                       | Corrección =9,90 |                       | Corrección =9,85 |                       |
| Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  |
| 1,60             | 30,00                 |                  |                       | -8,50            | 25,00                 |
| -0,60            | 70,00                 | -20,10           | 45,00                 | -9,00            | 45,00                 |
| -2,50            | 105,00                | -19,10           | 75,00                 | -9,80            | 85,00                 |
| -4,00            | 140,00                | -18,30           | 115,00                | -8,60            | 120,00                |
| -5,40            | 175,00                | -18,60           | 155,00                | -8,50            | 155,00                |
| -9,10            | 210,00                | -17,70           | 195,00                | -8,20            | 190,00                |
| -13,50           | 250,00                | -16,10           | 230,00                | -8,30            | 200,00                |
| -12,90           | 285,00                | -14,40           | 265,00                | -8,40            | 260,00                |
| -12,60           | 320,00                | -13,40           | 305,00                | -8,20            | 290,00                |
| -11,30           | 355,00                | -13,50           | 340,00                | -7,90            | 325,00                |
| -11,70           | 390,00                | -13,90           | 350,00                | -7,70            | 365,00                |
| -10,80           | 425,00                | -14,20           | 415,00                | -7,40            | 400,00                |
| -13,30           | 460,00                | -16,50           | 455,00                | -7,70            | 440,00                |
| -13,90           | 495,00                | -16,50           | 490,00                | -7,40            | 470,00                |
| -14,80           | 530,00                | -15,20           | 535,00                | -7,70            | 505,00                |
| -13,50           | 570,00                | -14,40           | 565,00                | -8,10            | 540,00                |
| -13,80           | 605,00                | -14,10           | 600,00                | -7,60            | 575,00                |
| -13,90           | 640,00                | -12,60           | 635,00                | -7,60            | 615,00                |
| -14,40           | 680,00                | -10,50           | 675,00                | -8,10            | 650,00                |
| -13,10           | 715,00                | -9,30            | 715,00                | -10,30           | 685,00                |
| -13,90           | 755,00                | -8,50            | 755,00                | -14,30           | 720,00                |
| -14,30           | 790,00                | -9,10            | 795,00                | -19,80           | 760,00                |
| -14,90           | 825,00                | -8,90            | 835,00                | -22,10           | 795,00                |
| -15,10           | 865,00                | -7,90            | 875,00                | -23,70           | 830,00                |
| -14,70           | 900,00                | -8,40            | 915,00                | -25,30           | 865,00                |
| -14,00           | 940,00                | -9,20            | 955,00                | -25,40           | 900,00                |
| -13,60           | 980,00                | -7,50            | 990,00                | -23,60           | 940,00                |
| -12,40           | 1015,00               | -7,00            | 1025,00               | -23,50           | 975,00                |
| -12,40           | 1055,00               | -5,90            | 1065,00               | -23,00           | 1015,00               |
| -9,50            | 1095,00               | -4,60            | 1105,00               | -21,70           | 1050,00               |
| -8,20            | 1130,00               | -4,70            | 1140,00               | -20,20           | 1090,00               |
| -7,90            | 1150,00               | -4,70            | 1180,00               | -22,60           | 1125,00               |
| -6,60            | 1170,00               | -2,20            | 1220,00               | -22,00           | 1160,00               |
| -7,50            | 1205,00               | 0,70             | 1255,00               | -24,30           | 1195,00               |
| -7,50            | 1245,00               | -6,10            | 1295,00               | -22,20           | 1235,00               |
| -8,10            | 1280,00               | -12,60           | 1340,00               | -21,80           | 1270,00               |
| -11,40           | 1320,00               | -14,80           | 1380,00               | -19,10           | 1305,00               |
| -14,60           | 1355,00               | -14,80           | 1425,00               | -16,40           | 1335,00               |
| -21,50           | 1390,00               | -17,40           | 1470,00               | -14,50           | 1375,00               |
| -28,60           | 1430,00               | -20,20           | 1520,00               | -13,20           | 1400,00               |
| -31,90           | 1470,00               | -19,50           | 1565,00               | -11,00           | 1455,00               |
| -34,30           | 1505,00               | -20,80           | 1610,00               | -8,90            | 1495,00               |
| -35,10           | 1545,00               | -25,30           | 1660,00               | -7,90            | 1590,00               |
| -33,60           | 1580,00               | -26,30           | 1755,00               | -7,20            | 1630,00               |
| -30,40           | 1615,00               | -29,60           | 1805,00               | -7,00            | 1670,00               |
| -26,80           | 1650,00               | -30,60           | 1850,00               | -6,70            | 1705,00               |
| -24,80           | 1685,00               | -31,10           | 1905,00               | -5,50            | 1795,00               |
| -20,40           | 1720,00               | -31,60           | 1950,00               | -5,80            | 1835,00               |
| -18,60           | 1760,00               | -31,00           | 1965,00               | -5,40            | 1870,00               |
| -17,70           | 1800,00               | -24,50           | 2000,00               | -5,30            | 1910,00               |
| -14,90           | 1840,00               | 0,00             | 2040,00               | -5,30            | 1950,00               |
| -13,70           | 1875,00               |                  |                       | -5,80            | 1980,00               |
| -12,00           | 1910,00               |                  |                       | -4,80            | 2005,00               |
| -10,80           | 1950,00               |                  |                       | -5,10            | 2030,00               |
| -10,00           | 1990,00               |                  |                       | -4,20            | 2060,00               |
| -7,10            | 1990,00               |                  |                       | -4,80            | 2095,00               |
| 0,00             | 2035,00               |                  |                       | -3,60            | 2130,00               |
|                  |                       |                  |                       | -4,40            | 2165,00               |
|                  |                       |                  |                       | -3,80            | 2180,00               |
|                  |                       |                  |                       | -3,80            | 2220,00               |
|                  |                       |                  |                       | -2,90            | 2255,00               |
|                  |                       |                  |                       | -4,20            | 2285,00               |
|                  |                       |                  |                       | -4,20            | 2315,00               |
|                  |                       |                  |                       | -4,00            | 2385,00               |
|                  |                       |                  |                       | -5,20            | 2420,00               |
|                  |                       |                  |                       | -5,10            | 2460,00               |
|                  |                       |                  |                       | -3,90            | 2500,00               |
|                  |                       |                  |                       | -3,10            | 2535,00               |
|                  |                       |                  |                       | -2,80            | 2570,00               |
|                  |                       |                  |                       | -3,40            | 2585,00               |
|                  |                       |                  |                       | -3,00            | 2610,00               |
|                  |                       |                  |                       | -3,10            | 2635,00               |
|                  |                       |                  |                       | -1,40            | 2670,00               |
|                  |                       |                  |                       | -0,50            | 2715,00               |
|                  |                       |                  |                       | -1,10            | 2730,00               |
|                  |                       |                  |                       | -0,40            | 2760,00               |
|                  |                       |                  |                       | 1,00             | 3005,00               |
|                  |                       |                  |                       | 0,00             | 3090,00               |

Tabla B.14 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°7, 8,9

| N°7              |                       | N°8              |                       | N°9              |                       |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Corrección =9,85 |                       | Corrección =9,85 |                       | Corrección =9,85 |                       |
| Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  |
| -8,40            | 35,00                 | -4,80            | 40,00                 | 0,10             | 40,00                 |
| -9,40            | 80,00                 | -9,60            | 80,00                 | -6,50            | 80,00                 |
| -9,50            | 125,00                | -10,40           | 125,00                | -10,00           | 125,00                |
| -9,00            | 170,00                | -8,20            | 165,00                | -8,00            | 165,00                |
| -6,00            | 215,00                | -8,20            | 210,00                | -6,90            | 210,00                |
| -6,00            | 260,00                | -7,70            | 250,00                | -6,30            | 250,00                |
| -6,00            | 305,00                | -7,30            | 290,00                | -6,50            | 290,00                |
| -5,30            | 350,00                | -6,60            | 330,00                | -6,40            | 330,00                |
| -6,90            | 400,00                | -7,20            | 370,00                | -6,40            | 370,00                |
| -5,50            | 445,00                | -7,00            | 410,00                | -6,80            | 410,00                |
| -6,00            | 495,00                | -5,60            | 445,00                | -7,00            | 445,00                |
| -7,00            | 540,00                | -5,70            | 485,00                | -7,10            | 485,00                |
| -5,90            | 585,00                | -5,40            | 525,00                | -6,50            | 525,00                |
| -5,50            | 635,00                | -5,00            | 560,00                | -6,90            | 560,00                |
| -6,10            | 680,00                | -4,90            | 595,00                | -6,60            | 595,00                |
| -5,60            | 725,00                | -4,50            | 635,00                | -5,70            | 635,00                |
| -5,70            | 785,00                | -4,40            | 675,00                | -6,00            | 675,00                |
| -5,80            | 825,00                | -4,10            | 710,00                | -5,00            | 710,00                |
| -5,90            | 870,00                | -3,50            | 745,00                | -5,30            | 745,00                |
| -5,50            | 915,00                | -3,20            | 785,00                | -4,70            | 785,00                |
| -5,80            | 965,00                | -3,80            | 820,00                | -4,00            | 820,00                |
| -4,90            | 1015,00               | -3,30            | 865,00                | -3,40            | 865,00                |
| -6,00            | 1060,00               | -3,60            | 905,00                | -3,30            | 905,00                |
| -5,50            | 1105,00               | -3,50            | 950,00                | -3,00            | 950,00                |
| -5,90            | 1150,00               | -2,80            | 985,00                | -3,20            | 985,00                |
| -5,00            | 1200,00               | -2,80            | 1020,00               | -2,80            | 1020,00               |
| -4,90            | 1245,00               | -2,70            | 1060,00               | -2,50            | 1060,00               |
| -5,90            | 1290,00               | -3,00            | 1105,00               | -2,70            | 1105,00               |
| -5,70            | 1335,00               | -3,00            | 1145,00               | -2,40            | 1145,00               |
| -5,60            | 1355,00               | -3,00            | 1180,00               | -2,80            | 1180,00               |
| -5,90            | 1430,00               | -3,20            | 1220,00               | -3,10            | 1220,00               |
| -6,00            | 1450,00               | -2,90            | 1260,00               | -3,00            | 1260,00               |
| -8,00            | 1500,00               | -3,30            | 1300,00               | -3,50            | 1300,00               |
| -7,60            | 1550,00               | -3,40            | 1335,00               | -3,60            | 1335,00               |
| -6,70            | 1595,00               | -4,20            | 1375,00               | -3,70            | 1375,00               |
| -6,20            | 1640,00               | -4,70            | 1415,00               | -4,20            | 1415,00               |
| -5,50            | 1690,00               | -5,20            | 1455,00               | -5,10            | 1455,00               |
| -6,60            | 1740,00               | -5,30            | 1470,00               | -4,80            | 1470,00               |
| -6,00            | 1790,00               | -5,70            | 1510,00               | -6,10            | 1510,00               |
| -6,00            | 1840,00               | -6,80            | 1535,00               | -6,40            | 1535,00               |
| -5,30            | 1885,00               | -8,10            | 1570,00               | -7,20            | 1570,00               |
| -5,30            | 1935,00               | -8,40            | 1610,00               | -8,40            | 1610,00               |
| -3,50            | 1985,00               | -8,70            | 1660,00               | -8,40            | 1660,00               |
| -3,50            | 2030,00               | -8,40            | 1700,00               | -8,60            | 1700,00               |
| 4,30             | 2080,00               | -8,50            | 1740,00               | -7,60            | 1740,00               |
| 5,50             | 2125,00               | -7,30            | 1780,00               | -6,70            | 1780,00               |
| 4,90             | 2175,00               | -5,80            | 1820,00               | -5,40            | 1820,00               |
| 5,80             | 2225,00               | -6,00            | 1860,00               | -3,50            | 1860,00               |
| -1,00            | 2270,00               | -5,20            | 1905,00               | -2,60            | 1905,00               |
| -0,60            | 2320,00               | -4,90            | 1945,00               | -1,40            | 1945,00               |
| -1,30            | 2365,00               | -3,90            | 1985,00               | -1,60            | 1985,00               |
| -2,70            | 2410,00               | -2,40            | 2025,00               | -1,00            | 2025,00               |
| -2,60            | 2455,00               | -1,50            | 2070,00               | -0,80            | 2070,00               |
| -3,60            | 2500,00               | -1,30            | 2115,00               | -0,10            | 2115,00               |
| -4,20            | 2545,00               | -1,00            | 2155,00               | 1,10             | 2155,00               |
| -3,10            | 2590,00               | 0,00             | 2195,00               | 0,00             | 2195,00               |
| -1,40            | 3140,00               | 0,30             | 2240,00               |                  |                       |
| 0,00             | 3200,00               | 1,00             | 2285,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,30             | 2325,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,70             | 2365,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,30             | 2405,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,70             | 2495,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,50             | 2540,00               |                  |                       |
|                  |                       | 0,80             | 2585,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,10             | 2630,00               |                  |                       |
|                  |                       | -0,30            | 2675,00               |                  |                       |
|                  |                       | -1,90            | 2720,00               |                  |                       |
|                  |                       | -3,00            | 2765,00               |                  |                       |
|                  |                       | -1,30            | 2800,00               |                  |                       |
|                  |                       | -2,10            | 2840,00               |                  |                       |
|                  |                       | -1,10            | 2880,00               |                  |                       |
|                  |                       | 0,00             | 2925,00               |                  |                       |
|                  |                       | 0,40             | 2975,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,80             | 3100,00               |                  |                       |
|                  |                       | 1,90             | 3590,00               |                  |                       |
|                  |                       | 0,00             | 3650,00               |                  |                       |

Tabla B.15 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°10, 11,12

| N°10             |                       | N°11             |                       | N°12             |                       |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Corrección =9,85 |                       | Corrección =9,85 |                       | Corrección =9,85 |                       |
| Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  |
| 2,20             | 35,00                 | 4,40             | 35,00                 | 7,70             | 0,00                  |
| -0,20            | 65,00                 | -5,30            | 70,00                 | 2,80             | 65,00                 |
| -3,10            | 100,00                | -7,30            | 105,00                | -5,40            | 100,00                |
| -6,30            | 135,00                | -9,60            | 145,00                | -10,00           | 135,00                |
| -4,90            | 170,00                | -10,50           | 185,00                | -12,40           | 170,00                |
| -3,80            | 200,00                | -10,80           | 220,00                | -11,70           | 205,00                |
| -6,80            | 235,00                | -10,60           | 260,00                | -11,30           | 240,00                |
| -7,90            | 270,00                | -11,10           | 295,00                | -10,80           | 275,00                |
| -8,50            | 310,00                | -10,10           | 330,00                | -10,40           | 305,00                |
| -9,40            | 345,00                | -9,40            | 370,00                | -11,20           | 340,00                |
| -9,50            | 380,00                | -8,00            | 410,00                | -11,70           | 375,00                |
| -8,90            | 420,00                | -7,40            | 450,00                | -12,30           | 410,00                |
| -8,50            | 450,00                | -7,60            | 490,00                | -9,70            | 450,00                |
| -9,20            | 490,00                | -6,60            | 525,00                | -8,00            | 485,00                |
| -7,50            | 525,00                | -6,80            | 560,00                | -6,80            | 515,00                |
| -7,20            | 560,00                | -6,70            | 600,00                | -6,30            | 550,00                |
| -7,60            | 600,00                | -4,80            | 635,00                | -6,50            | 585,00                |
| -6,10            | 630,00                | -3,80            | 675,00                | -5,00            | 620,00                |
| -5,50            | 665,00                | -3,30            | 715,00                | -3,70            | 650,00                |
| -4,70            | 705,00                | -2,60            | 755,00                | -3,20            | 690,00                |
| -4,20            | 740,00                | -1,90            | 790,00                | -2,20            | 715,00                |
| -3,40            | 780,00                | -2,00            | 830,00                | -3,00            | 800,00                |
| -3,30            | 815,00                | -2,50            | 870,00                | -3,20            | 835,00                |
| -2,90            | 855,00                | -3,20            | 910,00                | -4,90            | 870,00                |
| -7,80            | 930,00                | -4,70            | 940,00                | -5,40            | 900,00                |
| -2,30            | 940,00                | -5,30            | 980,00                | -6,20            | 940,00                |
| -2,10            | 960,00                | -4,50            | 1020,00               | -7,40            | 975,00                |
| -1,80            | 995,00                | -6,40            | 1060,00               | -7,30            | 1015,00               |
| -2,40            | 1035,00               | -6,00            | 1095,00               | -7,80            | 1045,00               |
| -2,60            | 1070,00               | -7,40            | 1135,00               | -7,40            | 1080,00               |
| -3,50            | 1110,00               | -8,10            | 1170,00               | -6,80            | 1120,00               |
| -4,30            | 1145,00               | -8,50            | 1215,00               | -6,30            | 1150,00               |
| -4,30            | 1185,00               | -8,00            | 1250,00               | -4,30            | 1185,00               |
| -5,70            | 1220,00               | -6,40            | 1290,00               | -3,50            | 1225,00               |
| -5,80            | 1260,00               | -3,90            | 1325,00               | -3,50            | 1255,00               |
| -6,30            | 1285,00               | -2,80            | 1370,00               | -3,40            | 1285,00               |
| -7,40            | 1330,00               | -1,70            | 1410,00               | -2,50            | 1325,00               |
| -7,10            | 1370,00               | -1,80            | 1445,00               | -2,10            | 1360,00               |
| -8,80            | 1405,00               | -1,90            | 1485,00               | -2,20            | 1395,00               |
| -8,50            | 1445,00               | -1,30            | 1520,00               | -1,90            | 1430,00               |
| -7,60            | 1485,00               | -1,80            | 1555,00               | -1,70            | 1470,00               |
| -5,60            | 1525,00               | -1,70            | 1600,00               | -1,30            | 1500,00               |
| -3,40            | 1590,00               | -1,50            | 1640,00               | -1,60            | 1535,00               |
| -2,40            | 1625,00               | -1,30            | 1680,00               | -1,40            | 1570,00               |
| -1,70            | 1660,00               | -0,60            | 1720,00               | -0,90            | 1605,00               |
| -1,60            | 1695,00               | 0,10             | 1760,00               | -1,40            | 1640,00               |
| -1,10            | 1730,00               | -0,40            | 1800,00               | -1,40            | 1675,00               |
| -1,00            | 1770,00               | -0,20            | 1840,00               | -0,70            | 1710,00               |
| -0,80            | 1810,00               | 0,20             | 1880,00               | -0,40            | 1745,00               |
| -0,90            | 1850,00               | 0,80             | 1915,00               | -0,40            | 1755,00               |
| -0,20            | 1890,00               | 0,40             | 1950,00               | -0,40            | 1790,00               |
| -0,40            | 1930,00               | 0,00             | 1990,00               | -0,40            | 1830,00               |
| 0,70             | 1970,00               | 1,00             | 2030,00               | 0,00             | 1865,00               |
| 0,30             | 2010,00               | 1,10             | 2070,00               | -0,70            | 1900,00               |
| 0,40             | 2050,00               | 1,40             | 2110,00               | 0,20             | 1940,00               |
| 0,50             | 2090,00               | 2,20             | 2150,00               | 0,10             | 1980,00               |
| 1,50             | 2125,00               | 2,30             | 2190,00               | 0,60             | 2020,00               |
| 0,00             | 2165,00               | 0,00             | 2230,00               | 0,00             | 2055,00               |

Tabla B.16 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°13, 14,15

| N°13           |                       | N°14           |                       | N°15           |                       |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       |
| Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  |
| 2,20           | 40,00                 | 0,20           | 40,00                 | 7,20           | 50,00                 |
| -6,80          | 90,00                 | -14,80         | 95,00                 | -19,80         | 85,00                 |
| -11,80         | 140,00                | -15,80         | 145,00                | -13,80         | 140,00                |
| -11,80         | 190,00                | -24,80         | 195,00                | -15,80         | 195,00                |
| -13,80         | 240,00                | -18,80         | 250,00                | -14,80         | 245,00                |
| -15,80         | 285,00                | -11,80         | 310,00                | -15,80         | 285,00                |
| -15,80         | 340,00                | -11,80         | 375,00                | -13,80         | 330,00                |
| -13,80         | 385,00                | -11,80         | 430,00                | -10,80         | 375,00                |
| -10,80         | 435,00                | -10,80         | 490,00                | -8,30          | 425,00                |
| -7,80          | 480,00                | -5,30          | 545,00                | -7,80          | 470,00                |
| -5,80          | 530,00                | -4,30          | 605,00                | -6,80          | 520,00                |
| -4,80          | 580,00                | -4,30          | 665,00                | -6,80          | 560,00                |
| -2,80          | 625,00                | -4,80          | 725,00                | -6,30          | 610,00                |
| -2,80          | 675,00                | -5,80          | 780,00                | -6,30          | 655,00                |
| -3,30          | 725,00                | -5,80          | 835,00                | -6,30          | 700,00                |
| -4,30          | 775,00                | -6,80          | 875,00                | -6,80          | 750,00                |
| -4,80          | 820,00                | -6,80          | 950,00                | -7,30          | 795,00                |
| -6,80          | 870,00                | -4,80          | 1010,00               | -7,80          | 845,00                |
| -7,30          | 945,00                | -4,30          | 1070,00               | -6,80          | 895,00                |
| -7,30          | 970,00                | -3,30          | 1125,00               | -7,30          | 940,00                |
| -6,30          | 1015,00               | -3,00          | 1185,00               | -6,60          | 990,00                |
| -4,80          | 1070,00               | -2,30          | 1240,00               | -5,30          | 1035,00               |
| -3,30          | 1115,00               | -2,60          | 1295,00               | -5,00          | 1085,00               |
| -2,80          | 1160,00               | -2,30          | 1355,00               | -3,30          | 1135,00               |
| -2,30          | 1210,00               | -2,30          | 1410,00               | -3,30          | 1190,00               |
| -1,80          | 1265,00               | -1,80          | 1470,00               | -3,40          | 1240,00               |
| -1,30          | 1310,00               | -1,80          | 1530,00               | -3,20          | 1290,00               |
| -1,80          | 1365,00               | -2,00          | 1590,00               | -3,00          | 1340,00               |
| -1,80          | 1410,00               | -1,30          | 1660,00               | -2,80          | 1390,00               |
| -1,60          | 1465,00               | -1,80          | 1720,00               | -3,80          | 1440,00               |
| -1,30          | 1520,00               | -0,30          | 1765,00               | -3,00          | 1490,00               |
| -0,80          | 1575,00               | -0,80          | 1770,00               | -3,80          | 1540,00               |
| -1,00          | 1625,00               | -0,30          | 1825,00               | -2,30          | 1590,00               |
| -0,80          | 1675,00               | -0,80          | 1890,00               | -1,30          | 1640,00               |
| -0,80          | 1725,00               | 0,20           | 1940,00               | -1,80          | 1690,00               |
| -0,80          | 1775,00               | 0,70           | 2000,00               | -1,70          | 1740,00               |
| -0,30          | 1830,00               | 0,20           | 2060,00               | -2,30          | 1790,00               |
| -0,80          | 1885,00               | 1,20           | 2115,00               | -0,80          | 1840,00               |
| -0,30          | 1940,00               | 1,20           | 2170,00               | -1,30          | 1890,00               |
| 0,70           | 1995,00               | 1,20           | 2225,00               | -1,80          | 1940,00               |
| 0,40           | 2050,00               | 1,20           | 2280,00               | -0,80          | 1995,00               |
| 0,20           | 2105,00               | 2,00           | 2335,00               | -1,00          | 2050,00               |
| 1,70           | 2160,00               | 1,20           | 2390,00               | -0,80          | 2100,00               |
| 2,20           | 2215,00               | 1,70           | 2450,00               | -0,30          | 2155,00               |
| 2,20           | 2270,00               | 1,20           | 2505,00               | -0,30          | 2210,00               |
| 2,70           | 2325,00               | 1,70           | 2560,00               | 0,20           | 2265,00               |
| 2,20           | 2385,00               | 1,70           | 2635,00               | -0,80          | 2315,00               |
| 2,20           | 2440,00               | 1,20           | 2690,00               | 0,70           | 2375,00               |
| 3,20           | 2495,00               | 1,20           | 2745,00               | -0,30          | 2435,00               |
| 3,20           | 2550,00               | 1,20           | 2795,00               | 0,70           | 2495,00               |
| 3,20           | 2605,00               | 1,20           | 2850,00               | -0,80          | 2575,00               |
| 3,20           | 2665,00               | 1,20           | 2900,00               | 0,30           | 2630,00               |
| 3,20           | 2725,00               | 1,20           | 2950,00               | 0,50           | 2690,00               |
| 3,20           | 2805,00               | 1,20           | 3005,00               | -0,30          | 2745,00               |
| 3,20           | 2860,00               | 1,20           | 3060,00               | 0,70           | 2805,00               |
| 3,20           | 2920,00               | 1,20           | 3115,00               | -0,30          | 2865,00               |
| 0,00           | 2975,00               | 0,00           | 3165,00               | 0,00           | 2930,00               |

Tabla B.17 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°16, 17,18

| N°16           |                       | N°17           |                       | N°18           |                       |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       |
| Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  |
| 2,20           | 40,00                 | 4,30           | 50,00                 | 3,30           | 40,00                 |
| -1,30          | 90,00                 | 3,30           | 95,00                 | -2,70          | 90,00                 |
| -14,80         | 145,00                | -7,70          | 150,00                | -5,70          | 140,00                |
| -14,30         | 195,00                | -9,70          | 205,00                | -5,70          | 205,00                |
| -11,80         | 245,00                | -8,20          | 255,00                | -6,20          | 265,00                |
| -10,30         | 295,00                | -8,70          | 300,00                | -7,20          | 305,00                |
| -9,00          | 345,00                | -8,20          | 350,00                | -7,70          | 390,00                |
| -8,30          | 395,00                | -8,70          | 400,00                | -7,70          | 450,00                |
| -8,30          | 445,00                | -8,20          | 445,00                | -8,70          | 510,00                |
| -8,30          | 495,00                | -7,90          | 490,00                | -8,20          | 570,00                |
| -7,80          | 545,00                | -9,20          | 545,00                | -8,70          | 630,00                |
| -3,30          | 595,00                | -8,70          | 590,00                | -9,30          | 685,00                |
| -7,30          | 645,00                | -8,70          | 640,00                | -9,70          | 745,00                |
| -7,30          | 695,00                | -8,20          | 695,00                | -9,70          | 805,00                |
| -7,80          | 745,00                | -8,20          | 745,00                | -9,70          | 860,00                |
| -7,80          | 795,00                | -9,20          | 795,00                | -9,70          | 925,00                |
| -7,80          | 850,00                | -9,20          | 845,00                | -9,40          | 985,00                |
| -7,30          | 905,00                | -9,20          | 895,00                | -9,20          | 1045,00               |
| -6,30          | 960,00                | -8,20          | 940,00                | -9,20          | 1100,00               |
| -6,30          | 1010,00               | -7,70          | 990,00                | -9,10          | 1150,00               |
| -4,80          | 1065,00               | -7,50          | 1040,00               | -8,20          | 1210,00               |
| -4,80          | 1115,00               | -7,70          | 1095,00               | -6,70          | 1265,00               |
| -4,30          | 1165,00               | -6,70          | 1145,00               | -7,20          | 1325,00               |
| -3,80          | 1210,00               | -6,20          | 1195,00               | -6,60          | 1385,00               |
| -3,80          | 1265,00               | -6,90          | 1240,00               | -6,50          | 1440,00               |
| -4,30          | 1320,00               | -7,00          | 1290,00               | -4,70          | 1500,00               |
| -3,30          | 1370,00               | -5,70          | 1335,00               | -4,70          | 1555,00               |
| -4,80          | 1430,00               | -5,20          | 1385,00               | -3,70          | 1610,00               |
| -4,80          | 1480,00               | -4,80          | 1435,00               | -4,80          | 1670,00               |
| -4,30          | 1535,00               | -5,20          | 1490,00               | -4,80          | 1725,00               |
| -2,80          | 1590,00               | -5,20          | 1545,00               | -4,20          | 1785,00               |
| -3,80          | 1650,00               | -4,70          | 1595,00               | -5,20          | 1845,00               |
| -2,80          | 1705,00               | -3,20          | 1645,00               | -4,70          | 1905,00               |
| -2,30          | 1760,00               | -4,20          | 1695,00               | -3,90          | 1960,00               |
| -2,30          | 1820,00               | -4,70          | 1745,00               | -8,80          | 2015,00               |
| -2,80          | 1875,00               | -4,70          | 1800,00               | -2,70          | 2065,00               |
| -1,30          | 1930,00               | -4,20          | 1855,00               | -3,50          | 2135,00               |
| -2,80          | 1985,00               | -3,20          | 1910,00               | -1,70          | 2195,00               |
| -0,60          | 2045,00               | -3,70          | 1965,00               | -1,70          | 2255,00               |
| -0,80          | 2100,00               | -3,20          | 2020,00               | -3,20          | 2310,00               |
| 0,20           | 2160,00               | -1,80          | 2075,00               | -0,70          | 2365,00               |
| -0,30          | 2220,00               | -1,60          | 2130,00               | -0,70          | 2415,00               |
| -0,30          | 2280,00               | -3,70          | 2185,00               | -0,70          | 2470,00               |
| -0,80          | 2365,00               | -2,20          | 2240,00               | -1,70          | 2520,00               |
| -0,30          | 2425,00               | -1,20          | 2315,00               | -0,70          | 2570,00               |
| 0,70           | 2485,00               | -1,70          | 2425,00               | -1,70          | 2620,00               |
| 0,40           | 2545,00               | -1,20          | 2470,00               | -0,70          | 2680,00               |
| 0,20           | 2605,00               | -0,20          | 2480,00               | -1,20          | 2735,00               |
| 0,20           | 2665,00               | -0,40          | 2535,00               | -1,20          | 2790,00               |
| -0,10          | 2725,00               | 0,10           | 2595,00               | 0,50           | 2845,00               |
| -0,80          | 2785,00               | 0,30           | 2660,00               | -1,10          | 2895,00               |
| -1,30          | 2845,00               | 0,10           | 2720,00               | -1,20          | 2950,00               |
| 0,20           | 2900,00               | -1,30          | 2780,00               | -0,70          | 3005,00               |
| -0,30          | 2960,00               | -0,70          | 2845,00               | -1,20          | 3055,00               |
| -0,10          | 3020,00               | -1,20          | 2905,00               | -0,30          | 3110,00               |
| -0,30          | 3085,00               | -0,80          | 2965,00               | -0,20          | 3165,00               |
| -0,30          | 3145,00               | -0,80          | 3030,00               | 0,30           | 3220,00               |
| 0,00           | 3205,00               | 0,00           | 3090,00               | 0,00           | 3280,00               |



Tabla B.18 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°19, 20,21

| N°19           |                       | N°20           |                       | N°21           |                       |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       |
| Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  |
| 4,80           | 40,00                 | 7,30           | 25,00                 | 5,80           | 35,00                 |
| 3,30           | 90,00                 | 3,30           | 65,00                 | 4,10           | 90,00                 |
| -3,70          | 140,00                | -1,20          | 110,00                | 1,30           | 140,00                |
| -3,70          | 205,00                | -3,70          | 160,00                | 0,30           | 190,00                |
| -4,20          | 265,00                | -7,70          | 215,00                | -1,90          | 240,00                |
| -6,20          | 305,00                | -8,80          | 260,00                | -4,20          | 290,00                |
| -9,70          | 390,00                | -10,70         | 310,00                | -5,70          | 340,00                |
| -10,20         | 450,00                | -9,70          | 350,00                | -8,70          | 385,00                |
| -9,70          | 510,00                | -11,70         | 405,00                | -11,70         | 435,00                |
| -9,70          | 570,00                | -12,20         | 455,00                | -12,20         | 485,00                |
| -10,20         | 630,00                | -12,20         | 505,00                | -11,70         | 535,00                |
| -10,20         | 685,00                | -5,90          | 555,00                | -13,20         | 580,00                |
| -10,20         | 745,00                | -11,70         | 600,00                | -14,20         | 635,00                |
| -10,70         | 805,00                | -13,70         | 655,00                | -14,70         | 685,00                |
| -11,20         | 860,00                | -14,70         | 710,00                | -16,70         | 740,00                |
| -11,70         | 925,00                | -14,70         | 760,00                | -17,20         | 790,00                |
| -11,70         | 985,00                | -13,70         | 805,00                | -16,80         | 850,00                |
| -10,80         | 1045,00               | -12,20         | 855,00                | -16,70         | 900,00                |
| -11,70         | 1100,00               | -11,70         | 905,00                | -15,70         | 950,00                |
| -10,80         | 1150,00               | -11,20         | 950,00                | -15,80         | 1005,00               |
| -10,70         | 1210,00               | -10,20         | 995,00                | -14,70         | 1060,00               |
| -10,20         | 1265,00               | -6,00          | 1040,00               | -13,70         | 1110,00               |
| -10,20         | 1325,00               | -8,70          | 1090,00               | -14,20         | 1160,00               |
| -10,70         | 1385,00               | -9,20          | 1140,00               | -12,20         | 1215,00               |
| -10,20         | 1440,00               | -9,70          | 1185,00               | -12,70         | 1270,00               |
| -9,70          | 1500,00               | -8,70          | 1235,00               | -10,70         | 1325,00               |
| -9,20          | 1555,00               | -6,20          | 1290,00               | -11,20         | 1380,00               |
| -9,70          | 1610,00               | -7,70          | 1345,00               | -7,80          | 1415,00               |
| -8,70          | 1670,00               | -6,20          | 1400,00               | -6,90          | 1500,00               |
| -8,20          | 1725,00               | -7,70          | 1450,00               | -7,70          | 1560,00               |
| -7,70          | 1785,00               | -2,70          | 1500,00               | -8,70          | 1620,00               |
| -5,70          | 1845,00               | -4,20          | 1555,00               | -7,50          | 1680,00               |
| -4,70          | 1905,00               | -4,80          | 1610,00               | -6,80          | 1740,00               |
| -6,70          | 1960,00               | -3,30          | 1665,00               | -6,70          | 1800,00               |
| -7,20          | 2015,00               | -4,70          | 1725,00               | -5,20          | 1865,00               |
| -5,70          | 2065,00               | -1,70          | 1785,00               | -4,20          | 1925,00               |
| -6,70          | 2135,00               | -3,20          | 1840,00               | -5,80          | 1985,00               |
| -5,20          | 2195,00               | -2,70          | 1905,00               | -4,10          | 2045,00               |
| -3,20          | 2255,00               | -6,20          | 1960,00               | -4,70          | 2100,00               |
| -2,70          | 2310,00               | -3,20          | 2015,00               | -3,50          | 2165,00               |
| -3,70          | 2365,00               | -2,70          | 2075,00               | -2,20          | 2225,00               |
| -2,20          | 2415,00               | -2,20          | 2135,00               | -2,70          | 2285,00               |
| -3,70          | 2470,00               | -3,70          | 2190,00               | -3,20          | 2350,00               |
| -2,20          | 2520,00               | -2,70          | 2250,00               | -1,60          | 2410,00               |
| -1,70          | 2570,00               | -2,20          | 2310,00               | -2,70          | 2475,00               |
| -2,20          | 2620,00               | -1,70          | 2370,00               | -1,70          | 2535,00               |
| -2,70          | 2680,00               | -0,20          | 2430,00               | -1,70          | 2600,00               |
| -0,70          | 2735,00               | -0,70          | 2490,00               | -0,20          | 2665,00               |
| -1,20          | 2790,00               | -6,00          | 2550,00               | 0,00           | 2730,00               |
| -1,20          | 2845,00               | -0,80          | 2610,00               | 0,50           | 2795,00               |
| -1,70          | 2895,00               | 0,80           | 2670,00               | -0,20          | 2860,00               |
| -1,70          | 2950,00               | 0,30           | 2730,00               | 1,50           | 2925,00               |
| -1,70          | 3005,00               | -0,70          | 2790,00               | 1,30           | 2990,00               |
| -1,70          | 3055,00               | 1,30           | 2850,00               | 1,30           | 3055,00               |
| -0,20          | 3110,00               | 1,30           | 2915,00               | -0,20          | 3120,00               |
| -0,70          | 3165,00               | 0,80           | 2980,00               | -0,70          | 3185,00               |
| 0,30           | 3220,00               | 1,30           | 3040,00               | -0,20          | 3250,00               |
| 0,00           | 3280,00               | 0,00           | 3105,00               | 0,00           | 3315,00               |

Tabla B.19 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°22, 23,24

| N°22           |                       | N°23           |                       | N°24           |                       |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       |
| Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  |
| 6,70           | 35,00                 | 7,70           | 40,00                 | 0,20           | 25,00                 |
| 7,20           | 80,00                 | 5,20           | 85,00                 | 0,00           | 80,00                 |
| 5,20           | 180,00                | 2,20           | 140,00                | -2,30          | 125,00                |
| 0,70           | 190,00                | -1,80          | 195,00                | -1,30          | 175,00                |
| -4,80          | 250,00                | -6,80          | 245,00                | -3,30          | 230,00                |
| -10,30         | 315,00                | -9,80          | 305,00                | -7,80          | 275,00                |
| -12,80         | 375,00                | -14,80         | 345,00                | -13,80         | 320,00                |
| -15,80         | 435,00                | -18,80         | 425,00                | -15,80         | 375,00                |
| -16,80         | 495,00                | -22,80         | 465,00                | -14,80         | 420,00                |
| -20,80         | 555,00                | -24,80         | 520,00                | -20,80         | 470,00                |
| -22,30         | 620,00                | -25,80         | 575,00                | -23,80         | 525,00                |
| -22,30         | 675,00                | -25,80         | 625,00                | -24,80         | 570,00                |
| -21,80         | 730,00                | -25,80         | 680,00                | -23,80         | 620,00                |
| -20,80         | 795,00                | -24,80         | 730,00                | -22,80         | 670,00                |
| -20,80         | 855,00                | -22,80         | 775,00                | -22,80         | 720,00                |
| -18,80         | 915,00                | -20,80         | 830,00                | -21,80         | 775,00                |
| -16,80         | 975,00                | -19,80         | 885,00                | -20,80         | 825,00                |
| -15,80         | 1030,00               | -17,80         | 940,00                | -20,30         | 870,00                |
| -13,30         | 1085,00               | -16,80         | 985,00                | -19,80         | 925,00                |
| -12,80         | 1145,00               | -15,80         | 1040,00               | -16,80         | 980,00                |
| -11,80         | 1200,00               | -14,80         | 1155,00               | -16,80         | 1030,00               |
| -11,80         | 1315,00               | -11,80         | 1215,00               | -15,80         | 1085,00               |
| -8,80          | 1375,00               | -16,80         | 1275,00               | -14,80         | 1140,00               |
| -8,30          | 1425,00               | -9,80          | 1335,00               | -13,30         | 1195,00               |
| -9,80          | 1485,00               | -13,80         | 1395,00               | -12,80         | 1250,00               |
| -8,30          | 1540,00               | -12,80         | 1455,00               | -12,80         | 1305,00               |
| -6,80          | 1600,00               | -10,80         | 1515,00               | -9,80          | 1360,00               |
| -7,80          | 1655,00               | -7,80          | 1575,00               | -10,30         | 1420,00               |
| -8,80          | 1710,00               | -5,80          | 1640,00               | -10,80         | 1475,00               |
| -5,80          | 1765,00               | -6,80          | 1705,00               | -8,80          | 1535,00               |
| -5,80          | 1825,00               | -6,80          | 1765,00               | -8,80          | 1600,00               |
| -3,60          | 1935,00               | -4,80          | 1831,50               | -5,80          | 1665,00               |
| -3,80          | 1995,00               | -3,80          | 1895,00               | -7,80          | 1730,00               |
| -2,30          | 2050,00               | -5,80          | 1960,00               | -5,80          | 1790,00               |
| -3,80          | 2110,00               | -2,30          | 2025,00               | -4,30          | 1860,00               |
| -2,80          | 2170,00               | -4,80          | 2090,00               | -4,80          | 1925,00               |
| -1,60          | 2230,00               | -1,30          | 2150,00               | -3,30          | 1990,00               |
| -1,30          | 2280,00               | -2,30          | 2215,00               | -3,80          | 2055,00               |
| -1,30          | 2350,00               | -1,30          | 2340,00               | -2,80          | 2120,00               |
| -0,30          | 2410,00               | -1,80          | 2405,00               | -2,80          | 2190,00               |
| 0,70           | 2470,00               | -2,00          | 2470,00               | -1,80          | 2255,00               |
| -1,30          | 2530,00               | -1,30          | 2535,00               | -1,80          | 2320,00               |
| -0,80          | 2590,00               | 0,20           | 2595,00               | -1,80          | 2380,00               |
| -0,80          | 2655,00               | 1,00           | 2630,00               | 0,20           | 2430,00               |
| 0,20           | 2705,00               | 4,20           | 2670,00               | 1,20           | 2470,00               |
| -0,80          | 2760,00               | 0,00           | 2720,00               | 0,00           | 2495,00               |
| -1,30          | 2815,00               |                |                       |                |                       |
| -2,30          | 2870,00               |                |                       |                |                       |
| 0,20           | 2925,00               |                |                       |                |                       |
| 1,20           | 2980,00               |                |                       |                |                       |
| 3,20           | 3040,00               |                |                       |                |                       |
| 7,20           | 3065,00               |                |                       |                |                       |
| 0,00           | 3095,00               |                |                       |                |                       |

Tabla B.20 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°25, 26,27

| N°25           |                       | N°26           |                       | N°27           |                       |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       |
| Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  |
| -0,30          | 30,00                 | -1,80          | 40,00                 | 3,20           | 40,00                 |
| -0,80          | 75,00                 | -2,80          | 105,00                | -1,80          | 90,00                 |
| -2,30          | 125,00                | -3,80          | 165,00                | -5,80          | 150,00                |
| -3,00          | 175,00                | -4,80          | 230,00                | -6,80          | 215,00                |
| -3,00          | 225,00                | -2,30          | 285,00                | -11,80         | 275,00                |
| -2,80          | 275,00                | -1,80          | 355,00                | -17,80         | 335,00                |
| -3,30          | 325,00                | 0,20           | 415,00                | -23,80         | 390,00                |
| -2,30          | 375,00                | 2,20           | 475,00                | -26,80         | 460,00                |
| -3,80          | 420,00                | 3,20           | 530,00                | -29,80         | 510,00                |
| -7,80          | 475,00                | 2,20           | 585,00                | -31,80         | 570,00                |
| -14,80         | 525,00                | -2,80          | 635,00                | -30,80         | 625,00                |
| -14,80         | 585,00                | -6,30          | 690,00                | -29,80         | 680,00                |
| -18,80         | 625,00                | -10,30         | 750,00                | -28,80         | 740,00                |
| -22,80         | 685,00                | -12,80         | 800,00                | -24,80         | 850,00                |
| -22,80         | 740,00                | -14,80         | 860,00                | -21,80         | 915,00                |
| -23,80         | 800,00                | -17,80         | 915,00                | -20,80         | 975,00                |
| -24,80         | 860,00                | -20,80         | 970,00                | -20,80         | 1025,00               |
| -23,80         | 920,00                | -13,80         | 1020,00               | -14,80         | 1070,00               |
| -28,80         | 975,00                | -24,80         | 1070,00               | -13,80         | 1125,00               |
| -23,30         | 1025,00               | -26,80         | 1120,00               | -12,80         | 1175,00               |
| -20,80         | 1085,00               | -26,80         | 1175,00               | -13,80         | 1230,00               |
| -20,30         | 1140,00               | -26,80         | 1225,00               | -12,80         | 1290,00               |
| -20,30         | 1195,00               | -24,80         | 1275,00               | -11,80         | 1340,00               |
| -18,80         | 1255,00               | -23,80         | 1330,00               | 7,70           | 1365,00               |
| -17,30         | 1315,00               | -22,80         | 1385,00               | 0,00           | 1390,00               |
| -17,30         | 1365,00               | -20,80         | 1435,00               |                |                       |
| -14,30         | 1420,00               | -20,80         | 1485,00               |                |                       |
| -15,80         | 1475,00               | -19,80         | 1545,00               |                |                       |
| -14,80         | 1530,00               | -15,80         | 1605,00               |                |                       |
| -12,80         | 1590,00               | -14,80         | 1665,00               |                |                       |
| -14,80         | 1650,00               | -12,80         | 1730,00               |                |                       |
| -9,80          | 1715,00               | -10,80         | 1790,00               |                |                       |
| -9,80          | 1775,00               | -11,80         | 1850,00               |                |                       |
| -10,30         | 1840,00               | -10,30         | 1915,00               |                |                       |
| -7,80          | 1905,00               | -8,80          | 1980,00               |                |                       |
| -5,30          | 1960,00               | -7,80          | 2050,00               |                |                       |
| -4,80          | 2025,00               | -5,80          | 2120,00               |                |                       |
| -6,30          | 2085,00               | -0,80          | 2185,00               |                |                       |
| -4,80          | 2135,00               | 1,20           | 2235,00               |                |                       |
| -3,80          | 2195,00               | 3,20           | 2275,00               |                |                       |
| -1,80          | 2255,00               | 0,00           | 2305,00               |                |                       |
| -0,80          | 2320,00               |                |                       |                |                       |
| 1,20           | 2380,00               |                |                       |                |                       |
| 1,20           | 2410,00               |                |                       |                |                       |
| 0,00           | 2435,00               |                |                       |                |                       |

Tabla B.21 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°28, 29,30

| N°28           |                       | N°29             |                       | N°30           |                       |
|----------------|-----------------------|------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Corrección =10 |                       | Corrección =10   |                       | Corrección =10 |                       |
| Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad (mt) | Distancia acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) |
|                |                       |                  |                       | 0,00           | 0,00                  |
|                |                       |                  |                       | 3,50           | 50,00                 |
| 0,00           | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  | 1,00           | 100,00                |
| 6,70           | 35,00                 | 6,80             | 30,00                 | 2,00           | 155,00                |
| 4,70           | 90,00                 | 2,50             | 70,00                 | 1,00           | 200,00                |
| -0,80          | 150,00                | 1,50             | 120,00                | 1,00           | 260,00                |
| -1,00          | 200,00                | 1,50             | 165,00                | 2,00           | 320,00                |
| -3,80          | 255,00                | 1,50             | 220,00                | 2,00           | 375,00                |
| -11,80         | 310,00                | 1,50             | 270,00                | 2,00           | 430,00                |
| -19,80         | 365,00                | 0,50             | 325,00                | 0,80           | 485,00                |
| -24,80         | 415,00                | -2,00            | 385,00                | -8,00          | 540,00                |
| -26,80         | 470,00                | -8,00            | 435,00                | -15,00         | 595,00                |
| -26,80         | 520,00                | -20,00           | 485,00                | -20,00         | 640,00                |
| -27,80         | 565,00                | -26,00           | 540,00                | -23,00         | 700,00                |
| -28,80         | 615,00                | -28,00           | 595,00                | -25,00         | 750,00                |
| -31,80         | 665,00                | -30,00           | 660,00                | -26,00         | 800,00                |
| -33,80         | 715,00                | -31,00           | 710,00                | -24,00         | 845,00                |
| -34,80         | 765,00                | -31,00           | 770,00                | -24,00         | 885,00                |
| -35,80         | 820,00                | -32,00           | 825,00                | -25,00         | 930,00                |
| -33,80         | 870,00                | -35,00           | 885,00                | -27,00         | 980,00                |
| -32,80         | 925,00                | -40,00           | 935,00                | -26,00         | 1025,00               |
| -32,30         | 980,00                | -42,00           | 985,00                | -27,00         | 1070,00               |
| -29,80         | 1030,00               | -35,00           | 1035,00               | -27,50         | 1120,00               |
| -20,80         | 1080,00               | -34,00           | 1070,00               | -28,00         | 1160,00               |
| -6,80          | 1140,00               | -35,00           | 1130,00               | -28,00         | 1160,00               |
| 1,20           | 1200,00               | -21,00           | 1155,00               | -31,00         | 1210,00               |
| 1,20           | 1255,00               |                  |                       | -27,00         | 1260,00               |
| 4,20           | 1300,00               |                  |                       | -16,00         | 1305,00               |
| 0,00           | 1330,00               |                  |                       | -16,00         | 1350,00               |
|                |                       |                  |                       | -15,00         | 1385,00               |
|                |                       |                  |                       | -17,00         | 1430,00               |
|                |                       |                  |                       | -18,00         | 1475,00               |
|                |                       |                  |                       | -19,00         | 1525,00               |
|                |                       |                  |                       | -18,00         | 1575,00               |
|                |                       |                  |                       | -12,00         | 1630,00               |
|                |                       |                  |                       | -1,50          | 1685,00               |
|                |                       |                  |                       | 0,50           | 1735,00               |
|                |                       |                  |                       | 2,00           | 1785,00               |
|                |                       |                  |                       | 0,00           | 1820,00               |

Tabla B.22 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya N°31, 32,33

| N°31           |                       | N°32           |                       | N°33           |                       |
|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       | Corrección =10 |                       |
| Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) | Profundidad    | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  | 0,00           | 0,00                  |
| 3,00           | 35,00                 | 0,50           | 105,00                | 1,40           | 750,00                |
| 0,00           | 70,00                 | 1,50           | 170,00                | 2,00           | 825,00                |
| 0,50           | 115,00                | 2,00           | 220,00                | 2,50           | 875,00                |
| 1,00           | 160,00                | 2,00           | 280,00                | 2,50           | 935,00                |
| 1,00           | 210,00                | 3,00           | 335,00                | 2,60           | 1000,00               |
| 1,50           | 250,00                | 3,50           | 385,00                | 2,60           | 1065,00               |
| 2,00           | 295,00                | 4,50           | 430,00                | 3,50           | 1125,00               |
| 2,40           | 300,00                | 4,50           | 485,00                | 3,50           | 1175,00               |
| 2,50           | 350,00                | 5,00           | 540,00                | 3,60           | 1215,00               |
| 2,80           | 400,00                | 5,50           | 585,00                | 4,00           | 1265,00               |
| 3,00           | 440,00                | 5,50           | 640,00                | 4,50           | 1325,00               |
| 3,50           | 490,00                | 5,50           | 700,00                | 4,50           | 1350,00               |
| 3,50           | 520,00                | 5,00           | 755,00                | 4,50           | 1400,00               |
| 3,00           | 570,00                | 4,00           | 805,00                | 4,50           | 1425,00               |
| -2,00          | 635,00                | 2,50           | 865,00                | 4,00           | 1475,00               |
| 0,00           | 685,00                | 0,00           | 920,00                | 3,00           | 1525,00               |
| -2,00          | 740,00                | -2,50          | 975,00                | 2,00           | 1575,00               |
| -5,00          | 790,00                | -5,00          | 1030,00               | 0,50           | 1625,00               |
| -13,00         | 830,00                | -6,50          | 1090,00               | -1,00          | 1670,00               |
| -17,00         | 885,00                | -18,00         | 1140,00               | -2,50          | 1725,00               |
| -18,00         | 935,00                | -12,00         | 1190,00               | -3,50          | 1765,00               |
| -19,00         | 990,00                | -18,00         | 1245,00               | -5,00          | 1800,00               |
| -20,50         | 1045,00               | -15,00         | 1295,00               | -6,00          | 1860,00               |
| -21,00         | 1085,00               | -16,50         | 1350,00               | -7,00          | 1915,00               |
| -21,50         | 1140,00               | -17,00         | 1395,00               | -9,00          | 1975,00               |
| -21,00         | 1190,00               | -19,50         | 1450,00               | -10,00         | 2015,00               |
| -21,00         | 1245,00               | -19,50         | 1495,00               | -12,50         | 2065,00               |
| -21,00         | 1300,00               | -19,00         | 1540,00               | -14,50         | 2100,00               |
| -20,00         | 1345,00               | -18,00         | 1585,00               | -16,00         | 2150,00               |
| -22,00         | 1400,00               | -18,50         | 1635,00               | -18,20         | 2200,00               |
| -23,00         | 1450,00               | -18,50         | 1685,00               | -18,20         | 2250,00               |
| -26,00         | 1500,00               | -20,00         | 1740,00               | -18,50         | 2285,00               |
| -25,00         | 1570,00               | -21,00         | 1795,00               | -19,00         | 2355,00               |
| -22,00         | 1630,00               | -22,00         | 1850,00               | -22,00         | 2400,00               |
| -22,00         | 1690,00               | -20,00         | 1905,00               | -21,00         | 2450,00               |
| -21,00         | 1740,00               | -19,00         | 1960,00               | -18,50         | 2525,00               |
| -21,00         | 1805,00               | -21,00         | 2015,00               | -18,00         | 2555,00               |
| -16,00         | 1865,00               | -21,00         | 2070,00               | -18,00         | 2600,00               |
| -10,00         | 1925,00               | -15,00         | 2125,00               | -19,00         | 2660,00               |
| -5,00          | 1990,00               | -13,00         | 2180,00               | -21,00         | 2710,00               |
| -2,50          | 2050,00               | -11,50         | 2230,00               | -21,00         | 2760,00               |
| 0,00           | 2115,00               | -6,50          | 2285,00               | -22,50         | 2825,00               |
| 1,50           | 2150,00               | -5,00          | 2340,00               | -27,00         | 2870,00               |
| 3,00           | 2185,00               | -2,00          | 2385,00               | -15,00         | 2925,00               |
| 0,00           | 2220,00               | 0,00           | 2435,00               | -11,00         | 2980,00               |
|                |                       | 1,00           | 2475,00               | -4,00          | 3030,00               |
|                |                       | 0,00           | 2525,00               | -2,20          | 3075,00               |
|                |                       |                |                       | 0,70           | 3120,00               |
|                |                       |                |                       | 0,00           | 3205,00               |

Tabla B.23 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya en la Isla Múcura  
N°5.1, 6.1, 7.1

| N°5,1            |                       | N°6,1            |                       | N°7,1            |                       |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Corrección =9,90 |                       | Corrección =9,85 |                       | Corrección =9,85 |                       |
| Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) |
|                  |                       | 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  |
|                  |                       | -1,10            | 65,00                 | 1,40             | 25,00                 |
| 0,00             | 0,00                  | -1,10            | 105,00                | 1,00             | 50,00                 |
| -3,50            | 30,00                 | -0,30            | 150,00                | 0,90             | 80,00                 |
| -5,10            | 95,00                 | -2,40            | 190,00                | -0,20            | 105,00                |
| -5,30            | 100,00                | -2,20            | 235,00                | -0,10            | 140,00                |
| -5,40            | 150,00                | -2,70            | 280,00                | 0,50             | 175,00                |
| -4,70            | 185,00                | -2,80            | 325,00                | -0,90            | 215,00                |
| -5,50            | 220,00                | -4,90            | 365,00                | 0,10             | 255,00                |
| -6,00            | 260,00                | -3,60            | 410,00                | -0,60            | 290,00                |
| -5,80            | 285,00                | -4,20            | 450,00                | -1,10            | 325,00                |
| -7,00            | 315,00                | -4,80            | 500,00                | -2,60            | 360,00                |
| -8,30            | 355,00                | -6,60            | 540,00                | -3,10            | 400,00                |
|                  |                       | -7,10            | 585,00                | -3,70            | 440,00                |
| -13,00           | 440,00                | -5,20            | 625,00                | -5,70            | 475,00                |
| -14,30           | 485,00                | -4,90            | 675,00                | -5,40            | 515,00                |
| -16,70           | 530,00                | -5,30            | 715,00                | -5,50            | 550,00                |
| -15,60           | 575,00                | -6,20            | 760,00                | -4,70            | 580,00                |
| -16,40           | 625,00                | -7,60            | 805,00                | -4,80            | 615,00                |
| -19,60           | 675,00                | -9,00            | 850,00                | -6,50            | 655,00                |
|                  |                       | -10,70           | 895,00                | -4,70            | 700,00                |
| -15,90           | 720,00                | -13,80           | 940,00                | -6,20            | 735,00                |
| -19,50           | 770,00                | -12,80           | 985,00                | -6,70            | 750,00                |
|                  |                       | -13,50           | 1030,00               | -7,10            | 810,00                |
| -15,80           | 820,00                | -16,50           | 1075,00               | -7,10            | 850,00                |
| -19,30           | 865,00                | -14,00           | 1120,00               | -6,50            | 890,00                |
| -19,90           | 910,00                | -15,40           | 1165,00               | -7,10            | 930,00                |
| -19,50           | 970,00                | -15,30           | 1210,00               | -9,10            | 965,00                |
|                  |                       | -17,40           | 1250,00               | -10,60           | 1005,00               |
| -15,80           | 1015,00               | -17,30           | 1295,00               | -11,90           | 1045,00               |
| -19,30           | 1065,00               | -17,70           | 1340,00               | -11,50           | 1080,00               |
| -19,90           | 1105,00               | -17,60           | 1400,00               | -12,20           | 1120,00               |
|                  |                       | -6,80            | 1415,00               | -15,10           | 1160,00               |
| 0,00             | 1250,00               | 0,00             | 1445,00               | -14,50           | 1195,00               |
|                  |                       |                  |                       | -17,50           | 1235,00               |
|                  |                       |                  |                       | -14,70           | 1275,00               |
|                  |                       |                  |                       | -15,50           | 1315,00               |
|                  |                       |                  |                       | -16,10           | 1350,00               |
|                  |                       |                  |                       | -17,10           | 1390,00               |
|                  |                       |                  |                       | -18,10           | 1425,00               |
|                  |                       |                  |                       | 0,00             | 1520,00               |

Tabla B.24 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya en la Isla Múcura  
N°8.1, 9.1, 10.1

| N°8,1            |                       | N°9,1            |                       | N°10,1           |                       |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Corrección =9,85 |                       | Corrección =9,85 |                       | Corrección =9,85 |                       |
| Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) | Profundidad      | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  | 0,00             | 0,00                  |
| 0,20             | 80,00                 | 1,90             | 25,00                 | -1,40            | 70,00                 |
| 0,40             | 120,00                | 1,10             | 60,00                 | -1,70            | 105,00                |
| -0,40            | 165,00                | 1,20             | 95,00                 | -3,10            | 145,00                |
| -1,10            | 200,00                | 1,20             | 135,00                | -4,20            | 185,00                |
| -1,20            | 245,00                | -1,20            | 175,00                | -3,70            | 225,00                |
| -1,00            | 285,00                | -0,70            | 215,00                | -2,20            | 260,00                |
| -1,80            | 325,00                | -1,50            | 255,00                | -2,00            | 300,00                |
| -3,30            | 365,00                | -1,30            | 295,00                | -1,90            | 335,00                |
| -3,10            | 405,00                | -2,10            | 335,00                | -2,20            | 375,00                |
| -4,20            | 445,00                | -3,10            | 375,00                | -2,70            | 415,00                |
| -6,50            | 490,00                | -3,00            | 415,00                | -3,30            | 455,00                |
| -7,40            | 525,00                | -4,80            | 455,00                | -2,80            | 490,00                |
| -7,10            | 565,00                | -3,40            | 500,00                | -2,90            | 530,00                |
| -6,40            | 600,00                | -4,20            | 540,00                | -2,10            | 575,00                |
| -7,60            | 645,00                | -4,00            | 580,00                | -2,70            | 610,00                |
| -6,90            | 685,00                | -5,70            | 625,00                | -2,30            | 650,00                |
| -4,50            | 725,00                | -4,50            | 660,00                | -2,40            | 695,00                |
| -6,00            | 770,00                | -6,00            | 700,00                | -2,90            | 735,00                |
| -6,40            | 820,00                | -6,60            | 730,00                | -3,10            | 775,00                |
| -4,80            | 865,00                | -6,00            | 750,00                | -3,20            | 815,00                |
| -5,50            | 900,00                | -4,20            | 785,00                | -2,50            | 855,00                |
| -5,20            | 940,00                | -4,10            | 825,00                | -2,20            | 895,00                |
| -7,20            | 980,00                | -3,90            | 865,00                | -2,20            | 935,00                |
| -10,30           | 1025,00               | -4,00            | 910,00                | -2,00            | 975,00                |
| -13,20           | 1060,00               | -2,60            | 945,00                | -2,00            | 1020,00               |
| -12,20           | 1110,00               | -2,90            | 980,00                | -2,40            | 1060,00               |
| -13,40           | 1150,00               | -2,80            | 1015,00               | -3,60            | 1105,00               |
| -14,70           | 1190,00               | -5,00            | 1060,00               | -3,50            | 1145,00               |
| -16,90           | 1235,00               | -7,10            | 1100,00               | -3,90            | 1185,00               |
| -15,90           | 1275,00               | -8,50            | 1140,00               | -6,50            | 1225,00               |
| -16,60           | 1320,00               | -10,60           | 1175,00               | -9,30            | 1265,00               |
| -15,60           | 1355,00               | -13,40           | 1215,00               | -10,90           | 1310,00               |
| -1,40            | 1400,00               | -15,90           | 1255,00               | -13,30           | 1350,00               |
| -0,20            | 1440,00               | -19,90           | 1295,00               | -14,70           | 1390,00               |
| 0,30             | 1480,00               | -17,70           | 1340,00               | -13,20           | 1425,00               |
| 0,80             | 1520,00               | -12,30           | 1375,00               | -13,90           | 1495,00               |
| 1,00             | 1540,00               | -0,40            | 1415,00               | -10,30           | 1515,00               |
| 0,00             | 1555,00               | 0,00             | 1450,00               | -11,20           | 1555,00               |
|                  |                       |                  |                       | -8,20            | 1600,00               |
|                  |                       |                  |                       | -0,80            | 1645,00               |
|                  |                       |                  |                       | 0,00             | 1690,00               |
|                  |                       |                  |                       | 0,30             | 1730,00               |
|                  |                       |                  |                       | 0,80             | 1760,00               |
|                  |                       |                  |                       | 0,00             | 1775,00               |

Tabla B.25 Datos de las secciones transversales del sector Aramaya en la Isla Múcura  
N°11.1

| N°11.1           |                       |
|------------------|-----------------------|
| Corrección =9,85 |                       |
| Profundidad      | Distancia Acum. (mts) |
| 0,00             | 0,00                  |
| -0,40            | 30,00                 |
| -1,80            | 65,00                 |
| -0,90            | 105,00                |
| -1,80            | 145,00                |
| -1,20            | 185,00                |
| -1,80            | 225,00                |
| -2,20            | 265,00                |
| -1,40            | 305,00                |
| -1,90            | 340,00                |
| -2,70            | 380,00                |
| -1,80            | 420,00                |
| -0,80            | 455,00                |
| -0,60            | 500,00                |
| -0,90            | 540,00                |
| -1,10            | 575,00                |
| -1,60            | 620,00                |
| -0,80            | 660,00                |
| -0,30            | 685,00                |
| -0,20            | 730,00                |
| 0,00             | 770,00                |
| -0,90            | 810,00                |
| -0,10            | 855,00                |
| -0,20            | 895,00                |
| -1,10            | 935,00                |
| -3,30            | 980,00                |
| -1,60            | 1025,00               |
| -3,00            | 1065,00               |
| -1,80            | 1125,00               |
| -2,00            | 1170,00               |
| -2,00            | 1205,00               |
| -1,10            | 1250,00               |
| -2,30            | 1290,00               |
| -2,20            | 1335,00               |
| -1,00            | 1375,00               |
| -1,00            | 1415,00               |
| -0,80            | 1460,00               |
| -2,80            | 1500,00               |
| -3,10            | 1540,00               |
| -5,50            | 1580,00               |
| -9,00            | 1620,00               |
| -10,10           | 1655,00               |
| -11,10           | 1700,00               |
| -12,00           | 1740,00               |
| -12,30           | 1775,00               |
| -10,80           | 1810,00               |
| -11,60           | 1850,00               |
| -9,30            | 1890,00               |
| -3,60            | 1930,00               |
| -1,60            | 1970,00               |
| -0,20            | 2005,00               |
| 0,60             | 2045,00               |
| 0,00             | 2115,00               |



Tabla B.26 Coordenadas de las secciones transversales del sector Aramaya utilizadas para georeferenciar el tramo en estudio utilizadas en el programa de Hec-Ras

| N° De Plano | Fecha de elaboración | Coordenadas de Aramaya<br>(Hec-Ras) |        | N° de Sección |
|-------------|----------------------|-------------------------------------|--------|---------------|
|             |                      | Norte                               | Este   |               |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 932950                              | 542530 | 33            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 933210                              | 542980 | 32            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 933450                              | 543470 | 31            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 933825                              | 543780 | 30            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 934205                              | 544060 | 29            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 934515                              | 544425 | 28            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 934840                              | 544825 | 27            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 935310                              | 545120 | 26            |
| 00DB4985    | 23/10/1998           | 935435                              | 545620 | 25            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 935600                              | 546130 | 24            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 935790                              | 546465 | 23            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 936060                              | 546910 | 22            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 936280                              | 547370 | 21            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 936550                              | 547790 | 20            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 936780                              | 548235 | 19            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 936875                              | 548750 | 18            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 937315                              | 549070 | 17            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 937645                              | 549460 | 16            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 937905                              | 549895 | 15            |
| 00DB4983    | 19/11/1998           | 938290                              | 550685 | 14            |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 938595                              | 550685 | 13            |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 938935                              | 551030 | 12            |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 940340                              | 550750 | 11            |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 940640                              | 551130 | 10            |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 940935                              | 551540 | 9             |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 941140                              | 551980 | 8             |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 941450                              | 552380 | 7             |
| 00DB4876    | 30/08/1998           | 941475                              | 552960 | 6             |
| 00DB4874    | 29/08/1998           | 940930                              | 554330 | 5             |
| 00DB4874    | 29/08/1998           | 941210                              | 554780 | 4             |
| 00DB4874    | 29/08/1998           | 941400                              | 555770 | 3             |
| 00DB4874    | 29/08/1998           | 941540                              | 555770 | 2             |
| 00DB4874    | 29/08/1998           | 941510                              | 556270 | 1             |

Tabla B.27 Coordenadas de las secciones transversales de la isla Mucura utilizada para georeferenciar el tramo en estudio utilizadas en el programa de Hec-Ras

| N° De Plano | Fecha de elaboración | Coordenadas de La Isla Mucura (Hec-Ras) |        | N° de Sección |
|-------------|----------------------|---|--------|---------------|
|             |                      | Norte                                   | Este   |               |
| 00DB4875    | 30/08/1998           | 937685                                  | 551935 | 11.1          |
| 00DB4875    | 30/08/1998           | 937870                                  | 551935 | 10.1          |
| 00DB4875    | 30/08/1998           | 938295                                  | 552725 | 9.1           |
| 00DB4875    | 30/08/1998           | 938560                                  | 553150 | 8.1           |
| 00DB4875    | 30/08/1998           | 938955                                  | 553485 | 7.1           |
| 00DB4875    | 30/08/1998           | 939325                                  | 553845 | 6.1           |
| 00DB4875    | 30/08/1998           | 939695                                  | 554155 | 5.1           |

Tabla B.28 Distancia entre las secciones del margen izquierdo, a lo largo del centro del canal, margen derecho del sector Aramaya

| Sector Aramaya |  |   |                                      |
|----------------|--|---|--------------------------------------|
| Sección        | Distancia del margen izquierdo(LOB mt) | Distancia a lo largo del centro(Channel mt) | Distancia del margen derecho(ROB mt) |
| 1              | 0                                      | 0   | 0                                    |
| 2              | 520                                    | 495   | 465                                  |
| 3              | 510                                    | 510   | 510                                  |
| 4              | 505                                    | 505   | 505                                  |
| 5              | 475                                    | 485   | 480                                  |
| 6              | 1435                                   | 1300  | 600                                  |
| 7              | 485                                    | 495   | 490                                  |
| 8              | 495                                    | 500   | 515                                  |
| 9              | 515                                    | 485   | 465                                  |
| 10             | 490                                    | 500   | 505                                  |
| 11             | 470                                    | 485   | 495                                  |
| 12             | 490                                    | 495   | 490                                  |
| 13             | 580                                    | 560   | 505                                  |
| 14             | 510                                    | 505   | 525                                  |
| 15             | 485                                    | 410   | 500                                  |
| 16             | 505                                    | 495   | 500                                  |
| 17             | 495                                    | 485   | 500                                  |
| 18             | 515                                    | 500   | 490                                  |
| 19             | 470                                    | 485   | 500                                  |
| 20             | 510                                    | 505   | 465                                  |
| 21             | 490                                    | 490   | 520                                  |
| 22             | 520                                    | 505   | 490                                  |
| 23             | 485                                    | 510   | 505                                  |
| 24             | 400                                    | 365   | 365                                  |
| 25             | 525                                    | 415   | 505                                  |
| 26             | 490                                    | 485   | 485                                  |
| 27             | 515                                    | 505   | 500                                  |
| 28             | 495                                    | 515   | 520                                  |
| 29             | 515                                    | 485   | 465                                  |
| 30             | 585                                    | 450   | 345                                  |
| 31             | 510                                    | 490   | 490                                  |
| 32             | 505                                    | 500   | 500                                  |
| 33             | 520                                    | 510   | 490                                  |

Tabla B.29 Distancia entre las secciones del margen izquierdo, a lo largo del centro del canal, margen derecho del sector Aramaya en la isla Mucura

| Isla Mucura |  |   |                                      |
|-------------|--|---|--------------------------------------|
| Sección     | Distancia del margen izquierdo(LOB mt) | Distancia a lo largo del centro(Channel mt) | Distancia del margen derecho(ROB mt) |
| 11,1        | 490                                    | 495   | 490                                  |
| 10,1        | 505                                    | 505   | 505                                  |
| 8,1         | 495                                    | 500   | 505                                  |
| 7,1         | 515                                    | 505   | 490                                  |
| 6,1         | 485                                    | 460   | 435                                  |
| 5,1         | 585                                    | 475   | 370                                  |

Tabla B.30 Datos de movimientos incipiente de sedimentos en el sector de estudio

| Sector Aramaya                                      |           | Unidades            |
|---|-----------|---------------------|
| Peso Especifico del Agua ( $\gamma_{\text{agua}}$ ) | 1000      | kg-f/m <sup>3</sup> |
| Densidad Del Agua ( $\rho_{\text{agua}}$ )          | 102.041   | kg-f/m <sup>3</sup> |
| Profundidad Promedio (D)                            | 12.18     | M                   |
| Pendiente longitudinal del lecho (S)                | 0.0001159 |                     |
| Diámetro medio de las partículas (d)                | 0.3       | Mm                  |
| Diámetro 90 de las partículas ( $d_{90}$ )          | 0.9       | Mm                  |
| Viscosidad Cinemática del Agua (V)                  | 8.06E-06  | m <sup>2</sup> /s   |
| Velocidad medio del Flujo                           | 1         | m/s                 |
| Coeficiente de rugosidad de Manning                 | 0.039     |                     |

Tabla B.31 Datos de Movimiento de sedimentos de Shields

| Modelo de Shields              |      |  |
|--------------------------------|------|--|
| Esfuerzo Cortante              | $S$  | $\tau = Y_{agua} * D^*$<br>0.1218            |
| Velocidad de Corte             | $/2$ | $U_* = (\tau / \rho_{agua})^{1/2}$<br>0.0345 |
| N de reynolds límite           |      | $Re_* = (U_* * d) / \nu$<br>12.93            |
| Esfuerzo Cortante adimensional |      | $\tau / (Y_{agua} d)$<br>3.654               |

Tabla B.32 Datos de Movimiento de sedimentos de Van Rijn

| Modelo de Van Rijn                             |   |              |
|--|---|--------------|
| Parámetro Crítico de Shields ( $\theta_{cr}$ ) | $\theta_{cr} = \tau_{b,cr} / [(\rho_s - \rho)gd]$ | 50           |
| Tiempo Crítico promedio ( $\tau_{b,cr}$ )      | $\tau_{b,cr} = \rho \cdot h \cdot I$              | $1,4 * 10^4$ |

**APÉNDICE C**  
**SECCIONES TRANSVERSALES**

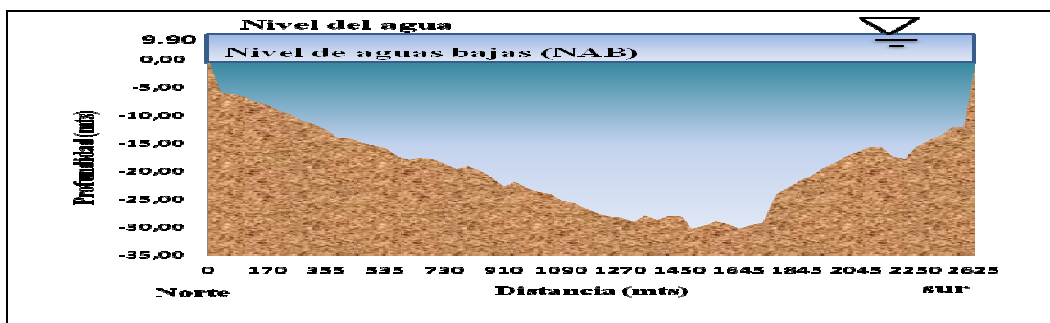


Figura C.1 Sección Transversal N° 1, ubicada en la milla 166.3 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998

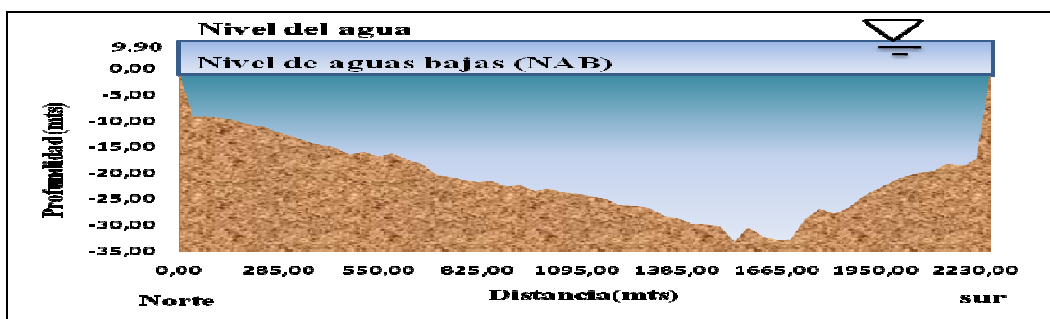


Figura B.C.2 Sección Transversal N° 2 ubicada en la milla 166.3 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998

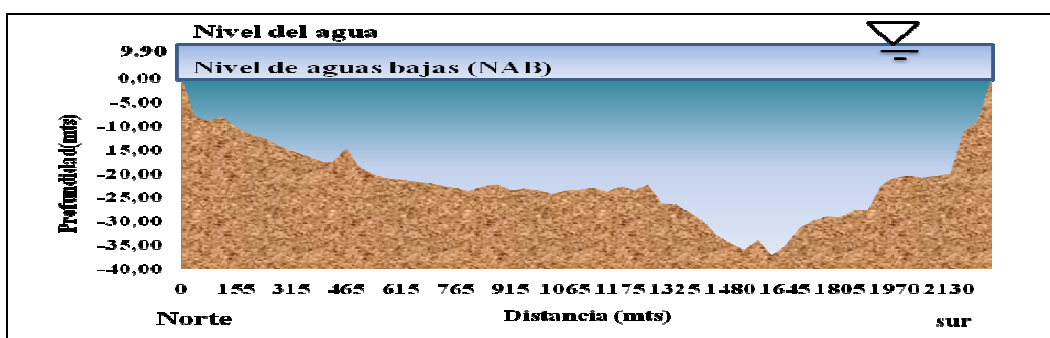


Figura B.C.3 Sección Transversal N° 3, ubicada en la milla 166.3 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998

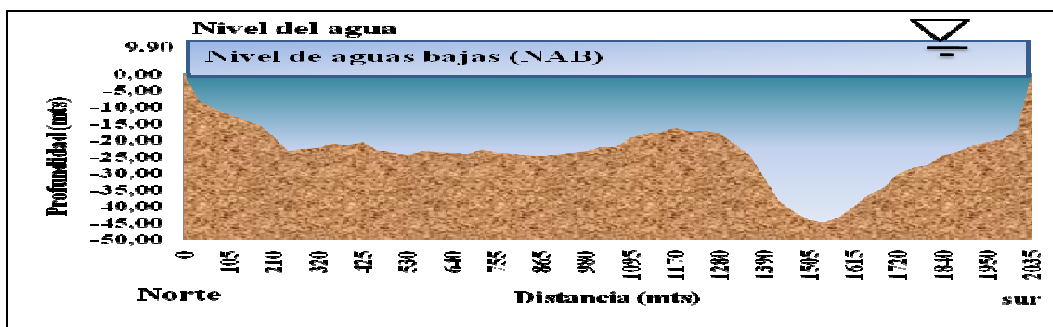


Figura B.C.4 Sección Transversal N° 4, ubicada en la milla 167.3 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998

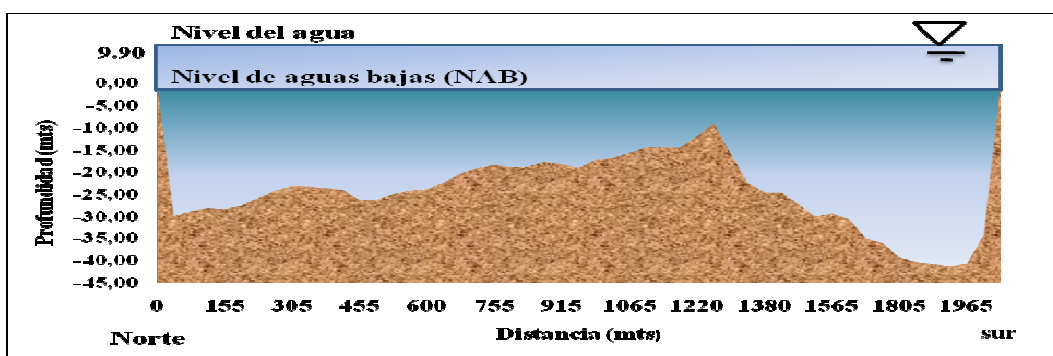


Figura B.C.5 Sección Transversal N° 5, ubicada en la milla 167.3 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998

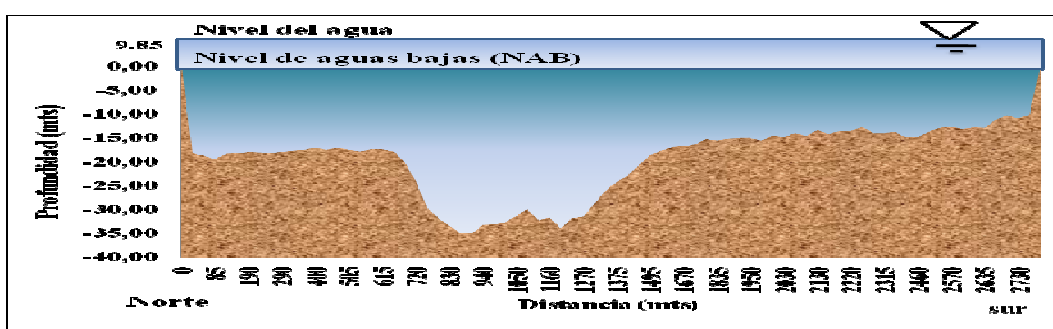


Figura C.6 Sección Transversal N° 6, ubicada en la milla 167.8 en el sector Aramaya plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/10/1998

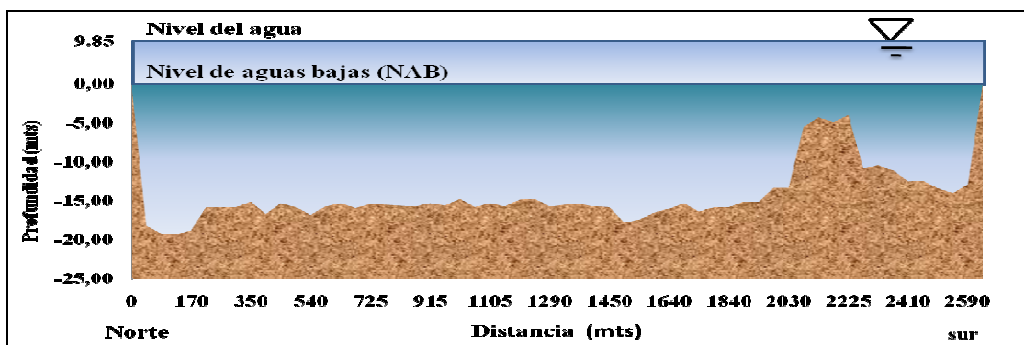


Figura C.7 Sección Transversal N° 7, ubicada en la milla 168.3 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4876 correspondientes a la fecha 30/08/1998

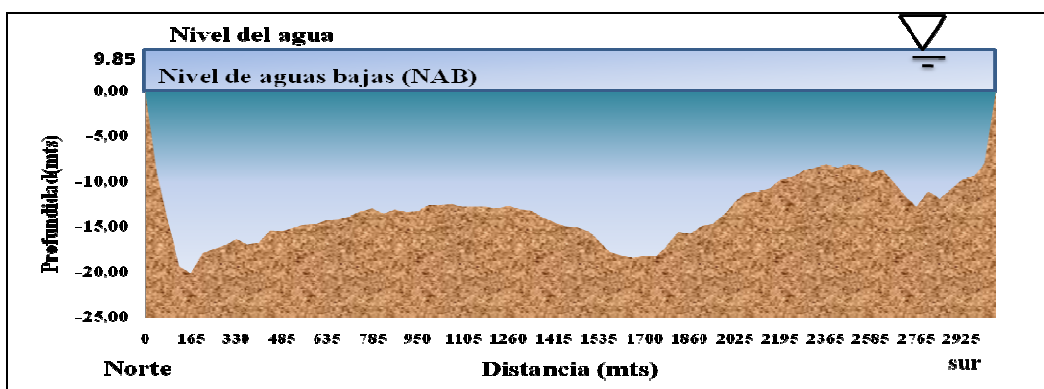


Figura B.C.8 Sección Transversal N° 8, ubicada en la milla 168.6 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

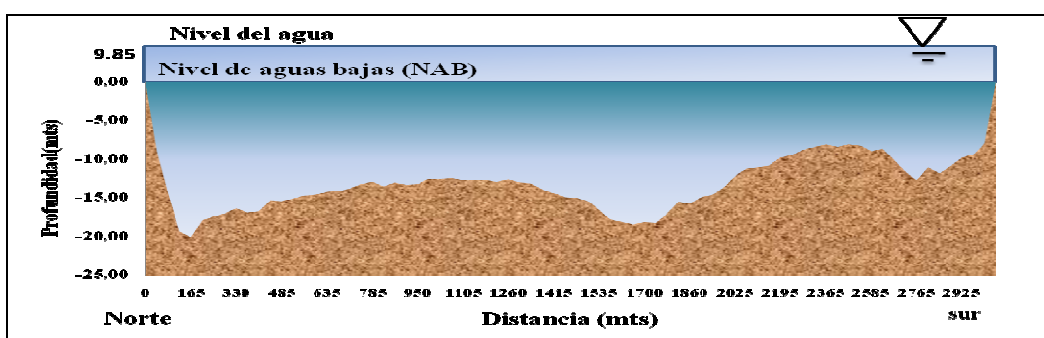


Figura C.9 Sección Transversal N° 9, ubicada en la milla 169.5 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998



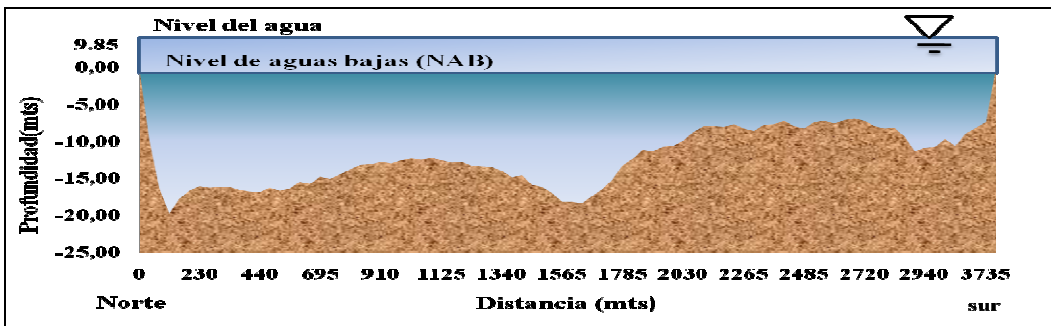


Figura C.10 Sección Transversal N°10, ubicada en la milla 169.5 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

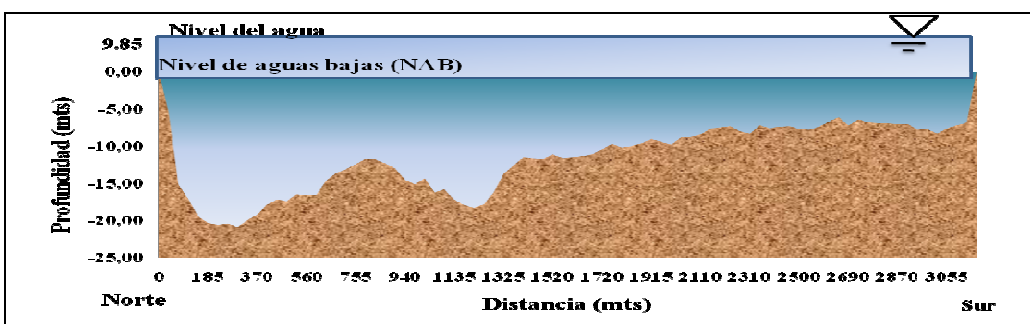


Figura C.11 Sección Transversal N° 11, ubicada en la milla 169.9 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

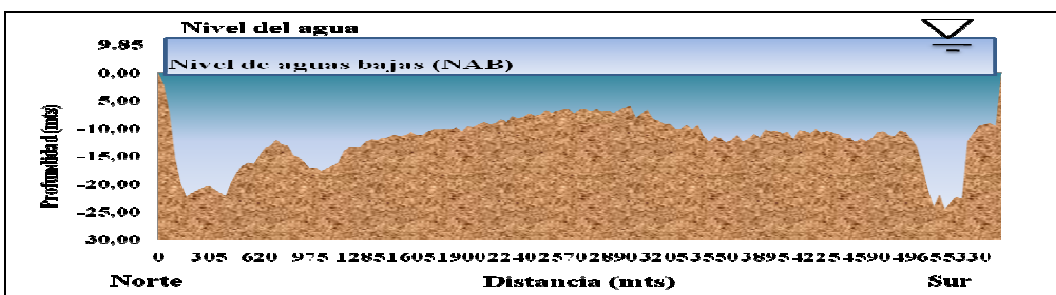


Figura C.13 Sección Transversal N° 12, ubicada en la milla 169.9 en el sector Aramaya en el plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

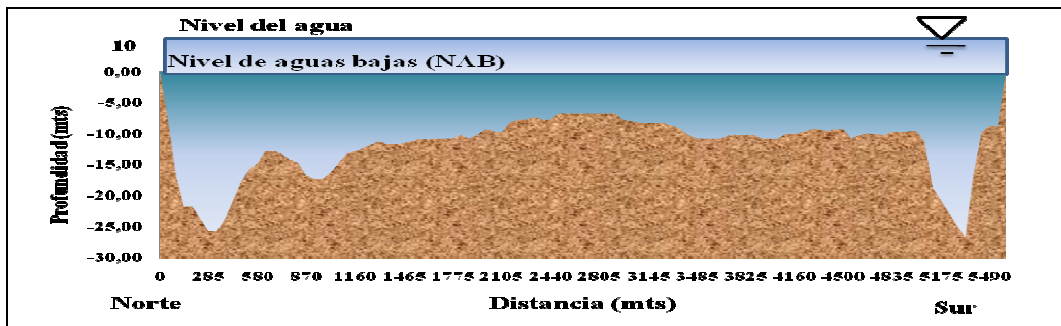


Figura C.14 Sección Transversal N° 13, ubicada en la milla 169.5 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1999

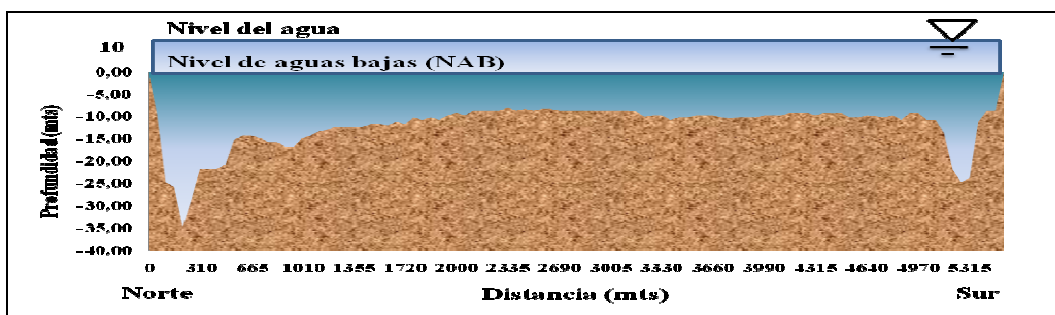


Figura C.15 Sección Transversal N° 14, ubicada en la milla 170.6.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998

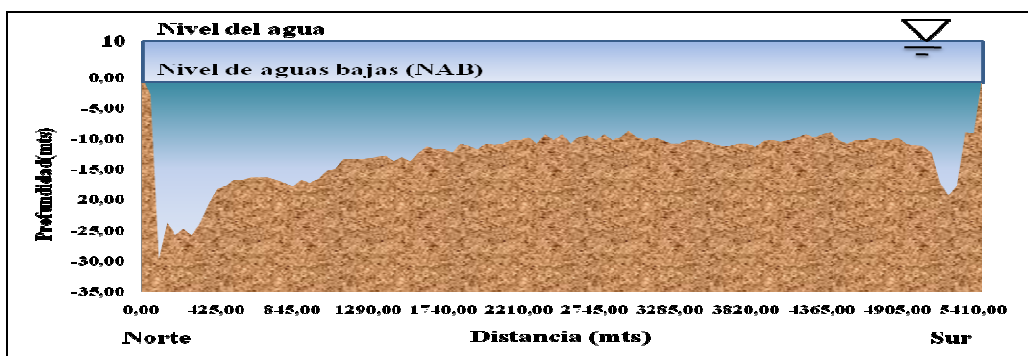


Figura C.16 Sección Transversal N° 15, ubicada en la milla 170.6.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998

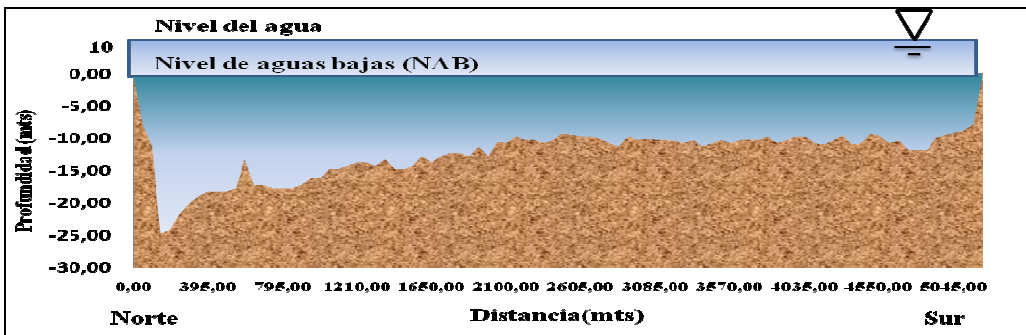


Figura C.17 Sección Transversal N° 16, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998

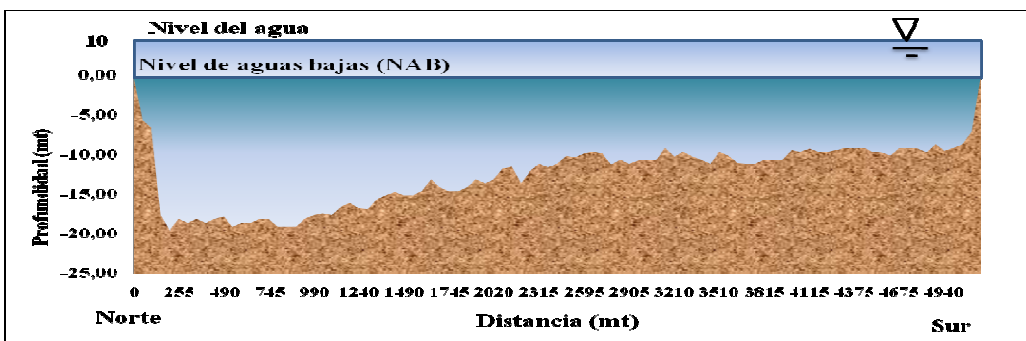


Figura C.18 Sección Transversal N° 17, ubicada en la milla 170.6.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998

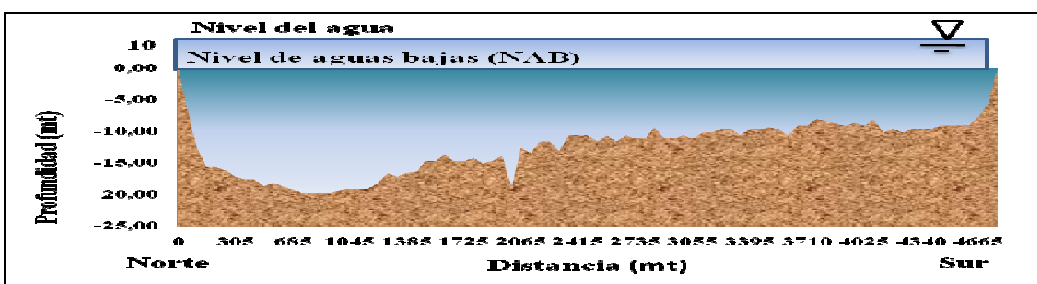


Figura C.19 Sección Transversal N° 18, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998

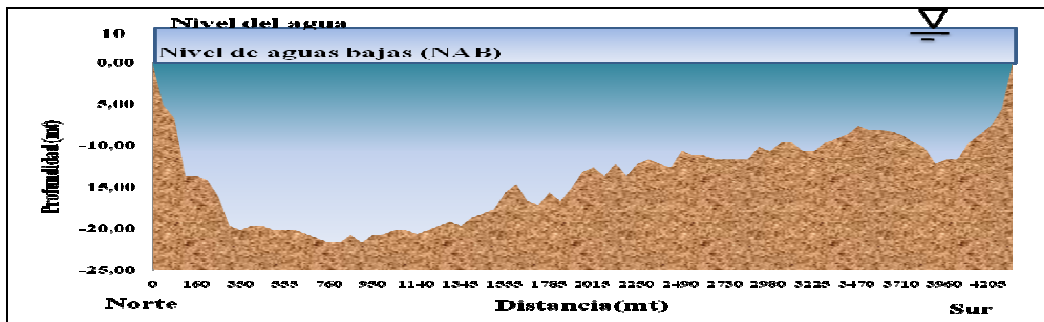


Figura C.15 Sección Transversal N° 19, ubicada en la milla 171.7 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983.correspondientes a la fecha 23/10/1998

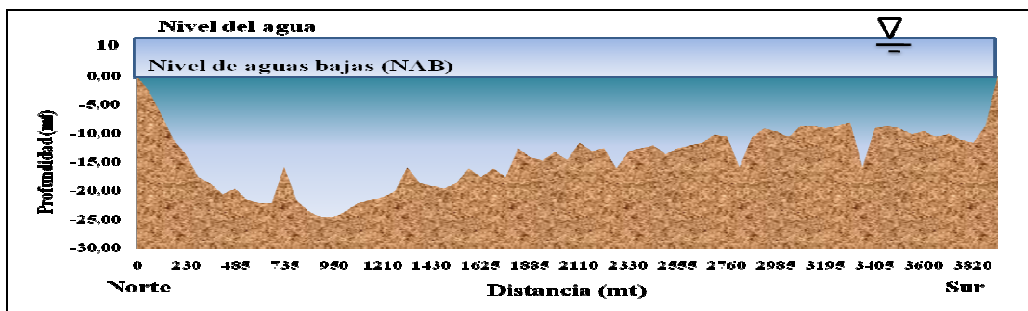


Figura C.16 Sección Transversal N° 20, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983.correspondientes a la fecha 19/09/1998

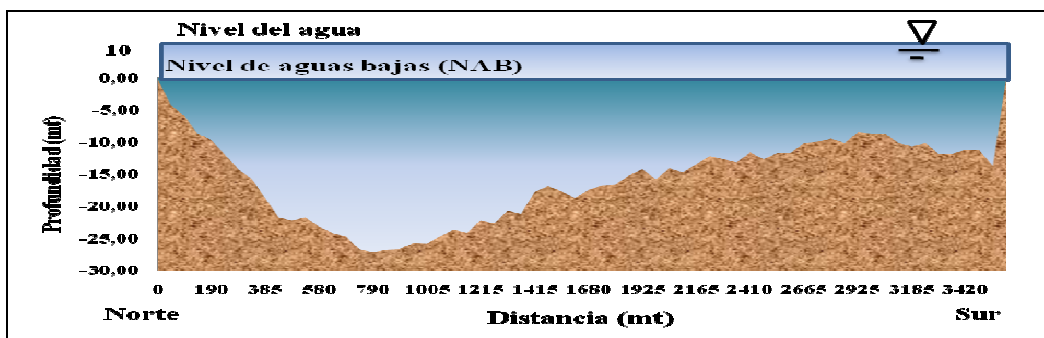


Figura C.17 Sección Transversal N° 21, ubicada en la milla 171.7 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998

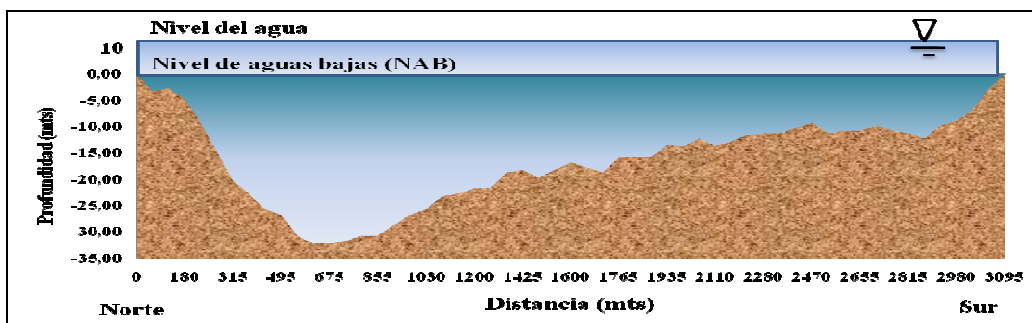


Figura C.18 Sección Transversal N° 22, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 19/09/1998

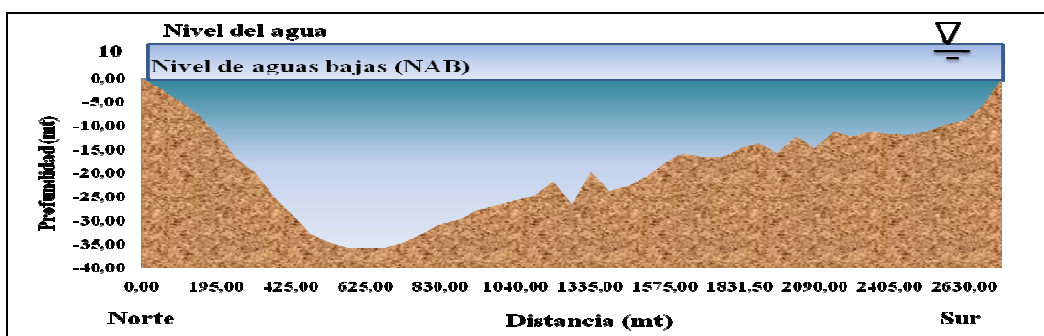


Figura C.19 Sección Transversal N° 23, ubicada en el la milla 172.7 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4983 correspondientes a la fecha 23/10/1998

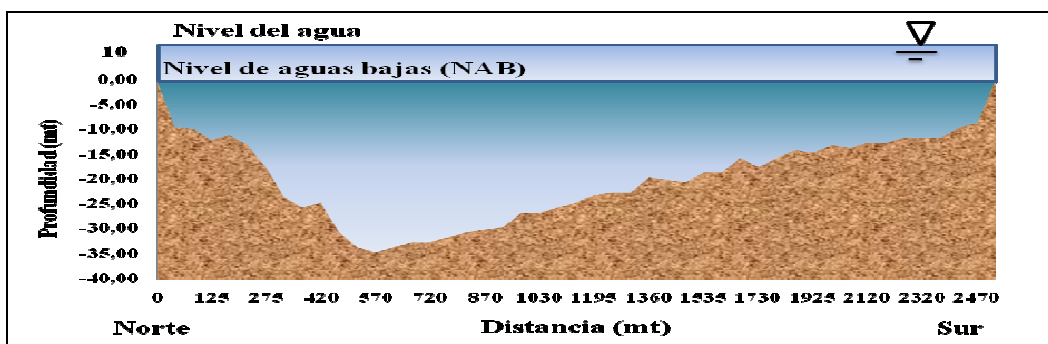


Figura C.20 Sección Transversal N° 24 ubicada en la milla 172.7 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

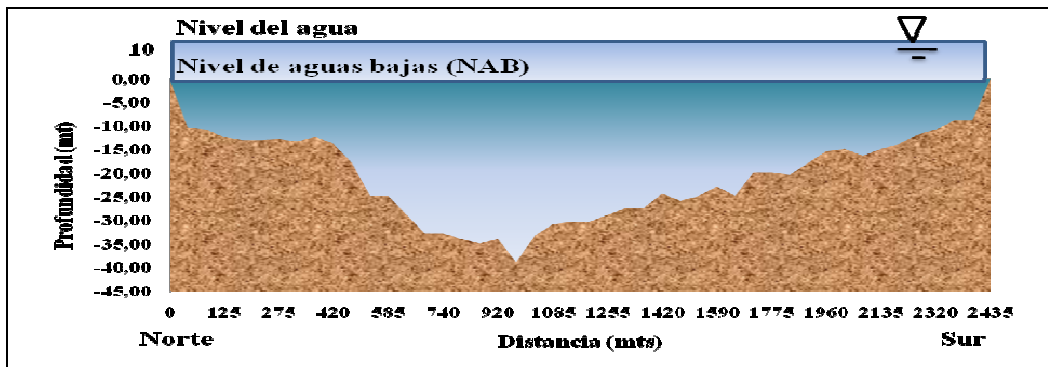


Figura C.21 Sección Transversal N° 25, ubicada en la milla 172.7 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

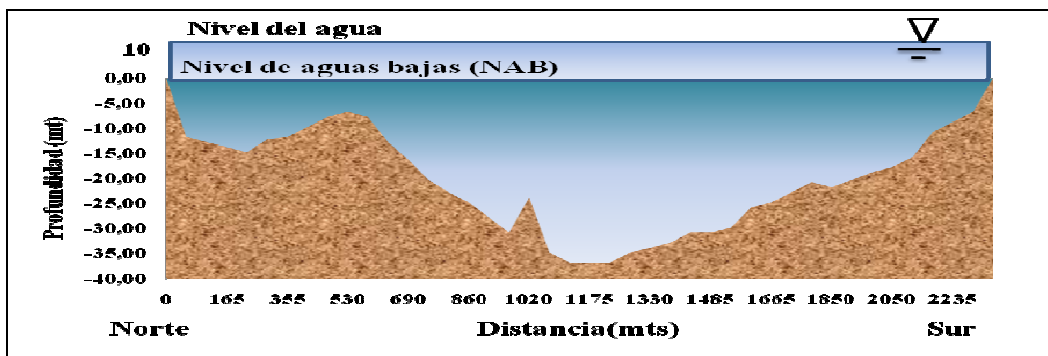


Figura C.22 Sección Transversal N° 26, ubicada en la milla 173.8 el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

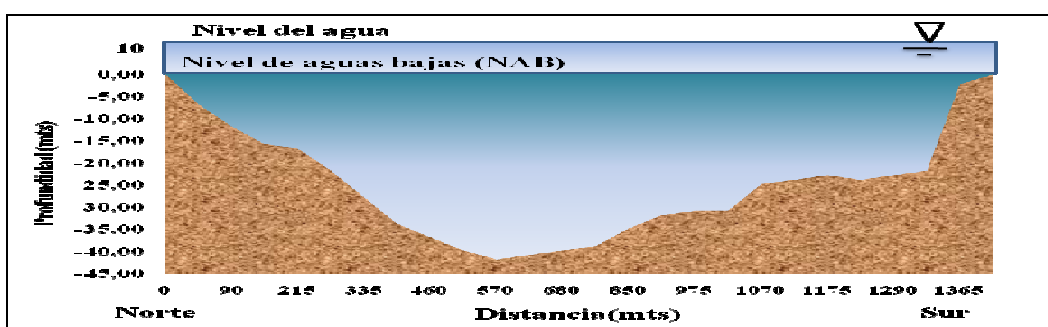


Figura C.23 Sección Transversal N° 27, ubicada en la milla 173.8 el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998.



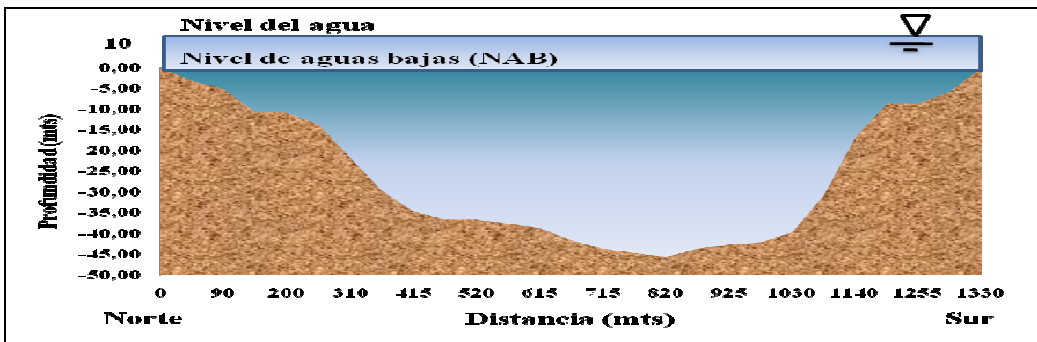


Figura C.24 Sección Transversal N° 28, ubicada en la milla 173.8 el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

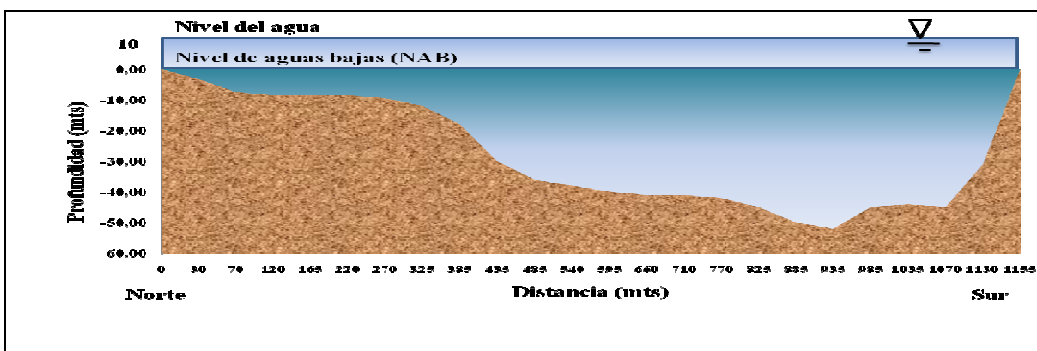


Figura C.25 Sección Transversal N° 29, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

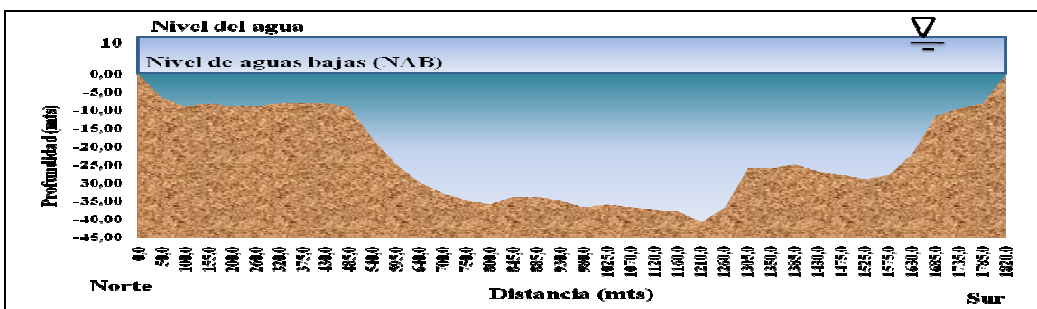


Figura C.26 Sección Transversal N° 30, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

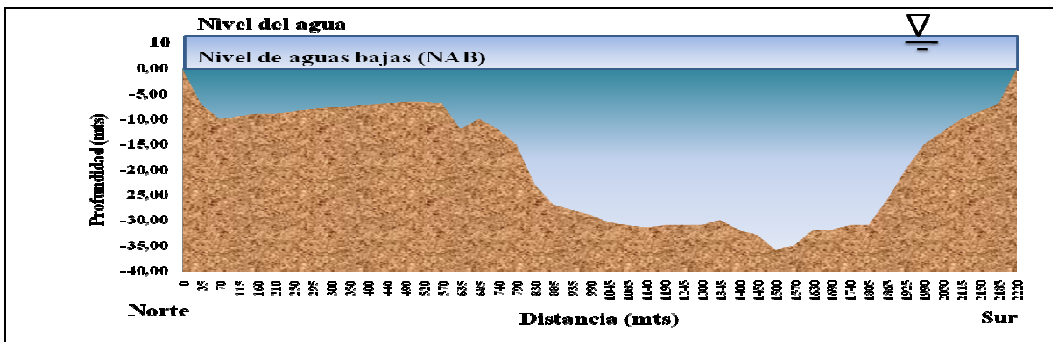


Figura C.27 Sección Transversal N° 31, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

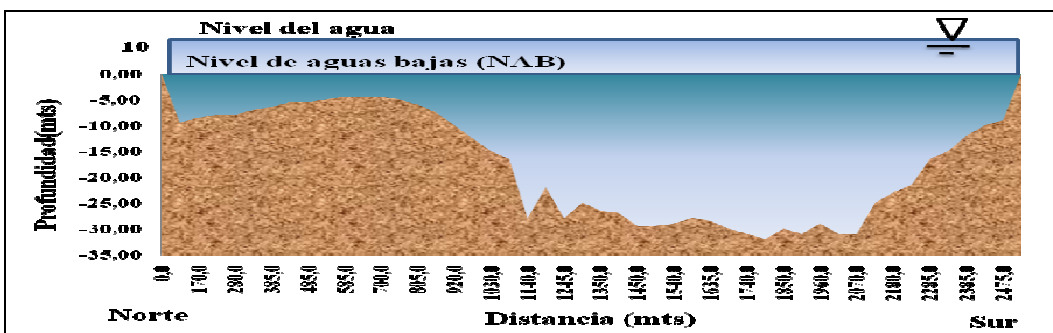


Figura C.28 Sección Transversal N° 32, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998

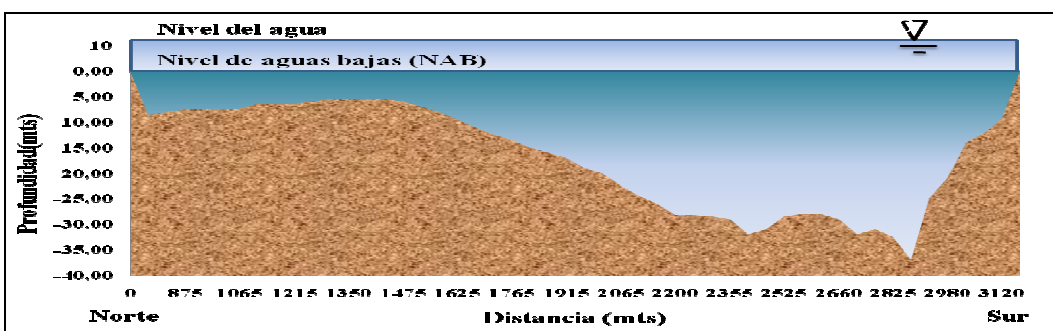


Figura C.29 Sección Transversal N° 33, ubicada en la milla 175.0 en el sector Aramaya, plano batimétrico N° 00DB4985 correspondientes a la fecha 23/10/1998



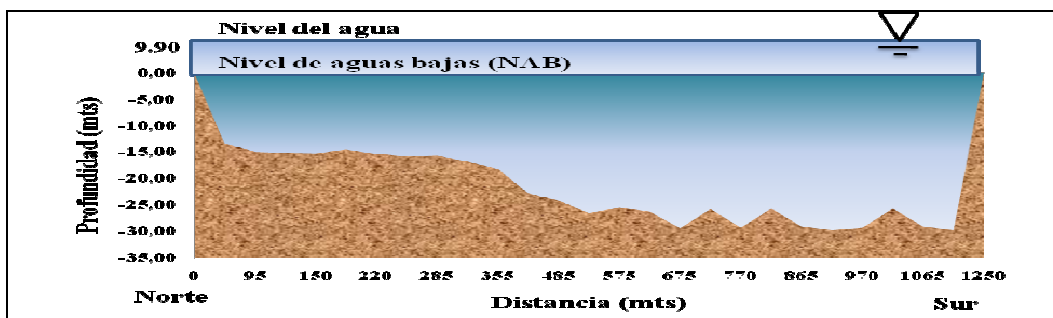


Figura C.30 Sección Transversal N° 5.1, ubicada en la milla 169.9 en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura, plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998

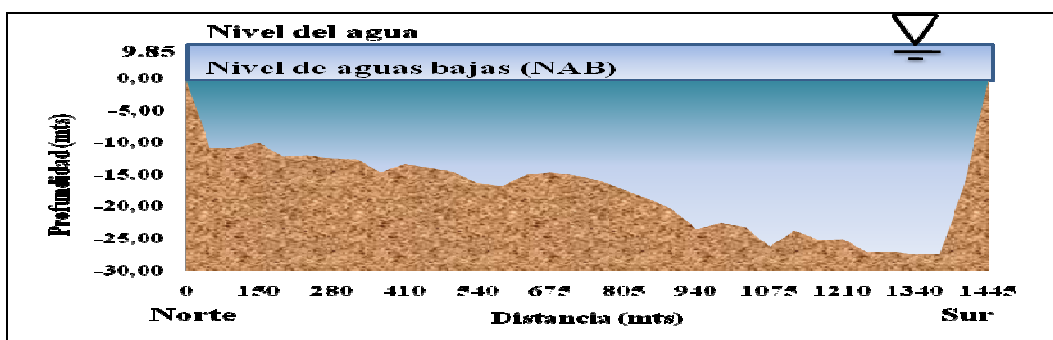


Figura C.31 Sección Transversal N° 6.1, ubicada en la milla 167.7 en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura, plano batimétrico N° 00DB4874 correspondientes a la fecha 29/08/1998

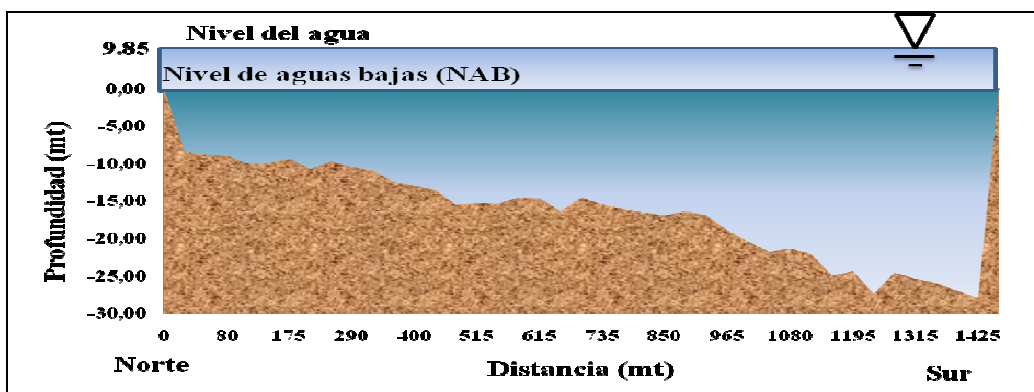


Figura C.32 Sección Transversal N° 7.1, ubicada en la milla 168.6 en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

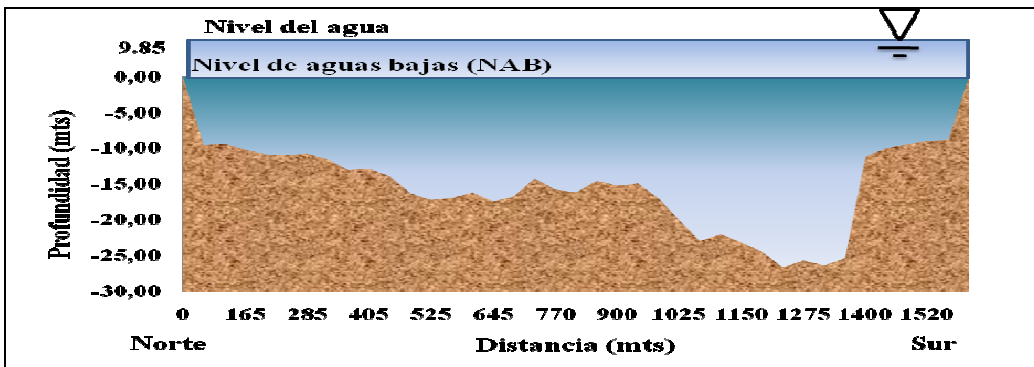


Figura C.33 Sección Transversal N° 8.1, ubicada en la milla 169.5 el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

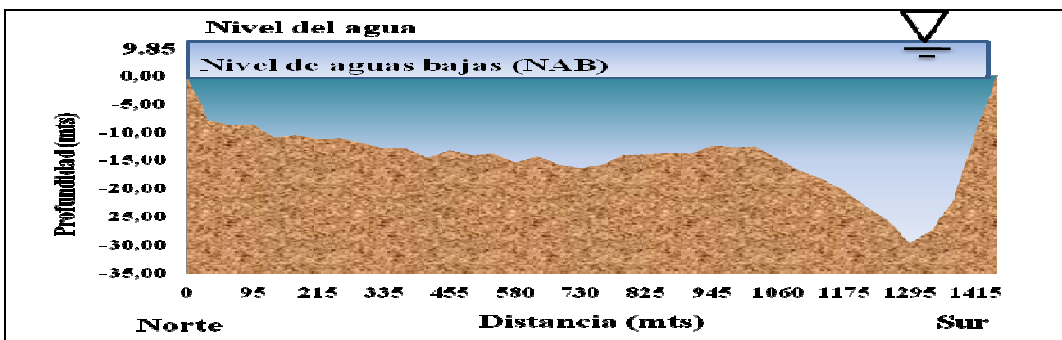


Figura C.34 Sección Transversal N° 9.1, ubicada en la milla 169.5 en el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

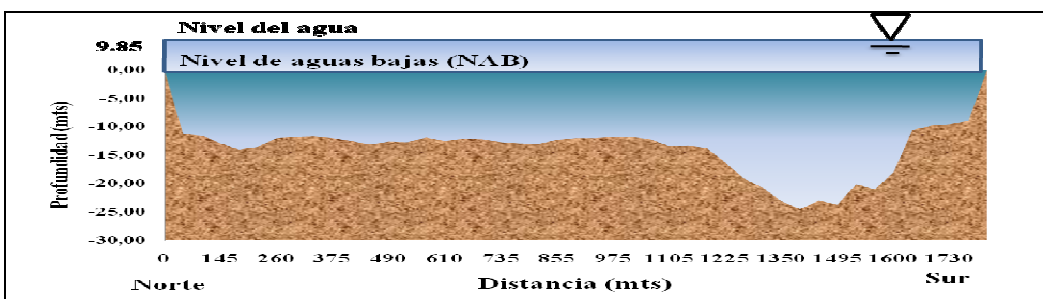


Figura C.35 Sección Transversal N° 10.1, ubicada en la milla 169.9 el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

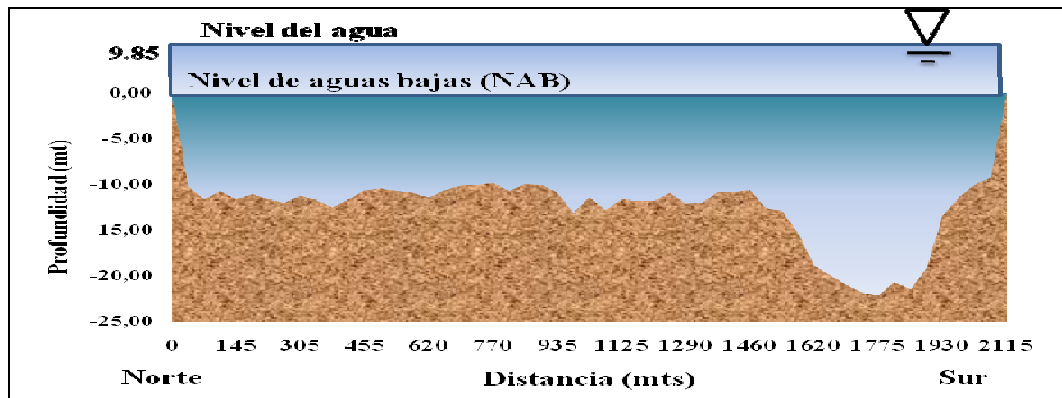


Figura C.36 Sección Transversal N° 11.1, ubicada en la milla 169.9 el sector Aramaya correspondiente a la Isla Mucura, plano batimétrico N° 00DB4875 correspondientes a la fecha 30/08/1998

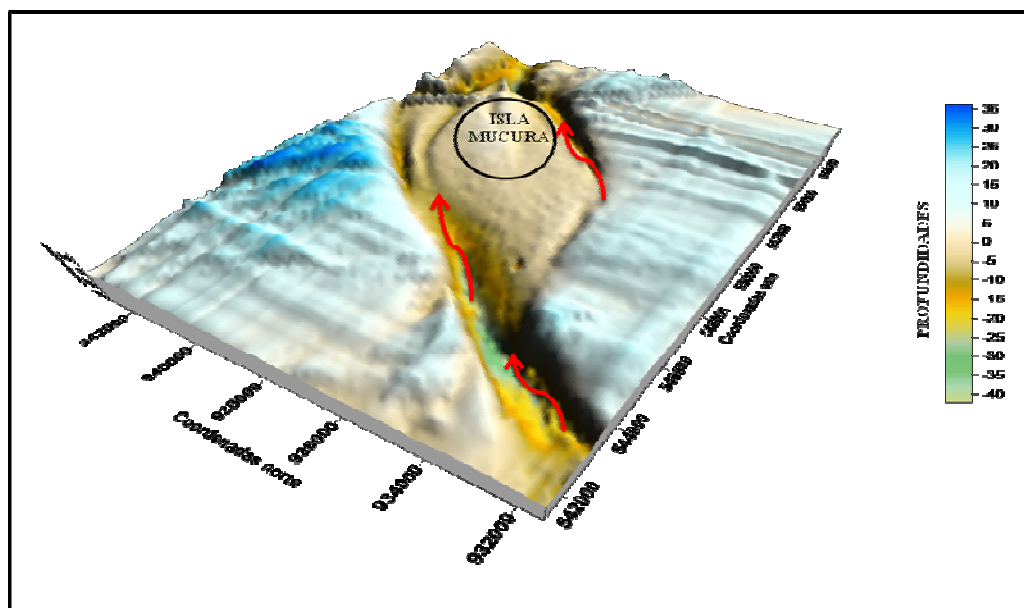


Figura C.37 Modelo digital del lecho del sector Aramaya del canal de navegación del río



Figura B.38 Fotografías Aéreas 471 tomadas en la misión VMAST5 realizada en el año 1961 (Información suministrada por el Dpto de investigación del I.N.C)

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Título</b>    | ESTUDIO DEL FLUJO DE LOS SEDIMENTOS Y DE LA AREAS DE DESCARGA PARA DRAGAS DE TOLVAS EN EL SECTOR ARAMAYA DEL RÍO ORINOCO.ESTADO MONAGAS.VENEZUELA |
| <b>Subtítulo</b> |   |

### Autor(es)

| Apellidos y Nombres           | Código CVLAC / e-mail |                            |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| <b>Dauhare L. Carla M.</b>    | <b>CVLAC</b>          | <b>16.746.105</b>          |
|                               | <b>e-mail</b>         | <b>dauhare@hotmail.com</b> |
|                               | <b>e-mail</b>         |                            |
| <b>Mariña D. Moraima José</b> | <b>CVLAC</b>          | <b>17.540.924</b>          |
|                               | <b>e-mail</b>         |                            |
|                               | <b>e-mail</b>         |                            |
|                               | <b>CVLAC</b>          |                            |
|                               | <b>e-mail</b>         |                            |
|                               | <b>e-mail</b>         |                            |
|                               | <b>CVLAC</b>          |                            |
|                               | <b>e-mail</b>         |                            |
|                               | <b>e-mail</b>         |                            |

### Palabras o frases claves:

|                         |
|-------------------------|
| FLUJO DE LOS SEDIMENTOS |
| AREAS DE DESCARGA       |
| SECTOR ARAMAYA          |
| RÍO ORINOCO             |
|                         |
|                         |
|                         |
|                         |

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

### Líneas y sublíneas de investigación:

| Área                                  | Subárea                     |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Departamento de Ing. Geológica</b> | <b>Ingeniería Geológica</b> |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |
|                                       |                             |

### Resumen (abstract):

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

**Contribuidores:**

| Apellidos y Nombres      | ROL / Código CVLAC / e-mail |  |
|--------------------------|-----------------------------|--|
| <b>Echeverria Dafnis</b> | ROL                         | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
|                          | CVLAC                       |  |
|                          | e-mail                      |  |
|                          | e-mail                      |  |
| <b>Di´ Felice Amado</b>  | ROL                         | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
|                          | CVLAC                       |  |
|                          | e-mail                      |  |
|                          | e-mail                      |  |
| <b>Monsalve Vicente</b>  | ROL                         | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
|                          | CVLAC                       |  |
|                          | e-mail                      |  |
|                          | e-mail                      |  |
|                          | ROL                         | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>            |
|                          | CVLAC                       |  |
|                          | e-mail                      |  |
|                          | e-mail                      |  |

**Fecha de discusión y aprobación:**

Año      Mes      Día

|      |    |    |
|------|----|----|
| 2011 | 04 | 27 |
|------|----|----|

Lenguaje: spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

**Archivo(s):**

| <b>Nombre de archivo</b>     | <b>Tipo MIME</b>         |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>Tesis-Rio Orinoco.doc</b> | <b>Aplication/msword</b> |
|                              |                          |
|                              |                          |
|                              |                          |
|                              |                          |

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ - .**

**Alcance:**

**Espacial:** Instituto Nacional de Canalización Pto. Ordaz (Opcional)

**Temporal:** \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Ingeniero Geólogo

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Pregrado

**Área de Estudio:** Departamento de Geología

**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:** Universidad de Oriente




## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

### Derechos:

**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado  
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la  
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros  
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,  
quien lo participara al Consejo Universitario”**

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



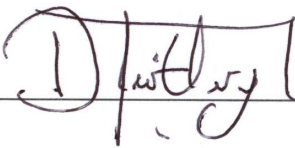
**AUTOR 1**



**AUTOR 2**

---

**AUTOR 3**



**TUTOR**

**AUTOR 4**



**JURADO 1**



**JURADO 2**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:**

