

Universidad Nacional de Ingenieria

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Sistema de Anclaje para Embarcadero Fluvial en la Ciudad de Requena ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

JOSE LUIS SAN ROMAN GUERRA

PROMOCION: 1980 - 2

LIMA PERU 1989

CONTENIDO

SIMBOLOGIA	7
PROLOGO	9
CAPITULO I: INTRODUCCION	
1.0.0. Introducci3n	11
1.1.0. Antecedentes	11
1.2.0. Justificaci3n	12
1.3.0. Objetivos	12
CAPITULO II: DESCRIPCION DE ELEMENTOS QUE CON- FORMAN EL EMBARCADERO	
2.0.0. Introduccion	13
2.1.0. Muelle de descarga	13
2.2.0. Puente de Acceso	15
2.3.0. Pont3n de Apoyo del Puente	15
2.4.0. Sistema de Anclaje	15
CAPITULO III: DISPOSICION GENERAL DEL EMBAR- CADERO	
3.0.0. Disposici3n General del Embarcadero	17
3.1.0. Niveles del R3o	17
3.2.0. Tabla Batimetrica del lecho del R3o	18
CAPITULO IV: CARGAS DE DISENO	
4.0.0. Cargas de Dise1o	21
4.1.0. Carga de Viento	21
4.1.1. Ubicaci3n de la estaci3n observada	21
4.1.2. Datos estadisticos de velocidad de Viento en la zona	21
4.1.3. Velocidad de Viento para el dise1o	22
4.1.4. Presi3n Din3mica promedio ejercida por el Viento	22
4.2.0. Carga debida a la corriente del R3o	23
4.2.1. Velocidad estimada del R3o	23
4.2.2. Presi3n ejercida por la corriente del R3o	23
4.3.0. Carga debida al impacto de una embar- caci3n de 1200 Toneladas de desplaza- miento	24

4.3.1. Características del atraque	25
4.3.2. Velocidad de atraque de la embarcación	25
CAPITULO V: DEFENSA DEL MUELLE	
5.0.0. Defensas del Muelle	30
5.1.0. Fuerzas actuantes sobre el Muelle	30
5.2.0. Selección de las Defensas del Muelle	33
CAPITULO VI: HIPOTESIS DE CARGA	
6.0.0. Hip tesis de Carga	35
6.1.0. Embarcación de 1200 Toneladas, acoderada al Muelle, acción del Viento y la corriente del Río	38
6.1.1. Muelle Cargado-Buque Cargado	39
6.1.2. Muelle Liviano-Buque Liviano	46
6.1.3. Muelle Cargado-Buque Liviano	53
6.1.4. Muelle Liviano-Buque Cargado	60
6.2.0. Embarcación de 1200 Toneladas, acoderada al Muelle a una velocidad de 2 nudos inclinada 10° con respecto al Muelle, acción del Viento y la corriente del Río	68
6.2.1. Muelle Cargado-Buque Cargado	68
6.2.2. Muelle Liviano-Buque Cargado	75
6.3.0. Fuerzas que actúan sobre el Pontón de Apoyo y el Puente	83
CAPITULO VII: CALCULO DE POSICION DE CADENAS Y CABLES	
7.0.0. Cálculo de posición que toman las Cadenas y Cables para diferentes posiciones del Río	86
7.1.0. Analisis de la fórmula de posición de Cables y Cadenas	86
7.2.0. Cálculo de posición de Cadenas y Cables para diferentes posiciones del Río	89
7.2.1. Cálculo de longitud de los Cables	89
7.2.2. Cálculo de las tensiones iniciales que se deben dar a los Cables y Cadenas para que los Cables esten sobre el nivel del Río	98

7.2.3. Posición de Cables y Cadenas con tensión inicial para diferentes niveles del Río	99	
7.3.0. Tensiones en los Cables y Cadenas	103	
CAPITULO VIII: SELECCION DE CABLES Y CADENAS		
8.0.0. Selección de Cables y Cadenas	120	
8.1.0. Selección de Cable N ^o 1	120	
8.2.0. Selección de Cables N ^o 2 y 5	120	
8.3.0. Selección de Cables N ^o 3 y 4	120	
8.4.0. Selección de Cable N ^o 6	130	
8.5.0. Selección de Cadenas N ^o 7 y 8	130	
8.6.0. Cálculo de soportes de Cables	131	
CONCLUSIONES	141	
BIBLIOGRAFIA	142	
Apendice: I	Atraque de una Embarcación	143
II	Defensas de Muelle	147
III	Catalogo de Cables y accesorios	154
IV	Generalización de Cargas Estáticas	163
Planos		171

SIMBOLOGIA

- A = Area.
 A_e = Absorción máxima efectiva de Energía.
 A_t = Area Transversal.
 B = Manga.
 C_n = Factor de forma.
 C_t = Complemento transversal de la Energía Cinética.
 C_{te} = Complemento transversal efectivo de la Energía Cinética.
 c = Calado.
 d = Distancia vertical entre dos soportes.
 E = Eslora.
 E_c = Energía Cinética.
 F_r = Fuerza de Río.
 F_t = Fuerza transversal.
 F_{vl} = Fuerza de Viento longitudinal.
 F_{vt} = Fuerza de Viento transversal.
 f_b = Franco bordo.
 g = Aceleración de la gravedad.
 h = Altura sobre cubierta.
 L = Distancia horizontal entre dos soportes.
 M = Desplazamiento de la embarcación.
 P = Puntal.
 P_r = Presión de Río.
 P_v = Presión de Viento.
 p = Peso específico del aire.
 T = Tensión.
 T_o = Tensión Horizontal.

VIII

V = Velocidad.

V_a = Volumen de almacenamiento.

V_v = Velocidad del Viento.

V_r = Velocidad del Río.

V_{at} = Velocidad de la embarcación en el atraque.

V_{ap} = Velocidad de aproximación.

w = Peso uniformemente distribuido.

γ = Peso específico del agua.

PROLOGO

Este trabajo es un pequeño aporte a una de las tantas aplicaciones de la Ingeniería Mecánica, se ha tratado de simplificar en la forma más compresible, clara y reducida para su fácil entendimiento, para la elaboración de este trabajo se ha tenido en consideración su factibilidad de fabricación así como la atención en el Mercado Nacional para la selección de equipos y accesorios en lo posible, considerando además que todo proyecto se debe ajustar a la realidad del país, usando los medios a nuestro alcance y satisfaciendo estos en forma económica los requerimientos existentes en el Mercado, a continuación detallamos un resumen de los 8 capítulos que conforman éste proyecto de tesis.

Capítulo (1) Introducción, menciona las consideraciones y fines específicos que persigue la presente tesis, teniendo en cuenta las necesidades de la zona, el fácil uso y mantenimiento de este tipo de Embarcaderos para las fluctuaciones de los niveles de Río durante el año.

Capítulo (2) Descripción de Elementos que conforman el Embarcadero, se hará una breve descripción de los elementos que conforman el Embarcadero, como el Muelle Puente de Acceso, Pontón de Apoyo y Sistema de Anclaje

Capítulo (3) Disposición General del Embarcadero, se muestra la disposición general del Embarcadero así como de los Estribos que sirven de apoyo para los cables, además se muestra la tabla batrimétrica del cauce del Río.

Capítulo (4) Cargas de Diseño, se efectúa el cálculo de las diferentes cargas que soporta el Embarcadero cargas de Viento, cargas de Río, acoderamiento de una Embarcación de 1200 Toneladas de desplazamiento.

Capítulo (5) Defensas del Muelle, se efectúa el cálculo de las defensas del Embarcadero de acuerdo a las

a las cargas actuantes.

Capítulo (6) Hipótesis de Carga, se efectúa el cálculo de las reacciones de los cables y cadenas debido a todas las cargas actuantes en sus diferentes posiciones.

Capítulo (7) Cálculo de posición de Cadenas y Cables, se efectúa de acuerdo a la ecuación de la catenaria, dándole una tensión inicial para que los Cables no tengan contacto con el Río.

Capítulo (8) Selección de Cables y Cadenas, de acuerdo a las reacciones obtenidas de las cargas actuantes, más la tensión inicial dadas a los Cables y Cadenas, con ayuda de catálogos de fabricante se seleccionan los diferentes Cables y Cadenas.

Finalmente se incluyen las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y se anexa las fuentes de información y catálogos.

Para llevar a cabo la elaboración del presente proyecto de Tesis se ha tenido en consideración el Estudio de Prefactibilidad para las obras civiles de la compañía MICHELENA-REPETTO, estudios topograficos, batimétricos e hidrológicos del lugar.

Aprovecho la oportunidad para expresar mi reconocimiento al Ingeniero Ronald Cueva Pacheco, por su labor permanente como asesor de la presente Tesis, con cuya ayuda se ha mejorado algunos detalles y se ha llevado adelante el presente Proyecto.

Así mismo, hago llegar mi agradecimiento al Ingeniero Francisco Cobas Segura, por la orientación dada durante la elaboración del proyecto, al Centro de Operaciones N° 02 SIMA PERU-SIMA IQUITOS, en cuyos talleres se prueban, ensayan y fabrican los accesorios que han servido de inspiración de la presente Tesis.

Finalmente deseo expresar mi reconocimiento a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, por la formación que me brindo en los años de estudiante.

(1)

INTRODUCCION

1.0.0. INTRODUCCION.

El fin de este proyecto es efectuar un Diseño práctico, de fácil manejo, del Sistema de Anclaje de un Embarcadero Fluvial para ser usado durante toda época del año.

Las necesidades en la Región de este tipo de Embarcaderos y las variaciones fluctuantes de los niveles del Río, han inducido a preparar el presente proyecto, el cual trata específicamente del Sistema de Anclaje para el Embarcadero Fluvial de la ciudad de Requena, para que de servicio a todas las embarcaciones que circulan por la zona.

Asimismo este diseño, por su fácil desmontaje y transporte puede ser usado en otras ciudades de la zona donde halla desniveles del Río.

Finalmente es el mayor deseo que este estudio sea un pequeño aporte para el Diseño y Fabricación de este tipo de Embarcadero y Sistema de Anclaje en nuestro País.

1.1.0. ANTECEDENTES.

Actualmente en la región, en la cual se efectúa el estudio de este Proyecto viene adoleciendo de la falta de Puertos para el trabajo de carga y descarga de sus productos, estos se efectúan en forma reducida y empírica, ocasionando mayores costos y riesgos, debido a los desniveles del Río y a lo accidentado del terreno, por lo cual es recomendable este tipo de Embarcadero.

1.2.0. JUSTIFICACION.

El presente trabajo se justifica aporte que se puede brindar para el Diseño de un Sistema práctico, de fácil uso y mantenimiento adecuado durante toda época del año, además de brindar servicio al flujo de Embarcaciones que circulan por la zona.

1.3.0. OBJETIVOS.

Se trata de conseguir un Diseño estandar que puede ser usado en diferentes ciudades de la región este tipo de Sistemas de Anclaje para Embarcaderos Fluviales, puede ser usado para Minipuertos Refinerías, Muelle de descarga de líquidos, planta de ventas flotantes y en todo tipo de embarcaciones flotantes que trabajan en zonas donde los desniveles del Río son fluctuantes, pero se tendrá en cuenta el tipo de uso que va tener, el tipo de embarcaciones que va recibir y las cargas de diseño que se producen en la zona.

(2)

DESCRIPCION DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL
EMBARCADERO

2.0.0. INTRODUCCION.

Los principales elementos que conforman el Embarcadero Fluvial son: El Muelle de Descarga, El Puente de Acceso, El Pontón de Apoyo, El Sistema de Anclaje, a continuación haremos una descripción de cada uno de estos elementos.

2.1.0. MUELLE DE DESCARGA.

El Muelle objeto de este tema de Tesis consta de un pontón fabricado íntegramente de Acero, sus principales dimensiones son, Eslora 50.00 mts, Manga 12.00 mts, Puntal 2.00 mts. El peso muerto de este pontón con sus accesorios respectivos es de 170 Toneladas, esta estructura ha sido diseñada para soportar una carga repartible de 600 Kg/mt^2 y atender el atraque de embarcaciones de hasta 1200 Toneladas de Desplazamiento.

La estructura del Muelle comprende plancha estriada de Acero EC-24, de $5/16''$ para la cubierta y plancha lisa de Acero EC-24, para el fondo y los costados; los Baos, Varengas y Tijerales son de ángulos de plancha dobladas unidas por cartelas mediante soldadura, obteniéndose de esta manera una estructura continua.

Este Muelle se conecta al Puente de Acceso mediante una rampa de conexión deslizante de 7.00 mts, de longitud y 6.00 mts, de ancho, que permite el acceso desde el Puente al Muelle y viceversa independientemente de las va-

riaciones del nivel del Río que pudiera ocurrir entre el Pontón de Apoyo del Puente y el Muelle debido a fluctuaciones de sobrecarga.

Este Muelle lleva además sobre su cubierta una Grúa de 5 Toneladas de capacidad a una distancia de 6.00 mts, del costado del Muelle el cual facilita las labores de carga y descarga de las embarcaciones que se acoderan al mismo. La Grúa es de construcción sólida fabricada en base de tubos de 8.00" de diámetro SCH-80 firmemente fija mediante soldadura y con un sistema de 3 Winches Eléctricos que permiten la maniobra de elevación de la Pluma, elevación de la Carga y el giro de la Pluma.

El Muelle lleva además 8 bitas dobles para el amarre de las embarcaciones, lleva 8 tapas de registro, 2 Winches que sirven para accionar la cadena de Anclaje, en el lado de acoderamiento de las embarcaciones lleva defensas de madera y sobre estas las defensas de jebe, además lleva elementos de señalización, lleva 4 soportes de los Cables de Anclaje, 2 en los extremos del lado de tierra del Muelle, para los Cables 1 y 6 y a 7 metros de estos, 2 soportes para los Cables 3 y 4.

El sistema de fijación del Pontón del Muelle hacia el lado del Río esta constituido por dos Anclas conformadas por bloques de concreto y Acero autosumergibles las cuales estan unidas al pontón principal del Muelle por medio de cadena de 40 mm de diámetro. Para la fijación del Muelle en el lado de Tierra es mediante Cables de Acero con sus respectivos accesorios que van hacia el Estribo del Puente y a tres macizos de Anclaje, tanto el Estribo del Puente como los Macizos de Anclaje son de Concreto Armado.

2.2.0. PUENTE DE ACCESO.

El Puente de Acceso al Muelle es de Acero, constituido por cinco vigas longitudinales en forma de I, de 36" de peralte por 14" de alas, de 1/2" y 1" de espesor respectivamente, las dimensiones del Puente es de 40.00 mts de longitud por 6.00 mts, de ancho, esta diseñado para soportar una carga de 5 personas por metro cuadrado además el desplazamiento de una vagoneta de 5 Toneladas de capacidad en una plataforma de 3.00 x 3.50 mts, las vigas transversales son de angulos de 4"x4"x 1/4" separadas cada 3 metros, van amarradas a la viga longitudinal mediante cartelas.

La vía de tráfico consiste en una cubierta de madera de 3" de espesor, llevando en las vigas extremas barandas de tubo a lo largo del Puente removibles con sus respectivos postes de luz, que van conectados al alumbrado público. El Puente esta fijado al extremo de Tierra a un estribo de concreto armado, mediante dispositivos de apoyo empernados y en la parte del extremo del Río al Pontón de Apoyo, con su respectivo dispositivo de apoyo.

2.3.0. PONTON DE APOYO DEL PUENTE.

El apoyo del Puente de Acceso al lado del Río consta de un Pontón de Acero de 12.00 mts, de Es lora, 6.00 mts de Manga, 2.00 mts de Puntal, lleva además sus tapas de registro, este pontón en lo posible debe de tener una separación de 1.00 mts, con el Muelle para amortiguar el impacto de las embarcaciones.

2.4.0. SISTEMA DE ANCLAJE.

El Sistema de Anclaje del Embarcadero Fluvial esta constituido por 6 Cables unidos al lado de Ti

erra y mediante 2 cadenas alado del Río.

El Cable 1 es de 1 1/2", el 6 de 1", el 3 y 4 de 1/2", los cuales van unidos del extremo de Tierra al Muelle, el Cable 2 y 5 de 1/2" que va del extremo de Tierra al ala inferior del Puente, sobre el Pontón de Apoyo. Las cadenas 7 y 8 de 40 mm de diámetro van del Muelle a las anclas en el extremo del Río.

Estas Cadenas y Cables han sido seleccionadas para resistir las cargas de Río, Viento e impacto de una embarcación de 1200 Toneladas de desplazamiento.

(3)

DISPOSICION GENERAL DEL EMBARCADERO

3.0.0. DISPOSICION GENERAL DEL EMBARCADERO.

El Embarcadero Fluvial se encuentra ubicado en la ribera derecha del Río Ucayali, en la ciudad de REQUENA, provincia de REQUENA, departamento de LORETO.

Para la selección de la alternativa de ubicación del Embarcadero Fluvial de Requena se ha tomado en cuenta los siguientes criterios:

- 1) Las características topográficas y batimétricas de la zona sean adecuadas de manera que el mismo no se vea afectado por inundaciones durante los periodos de maxima creciente del Río, de igual manera la utilización del Embarcadero Fluvial no quede restringido durante las vaciantes minimas del Río.
 - 2) Que las condiciones de cimentación del área donde se erigira la estructura portuaria asi como la estabilidad natural de los taludes de ribera sean adecuados.
 - 3) Que exista disponibilidad de suficiente área libre adyacente al puerto, para la construcción de edificaciones de servicio.
 - 4) Que la zona elegida quede dentro de lo posible en las cercanias de la ciudad de Requena.
- La Disposición General de este Embarcadero Fluvial se muestra en la figura 1.

3.1.0. NIVELES DEL RIO.

El nivel del Río Ucayali varia fuertemente entre epocas de creciente y vaciante, siendo la

Diferencia de nivel entre la máxima creciente y la mínima vaciante aproximadamente igual a 8.50 metros, sin embargo a pesar de estas circunstancias el Río Ucayali resulta navegable durante toda época del año por las embarcaciones que normalmente utilizan dicha vía de comunicación.

A continuación se da las cotas de máxima, mínima y nivel medio del Río Ucayali en la zona donde va a estar ubicado el Embarcadero.

MAXIMA CRECIENTE	196.00 mts.
NIVEL MEDIO	191.75 mts.
MINIMA VACIANTE	187.50 mts.

2.2.0. TABLA BATIMETRICA DEL LECHO DEL RIO

Esta tabla se ha tomado del estudio que realizó la firma MICHELENA-REPETTO, para el estudio de factibilidad del EMBARCADERO FLUVIAL.

Este trabajo consistió en trazar una poligonal abierta en la margen derecha del Río Ucayali en el lado adyacente de la ubicación del embarcadero y se definió 3 aliniamientos transversales al Río, con el apoyo de una estación en Tierra. Sobre los aliniamientos transversales al Río, se realizaron mediciones de la profundidad del Río, estas mediciones batimétricas se llevaron a cabo mediante una ecosonda de registro gráfico. A continuación se mostrara un resumen aproximado de la profundidad del lecho del Río en el lugar donde va a estar ubicado el embarcadero.

(4)

CARGAS DE DISEÑO

4.0.0. CARGAS DE DISEÑO.

Las cargas de diseño que se estudiarán para este tema de tesis son:

- Carga de Viento.
- Carga debida a la corriente del Río.
- Carga debida al impacto de una embarcación de 1200 Toneladas de desplazamiento.

4.1.0. CARGA DE VIENTO.

La carga de Viento se calculará de acuerdo a la máxima velocidad de esta en la localidad, esta velocidad del Viento se calcula de acuerdo a datos conseguidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de la zona, con esta velocidad se calcula la Presión de Viento en la zona la cual sirve para calcular las diferentes fuerzas contra el Muelle y las embarcaciones.

4.1.1. Ubicación de la Estación observada.

La Estación observada es la Estación de Requena CC-280

Esta ubicada en:

Departamento de LORETO.

Provincia de REQUENA.

Distrito de REQUENA.

Coordenadas:

Lat: 05° 03' S

Long: 73° 51' W

Alt: 200 m.s.n.m.

4.1.2. Datos estadísticos de velocidad de Viento en la zona.

De acuerdo a los datos estadísticos obte-

nidos de la estación observada se ha recogido los datos de la velocidad media y máxima a las 07.00, 13.00 y 19.00 horas, que se muestran en las figuras n^o 2, 3, 4, 5.

- Dirección predominante y velocidad media de Viento a las 07.00 horas.

S.E. 7mts/seg en Nov 1970 (ver Fig 2)

- Dirección predominante y velocidad media de Viento a las 13.00 horas.

N.W. 7 mts/seg en Feb 1969 (ver Fig 3)

N.W. 7 mts/seg en May 1970 (ver Fig 3)

S.W. 7 mts/seg en Jun 1970 (ver Fig 3)

- Dirección predominante y velocidad media de Viento a las 19.00 horas.

S.W. 6 mts/seg en Ene 1969 (ver Fig 4)

≠ Dirección predominante y velocidad máxima de Viento.

N.E. 14 mts/seg en Ene 1969 (ver Fig 5)

S.E. 14 mts/seg en Feb 1969 (ver Fig 5)

4.1.3. Velocidad del Viento para el Diseño.

De los datos obtenidos anteriormente se observa que la velocidad máxima es igual a 14 mts/seg = 27.2 nudos.

Para el diseño tomaremos una velocidad de 30 nudos = 15.44 mts/seg.

4.1.4. Presión Dinamica promedio ejercida por el Viento.

La presión ejercida por el Viento se obtiene de la siguiente ecuación.

$$P_v = \frac{1}{2} \rho V_v^2 C_n$$

donde:

Cn = Factor de forma ≈ 1.00

p - Peso específico del aire ≈ 1.225 Kg/m³

P_v = Presión de Viento (Kg/m^2)

g = Aceleración de la gravedad 9.81 m/s^2

V_v = Velocidad del Viento 15.44 m/s

$$P_v = 1 \times \frac{1}{2} \times 1.225 \frac{\text{Kg/m}^3}{9.81 \text{ m/s}^2} (15.44 \text{ m/s})^2$$

$$P_v = 14.90 \text{ Kg/m}^2$$

Presión Dinamica promedio ejercida por el Viento.

4.2.0. CARGA DEBIDA A LA CORRIENTE DEL RIO

La carga debido a la corriente del Río se calcula de acuerdo a los estudios de prefactibilidad efectuado por la compañía Michelena-Repetto, en el Río Ucayali.

4.2.1. Velocidad estimada del Río.

Según los estudios preliminares para la fabricación del Embarcadero efectuado por la compañía Michelena-Repetto, la velocidad promedio estimada para el Río Ucayali donde va estar ubicado el Embarcadero es de 1.5 m/s .

Como no se cuenta con datos de velocidad de Río anteriores, para efectos de diseño consideraremos una velocidad de Río de 2 m/s .

4.2.2. Presión ejercida por la corriente del Río.

La presión ejercida por la corriente del Río se obtiene de la siguiente ecuación.

$$P_r = C_r \times \frac{1}{2} \times \rho \times V_r^2$$

donde:

P_r Presión de Río.

C_n = Factor de Forma.

p = Peso específico del Agua.

g = Aceleración de la gravedad = 9.8 mt/sg^2

V_r = Velocidad del Río = 2 mt/sg

El factor de forma (coeficiente de calado) se toma como 0.5, 0.7, 0.8, para perfiles triangulares con ángulo de inclinación de 30° , 60° , 90° respectivamente.

El peso específico del agua puede ser tomado como 1000 Kg/mt^3 para agua fresca y 1025 Kg/mt^3 para agua salada.

Para el diseño tomaremos:

$$C_n = 0.8$$

$$p = 1000 \text{ Kg/mt}^3$$

Reemplazando en la fórmula anterior se tiene:

$$P_r = 0.8 \times \frac{1}{2} \times \frac{1000 \text{ kg/mt}^3}{9.8 \text{ mt/sg}^2} \times (2 \text{ mt/sg})^2$$

$$P = 163.26 \text{ Kg/mt}^2$$

Presión Dinámica promedio ejercida por el Río.

4.3.0. CARGA DEBIDO AL IMPACTO DE UNA EMBARCACION DE 1200 TONELADAS DE DESPLAZAMIENTO.

Para calcular la carga de impacto de la embarcación se tomara en consideración las características del ataque como: el sentido de ataque de la embarcación (en contra de la corriente del Río), el ángulo de ataque, la velocidad de aproximación de la embarcación, esta tomando en consideración la velocidad de aproximación en los principales puertos del mundo tomados de la revista "The Dock Harbour Authority".

4.3.1. Características del Atraque.

Primeramente se ha tomado una embarcación de 1200 Toneladas de desplazamiento, teniendo en cuenta las características de las embarcaciones que navegan la zona que es donde va ser usado el embarcadero con su respectivo factor de seguridad.

Angulo de Atraque, por condiciones de navegación el atraque se efectuara contra la corriente del Río y sobre 1/4 de longitud del Muelle hacia Proa, el angulo de atraque para embarcaciones de menos de 3000 Toneladas de desplazamiento es de 10° con respecto al Muelle, para mayores de 3000 Toneladas es de 20° con respecto al Muelle, para nuestro caso tomaremos 10° .

4.3.2. Velocidad de atraque de la Embarcación.

La velocidad normal de atraque de una embarcación es de aproximadamente de 2 nudos, esta velocidad de aproximación la tomamos de la revista "The Dock Harbour Authority" de un resumen de la velocidad de aproximación en los principales puertos del mundo.

-Velocidad de la embarcación en el atraque

$$(V_{at}) = 2 \text{ nudos} = 3.38 \text{ pies/sg.}$$

-Complemento transversal de la velocidad o velocidad de aproximación (V_{ap})

$$(V_{ap}) = 3.38 \text{ pies/sg} \times \text{sen } 10^{\circ} = 0.58 \text{ pie/sg}$$

(5)

DEFENSA DEL MUELLE

5.0.0. DEFENSAS DEL MUELLE.

Las defensas que usaremos para el Embarcadero Fluvial son del tipo cilíndrico marca Good Year estas defensas van colocadas a lo largo de la banda del Muelle donde se produce el atraque de la embarcación, va unida a la cubierta del Muelle mediante una cadena que pasa por el interior de esta defensa, en ambos extremos lleva unos grilletes que se unen a unos cancamos sobre la cubierta del Muelle, lo cual la hace de fácil instalación, mantenimiento y cambio. Sus principales características son:

- 1) Una efectiva absorción de los impactos al momento del atraque, ya que esta diseñada para soportar severas cargas y retornar a su posición original.
- 2) Bajo costo de instalación y mantenimiento, ya que es resistente a los aceites, corrosión, al corte y abrasión, su instalación es sencilla.
- 3) Adaptable a condiciones de cambio, ya que puede ser colocado en diferentes posiciones, horizontal, vertical o diagonalmente, en nuestro caso sera colocada horizontalmente.
- 4) Reduce el riesgo de incendio, ya que al momento del atraque la embarcación toma contacto con las defensas y no hay contacto metal-metal que podría producir el incendio.

5.1.0. FUERZAS ACTUANTES SOBRE EL MUELLE

Para calcular las fuerzas actuantes sobre el Muelle se tendrá en consideración la velocidad

de aproximación de un embarcación al Muelle de 2 nudos, con un ángulo de atraque de 10° con respecto al Muelle, tenemos:

Velocidad de la embarcación en el atraque (V_{at})

$$V_{at} = 2 \text{ nudos} = 3.38 \text{ pies/seg.}$$

Calculamos el complemento transversal de la velocidad o Velocidad de aproximación (V_{ap})

$$V_{ap} = V_{at} \times \text{Sen } 10^{\circ}$$

$$V_{ap} = 3.38 \text{ pies/seg} \times \text{Sen } 10^{\circ} = 0.587 \text{ pies/seg}$$

con esta velocidad de aproximación calcularemos el complemento transversal de la Energía Cinética.

Complemento transversal de la Energía Cinética (C_t)

$$C_t = \frac{1}{2} \times \frac{M \times (V_{ap})^2}{g}$$

donde: C_t = Desplazamiento transversal de la Energía Cinética en (TON X pie)

M = Desplazamiento de la embarcación (TON)

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$C_t = \frac{1200 \text{ Ton} \times (0,587 \text{ pie/seg})^2}{2 \times 32.2 \text{ pie/seg}^2}$$

$$C_t = 6.42 \text{ Ton} \times \text{pie}$$

Esta Energía cinética de la embarcación debe ser disipada a fin de que se produzca el acodamiento, durante el atraque esta energía cinética se transforma de la siguiente manera:

- 1) Trabajo de deformación efectuada en la misma embarcación debida a la compresión producida por el impacto.
- 2) Trabajo para poder vencer la resistencia

friccional del agua ante cualquier cambio en la dirección de la embarcación.

3) Disipación del calor debido a la fricción entre la embarcación y las defensas del Muelle.

4) Trabajo de deformación efectuado en las defensas del Muelle.

5) Trabajo de templado y deformación de los Cables de anclaje del Muelle.

En consecuencia no toda la Energía Cinética es transferida al Muelle, según trabajos experimentales efectuado en el atraque de embarcaciones en los principales puertos del mundo, esta Energía se encuentra entre el 27 y 42% (ver apéndice N^o 1) para nuestro trabajo tomaremos 34%, que es el promedio entre los dos.

Calculamos el Complemento Transversal efectivo de la Energía Cinética (C_{te})

$$C_{te} = 0.34 \times C_t$$

$$C_{te} = 0.34 \times 6.42 \text{ Ton} \times \text{pie}$$

$$C_{te} = 2.18 \text{ Ton} \times \text{pie}$$

Cuando una embarcación acodera al Muelle, impacta varias veces sobre el Muelle (rebotes sucesivos) y se aproxima nuevamente con velocidad reducida, dependiendo de la calidad de la maniobra de acoderamiento. En la primera aproximación de la embarcación, la cuña de agua que se forma entre esta y el Muelle consume aproximadamente el 50% del complemento transversal efectivo de la Energía Cinética.

La descripción del atraque se observa en el apéndice 1, en el libro "Dock and Harbour Engineering" Volumen 2, The Design of Harbours, por

H.F. Cornick, editorial Charles Griffin and Company-London (pag 202, 203, 204).

Para nuestro diseño tomaremos que el Muelle consume aproximadamente el 50% del complemento transversal efectivo de la Energía Cinética, con esto calculamos la Absorción máxima efectiva de Energía (A_e)

$$A_e = C_{te} \times 0.5$$

$$A_e = 2.18 \text{ Ton} \times \text{pie} \times 0.5 = 1.09 \text{ Ton-pie}$$

$$A_e = 1.09 \text{ Ton-pie} = 2400 \text{ Lbxpie} = 2.4 \text{ pie} \times \text{Kips}$$

5.2.0. SELECCION DE LAS DEFENSAS DEL MUELLE

Para el cálculo de las defensas del Muelle utilizaremos la máxima absorción efectiva de Energía; utilizamos defensas de jebe cilíndrica Good Year (ver apéndice N° 2)

Asumimos una longitud de contacto: L 1 pie

La Energía Cinética (E_c) que debe disipar las defensas de jebe por unidad de longitud sera:

$$E_c = \frac{2.4 \text{ Kips} \times \text{pie}}{1 \text{ pie}} = 2.4 \frac{\text{Kips} \times \text{pie}}{\text{pie}}$$

Con esta Energía de 2.4 Kips x pie/pie y con las curvas de aproximación de las defensas cilíndricas mostradas en el Apendice 2, elegimos una defensa de las siguientes características.

7" Diámetro exterior

3" Diámetro interior

2" de espesor

16 1/4 Libra x pie

Cálculo de las Fuerzas Transversal y Longitudinal que actúan sobre el Muelle debido al atraque de una embarcación de 1200 Toneladas de des

plazamiento.

De la curva Energía x Deflexión del Apéndice 2 para una Energía de 2.4 Kips x pie/pie su deflexión es de 4 1/4"

De la curva Carga x Deflexión del Apéndice 2 se tiene:

para una deflexión de 4 1/4" se tiene una carga unitaria de 45 Kips/pie.

Con esta carga unitaria calculamos las Fuerzas que actúan sobre el Muelle.

La carga transversal unitaria sobre el Muelle es de 45 Kips/pie

siendo $L_{\text{contacto}} = 1$ pie

Fuerza Transversal (F_t)

$$F_t = 45 \text{ Kips/pie} \times \text{pie} = 45 \text{ Kips} = 20.45 \text{ Ton}$$

$$F_t = 20.45 \text{ Ton}$$

Fuerza transversal al muelle debido al atraque de una embarcación de 1200 Toneladas

Asumiendo un coeficiente de fricción entre la embarcación y las defensas del Muelle es de 0.5
Fuerza Longitudinal (F_l)

$$F_l = 0.5 \times 20.45 \text{ Ton} = 10.22 \text{ Ton}$$

$$F_l = 10.22 \text{ Ton}$$

Fuerza longitudinal al muelle debido al atraque de una embarcación de 1200 Toneladas.

(6)

HIPOTESIS DE CARGA

6.0.0. HIPOTESIS DE CARGA.

Para el cálculo de las resultantes de los Cables y Cadenas que actúan sobre el Embarcadero Fluvial se tomarán dos hipótesis de carga, la primera cuando una embarcación de 1200 Toneladas de desplazamiento está acoderada al Muelle, la segunda cuando una embarcación de 1200 Toneladas de desplazamiento acodera al Muelle con una velocidad de 2 nudos, inclinada 10° con respecto al Muelle, se tomarán como cargas actuantes, la corriente del Río y la acción del Viento, con estas dos hipótesis y con todas las posiciones que puede tomar la carga de Viento, se halla las resultantes de Cables y Cadenas.

Primeramente se tendrá que conseguir las dimensiones aproximadas de la embarcación que atraca al Muelle, para poder calcular las áreas que se oponen a la corriente del Río y Viento y con estas calcular las fuerzas que actúan en el sistema.

Por condiciones de navegación, en el Río Ucayali lugar donde va estar ubicado el embarcadero, en épocas de máximas vaciantes del Río, el máximo calado permisible para las embarcaciones es de 7 pies, teniendo en consideración que para poder reparar embarcaciones en la zona está restringido a las dimensiones del Dique del Servicio Industrial de la Marina Iquitos, que es de 13.2 mts de Manga.

El factor de forma Eslora-Manga para embarcaciones es de 3.5 a 6.0

tomando un factor de forma igual a 4
y asumiendo una manga de 12.00 mts menor que
13.2 mts tenemos:

$$\text{Eslora} = E = 12 \times 4 = 48 \text{ mts}$$

Cálculo de las dimensiones de la embarcación.
Desplazamiento de la embarcación (D) es igual
a Volumen de líquido desalojado, de donde:

$$D = \gamma_{\text{agua}} \times E \times B \times c \quad (1)$$

donde: D -Desplazamiento (Kg)
 E =Eslora (mts)
 B =Manga (mts)
 c -Calado (mts)
 γ =Peso específico del agua (Kg/mt³)

Reemplazando en la ecuación (1)

$$1200000 = 1000 \times 12 \times 48 \times c$$

$$\text{despejando} \quad c = 2.1 \text{ mts}$$

por regla de capitania, el Franco bordo (f_b)
distancia de máximo calado a cubierta es:

para $E \geq 30$ mts

$$f_b = 125 \times P \quad (2) \quad \text{siendo} \quad f_b \geq 300 \text{ mm}$$

donde f_b en milímetros

 P en metros

$$\text{pero:} \quad P = c + f_b$$

Reemplazando en (2)

$$f_b = 125 (c + f_b/1000)$$

$$f_b = 125c + 0.125 f_b$$

$$0.875 f_b = 125 (2.1)$$

$$f_b = 300 \text{ mm}$$

De donde las características de la embarcación es

$$\text{ESLORA} = E = 48 \text{ mts}$$

$$\text{MANGA} = B = 12 \text{ mts}$$

$$\text{PUNTAL} = P = 2.4 \text{ mts}$$

Cálculo del peso aproximado de la embarcación:

El peso aproximado para chatas, barcazas, empujadores etc, se calcula de la siguiente ecuación

$$\text{Peso (Ton)} = (K) (E^a) (B^b) (P^d) \quad (3)$$

para una Eslora de 48 metros se tiene:

$$K = 0.2403 \quad a = 1.04 \quad b = 0.7783 \quad d = 0.4628$$

reemplazando en (3) se tiene

$$\text{Peso} = 0.2403 (48)^{1.04} (12)^{0.7783} (2.4)^{0.4628}$$

$$\text{Peso} = 139.68 \text{ Ton}$$

Calculamos el calado para 139.68 Ton

$$c = \frac{\text{Peso}}{1000 \times E \times B} = \frac{139680}{1000 \times 48 \times 12}$$

$$c = 0.2425 \text{ mts}$$

Considerando un factor volumetrico de 0.80 (chatas, barcazas, remolcadores)

$$c = \frac{0.2425}{0.8} \quad c = 0.303 \text{ mts}$$

Para hallar el área del Muelle cargado que se opone al Viento se tendrá que hallar el área de almacenamiento del Muelle.

$$\text{Area total del Muelle} = 600 \text{ mts}^2$$

Se considerara el 80% de área almacenada 480 mt^2

considerando que en la zona lo que mayormente se va descargar son comestibles consideramos como volumen de almacenamiento de 1.4 Ton/mt^3 .

Cálculo de altura sobre cubierta a máxima carga

$$\text{Capacidad del Muelle} = V_a \times A \times h$$

donde; V_a - Volumen de almacenamiento (Ton/mt^3)

$$A = \text{Area (mt}^2)$$

$$h = \text{Altura sobre cubierta (mt)}$$

$$600 \text{ Ton} = 480 \text{ mt}^2 \times 1.4 \text{ Ton/mt}^3 \times h$$

$$h = 0.90 \text{ mts}$$

Consideraremos una altura de 0.90 mts sobre cubierta a lo largo y ancho del muelle.

6.1.0. EMBARCACION DE 1200 TONELADAS ACODERADA AL MUELLE ACCION DEL VIENTO Y LA CORRIENTE DEL RIO

Para el cálculo de las fuerzas que actúan contra el Muelle y la embarcación, se considerará una Presión de Río de 163.26 Kg/mt^2 y una Presión de Viento de 30 nudos igual a 14.90 Kg/mt^2

Cálculo de las Areas que se oponen al viento.

Areas Transversales. (A_t)

$$\text{Muelle Cargado} \quad (1 + 0.90) \times 12 = 22.8 \text{ mt}^2$$

$$\text{Muelle Liviano} \quad (1.7167) \times 12 = 20.6 \text{ mt}^2$$

$$\text{Buque Cargado} \quad (0.3) \times 12 = 3.6 \text{ mt}^2$$

$$\text{Buque Liviano} \quad (2.1) \times 12 = 25.2 \text{ mt}^2$$

Areas Longitudinales. (A_l)

$$\text{Muelle Cargado} \quad (1 + 0.90) \times 50 = 95.0 \text{ mt}^2$$

$$\text{Muelle Liviano} \quad (1.7167) \times 50 = 85.8 \text{ mt}^2$$

$$\text{Buque Cargado} \quad (0.3) \times 50 = 15.0 \text{ mt}^2$$

$$\text{Buque Liviano} \quad (2.1) \times 50 = 105.0 \text{ mt}^2$$

Cálculo de las Areas que se oponen al Río.

Areas Transversales. (A_t)

$$\text{Muelle Cargado} \quad (1.00) \times 12 = 12.0 \text{ mt}^2$$

$$\text{Muelle Liviano} \quad (0.28) \times 12 = 3.4 \text{ mt}^2$$

$$\text{Buque Cargado} \quad (2.10) \times 12 = 25.2 \text{ mt}^2$$

$$\text{Buque Liviano} \quad (0.30) \times 12 = 3.6 \text{ mt}^2$$

Efectuando todas las combinaciones posibles de como pueden estar ubicados el Muelle y el Buque, calculamos las reacciones en los Cables y Cadenas.

6.1.1. Muelle Cargado-Buque Cargado

(ver figuras 6, 7, 8, 9)

Superficies que se oponen al Viento.

$$A_t = 22.8 + 3.6 = 26.4 \text{ mt}^2$$

$$A_l = 95 \text{ mt}^2$$

Superficies que se oponen al Río.

$$A_t = 12.0 + 25.2 = 37.2 \text{ mt}^2$$

Fuerzas que se oponen al sistema.

$$F_{vt} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 26.4 \text{ mt}^2 = 393.3 \text{ Kg} = 0.39 \text{ Ton}$$

$$F_{vl} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 95 \text{ mt}^2 = 1415 \text{ Kg} = 1.41 \text{ Ton}$$

$$F_r = 163.2 \text{ Kg/mt}^2 \times 37.2 \text{ mt}^2 = 6073 \text{ Kg} = 6.07 \text{ Ton}$$

Con estas Fuerzas que se oponen al sistema calcularemos las reacciones de Cables y Cadenas.

Cálculo de Reacciones (figura N° 6)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 6.07 + 0.39 = 6.46 \text{ Ton}$$

$$R_6 = 7.46 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 - 7.46 \sin 30^\circ = 3.73$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$43 R_7 + 7 R_8 = 6.46 (12.5) = 80.75$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 26.11 = 80.75$$

$$36 R_7 = 54.64 \quad R_7 = 1.52$$

$$R_8 = 2.21$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 7)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 6.07 \quad R_6 = 7.00 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = 7.00 \sin 30^\circ + 1.41 = 4.91$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$43 R_7 + 7 R_8 = 6.07 (12.5) + 1.41 (25)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 34.37 = 75.87 + 35.25$$

$$36 R_7 = 76.75 \quad R_7 = 2.13 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 2.78 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 8)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 6.07 \quad R_6 = 7.00 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 - R_8 + 1.41 = 7.00 \sin 30^\circ = 2.09$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$43 R_7 + 7 R_8 + 1.41 (25) = 6.07 (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 14.63 + 35.25 = 75.88$$

$$36 R_7 - 25.00 \quad R_7 = 0.69 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 1.40 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 9)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ - 6.07 - 0.39 = 5.68 \quad R_6 = 6.56 \text{ Ton}$$

Sumatorias de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_6 \text{ sen } 30^\circ = 3.28$$

Sumatoria de Momentos con respecto al
Cable N° 6

$$43 R_7 + 7 R_8 = 5.68 (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 22.96 = 71.0$$

$$36 R_7 = 48.04$$

$$R_7 = 1.33 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 1.95 \text{ Ton}$$

6.1.2. Muelle Liviano-Buque Liviano

(ver figura N° 10, 11, 12, 13)

Superficies que se oponen al Viento.

$$A_t = 20.6 + 25.2 = 45.8 \text{ mt}^2$$

$$A_l = 105 \text{ mt}^2$$

Superficies que se oponen al Río.

$$A_t = 3.4 + 3.6 = 7.0 \text{ mt}^2$$

Fuerzas que se oponen al sistema.

$$F_{vt} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 45.8 \text{ mt}^2 = 682 \text{ Kg} = 0.68 \text{ Ton}$$

$$F_{vl} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 105 \text{ mt}^2 = 1564 \text{ Kg} = 1.56 \text{ Ton}$$

$$F_r = 163.2 \text{ Kg/mt}^2 \times 7 \text{ mt}^2 = 1142 \text{ Kg} = 1.14 \text{ Ton}$$

Con estas Fuerzas que se oponen al sistema calcularemos las reacciones de Cables y Cadenas.

Cálculo de Reacciones (figura N° 10)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 1.14 + 0.68 = 1.82$$

$$R_6 = 2.10 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = 2.10 \sin 30^\circ = 1.05 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$43 R_7 + 7 R_8 = 1.82 (12.5) = 22.75$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 7.35 = 22.75$$

$$36 R_7 = 15.4 \quad R_7 = 0.43 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 0.62 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 11)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 1.14 \quad R_6 = 1.32 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_6 \sin 30^\circ + 1.56 = 2.22$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$43 R_7 + 7 R_8 = 1.14 (12.5) - 1.56 (25)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 15.54 = 53.25$$

$$36 R_7 = 37.71 \quad R_7 = 1.05 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 1.17 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 12)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 1.14 \quad R_6 = 1.32 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_3 \sin 70^\circ + R_4 \sin 70^\circ + R_2 \sin 30^\circ = 1.56$$

$$0.94 R_3 + 0.94 R_4 + 0.66 = 1.56$$

$$0.94 R_3 + 0.94 R_4 = 0.90$$

$$R_3 + R_4 = 0.96$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$0.94(43) R_3 + 0.94(7) R_4 = 1.56 (25) - 1.14 (12.5)$$

$$40.42 R_3 + 6.58 R_4 = 24.75$$

$$40.42 R_3 - 6.58 R_3 + 6.30 = 24.75$$

$$33.84 R_3 = 18.45 \quad R_3 = 0.54 \text{ Ton}$$

$$R_4 = 0.42 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 13)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 1.14 - 0.68 = 0.46$$

$$R_6 = 0.53 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_6 \sin 30^\circ = 0.26$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$43 R_7 - 7 R_8 = 0.46 (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 1.85 = 5.75$$

$$36 R_7 = 3.89$$

$$R_7 = 0.11 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 0.15 \text{ Ton}$$

6.1.3. Muelle Cargado-Buque Liviano

(ver figuras N° 14, 15, 16, 17)

Superficies que se oponen al Viento.

$$A_t = 228 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 105 \text{ m}^2$$

Superficies que se oponen al Río.

$$A_t = 12 + 3.6 = 15.6 \text{ m}^2$$

Fuerzas que se oponen al sistema.

$$F_{vt} = 14.9 \text{ Kg/m}^2 \times 48 \text{ m}^2 = 715 \text{ Kg} = 0.71 \text{ Ton}$$

$$F_{v1} = 14.9 \text{ Kg/m}^2 \times 105 \text{ m}^2 = 1564 \text{ Kg} = 1.56 \text{ Ton}$$

$$F_r = 163.2 \text{ Kg/m}^2 \times 15.6 \text{ m}^2 = 2546 \text{ Kg} = 2.55 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura 14)

$$R_6 \cos 30^\circ = 2.55 + 0.71 = 3.26$$

$$R_6 = 3.76 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_6 \sin 30^\circ = 1.88$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6.

$$43 R_7 + 7 R_8 = 3.26 (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 13.16 = 40.75$$

$$36 R_7 = 27.59 \quad R_7 = 0.76 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 1.12 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura 15)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 2.55 \quad R_6 = 2.94 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 \quad R_8 \quad R_6 \sin 30^\circ \quad 1.56 \quad 3.03$$

Sumatoria de Momentos con respecto al

Cable N° 6.

$$43 R_7 - 7 R_8 = 1.56 (25) - 12.5 (2.55)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 21.2 = 70.84$$

$$36 R_7 = 49.65$$

$$R_7 = 1.38 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 1.65 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura 16)

$$R_6 \cos 30 = 2.55$$

$$R_6 = 2.94 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_3 \sin 70 - R_8 = 1.56 - 2.94 \sin 30$$

$$0.94 R_3 = 1.56 - 1.47 + R_8$$

$$0.94 R_3 = 0.09 + R_8$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6.

$$0.94 R_3 (43) + 2.55(12.5) = 1.56(25) + R_8(7)$$

$$43(0.09 + R_8) + 31.87 = 39 + 7 R_8$$

$$3.87 + 43 R_8 + 31.87 = 39 + 7 R_8$$

$$36 R_8 = 39 - 31.87 - 3.87 = 3.26$$

$$R_8 = 0.09 \text{ Ton}$$

$$R_3 = 0.19 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura 17)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 2.55 - 0.71 = 1.84$$

$$R_6 = 2.12 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 \quad 2.12 \quad \sin 30^\circ \quad 1.06$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6

$$43 R_7 + 7 R_8 = 1.84 \quad (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 7.43 = 23$$

$$36 R_7 = 15.57$$

$$R_7 = 0.43 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 0.63 \text{ Ton}$$

6.1.4. Muelle Liviano-Buque Carrado.

(ver figuras 18, 19, 20, 21)

Superficies que se oponen al Viento.

$$A_t = 20.6 + 3.6 = 24.2 \text{ Mt}^2$$

$$A_l = 85.8 \text{ mt}^2$$

Superficies que se oponen al Río.

$$A_t = 3.4 + 12 = 15.4 \text{ mt}^2$$

Fuerzas que se oponen al sistema.

$$F_{vt} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 24.2 \text{ mt}^2 = 360 \text{ Kg} = 0.36 \text{ Ton}$$

$$F_{vl} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 85.8 \text{ mt}^2 = 1278 \text{ Kg} = 1.28 \text{ Ton}$$

$$F_r = 163.26 \text{ Kg/mt}^2 \times 15.4 \text{ mt}^2 = 2514 \text{ Kg} = 2.51 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura N° 18)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 2.51 - 0.36 = 2.87$$

$$R_6 = 3.31 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 - R_8 = 3.31 \text{ Sen } 30^\circ = 1.65$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6.

$$43 R_7 + 7 R_8 = 2.87 (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 11.58 = 35.87$$

$$36 R_7 = 24.29$$

$$R_7 = 0.67 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 0.98 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura N° 19)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \cos 30^\circ = 2.51$$

$$R_6 = 2.90 \text{ Ton}$$

Sumatori de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = 2.9 \operatorname{Sen} 30^\circ + 1.28 = 2.73$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6.

$$43 R_7 + 7 R_8 = 1.28 (25) + 2.51 (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 19.11 = 32 + 31.37$$

$$36 R_7 = 42.26 \quad R_7 = 1.23 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 1.50 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura N° 20)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \operatorname{Cos} 30^\circ = 2.51 \quad R_6 = 2.90 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_3 \operatorname{Sen} 70^\circ - 2.9 \operatorname{Sen} 30^\circ - 1.28 + R_8$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6.

$$0.94 R_3 (43) + 2.51(12.5) = 1.28(25) + 7 R_8$$

$$40.42 R_3 + 31.37 = 32 + 7 R_8$$

$$R_8 = 5.77 R_3 - 0.09$$

$$0.94 R_3 + 1.45 = 1.28 + 5.77 R_3 - 0.09$$

$$4.83 R_3 = 0.26 \quad R_3 = 0.05 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 0.22 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura N° 21)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_6 \operatorname{Cos} 60^\circ = 2.51 - 0.36 = 2.15$$

$$R_6 = 2.48 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 - R_8 = 2.48 \quad \text{Sen } 30 = 1.24$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 6.

$$43 R_7 + 7 R_8 = 2.15 \quad (12.5)$$

$$43 R_7 - 7 R_7 + 8.68 = 26.87$$

$$36 R_7 = 18.19$$

$$R_7 = 0.50 \text{ Ton}$$

$$R_8 = 0.74 \text{ Ton}$$

En la figura N° 22 se muestran las Fuerzas horizontales máximas de cada Cable y Cadena se la primera hipótesis, Embarcación acoderada al Muelle, accion del Viento y corriente del Río.

6.2.0. EMBARCACION DE 1200 TONELADAS ACODERADA AL MUELLE A UNA VELOCIDAD DE 2 NUDOS INCLINADA 10° GRADOS CON RESPECTO AL MUELLE ACCION DEL VIENTO Y LA CORRIENTE DEL RIO.

Se efectuara el cálculo de las reacciones cuando la carga de Viento y del Río actuan solamente en el Muelle, se considera una Presión del Río de 163.26 Kg/mt^2 y una Presión de Viento de 30 nudos.

6.2.1. Muelle Cargado-Buque Cargado
(ver figuras 23, 24, 25, 26)

De los resultados obtenidos en el punto 6.1.0. se calcula las áreas que se oponen a las Fuerzas de Viento y del Río Superficies que se oponen al Viento.

$$A_t = 22.8 \text{ mt}^2$$

$$A_l = 95 \text{ mt}^2$$

Superficies que se oponen al Río

$$A_t = 12.0 \text{ mt}^2$$

Fuerzas que se oponen al sistema.

$$F_{vt} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 22.8 \text{ mt}^2 = 339 \text{ Kg} = 0.34 \text{ Ton}$$

$$F_{vl} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 95 \text{ mt}^2 = 1415 \text{ Kg} = 1.41 \text{ Ton}$$

$$F_r = 163.2 \text{ Kg/mt}^2 \times 12 \text{ mt}^2 = 1959 \text{ Kg} = 1.96 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N^o 23)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_l \cos 60^{\circ} + 1.96 + 0.34 = 10.22$$

$$R_l \cos 60^{\circ} = 7.92 \qquad R_l = 15.84 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_l \sin 60^{\circ} + 20.45 = 34.17$$

Sumatoria de Momenros con respecto al

Cable N° 1

$$43 R_8 + 7 R_7 + 2.3(6) = 20.45 (43) + 10.22(12)$$

$$43 R_8 - 7 R_8 + 239.2 + 13.8 = 879.3 + 122.6$$

$$36 R_8 = 749 \quad R_8 = 20.80 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 13.37 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 24)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_1 \cos 60^\circ + 1.96 = 10.22$$

$$R_1 \cos 60^\circ = 8.26 \quad R_1 = 16.52 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_1 \sin 60^\circ + 20.45 + 1.41 = 36.16$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 1.

$$43 R_8 + 7 R_7 + 1.96(6) = 1.41 (25) + 20.4 (43) + 10.22(12)$$

$$43 R_8 - 7 R_8 - 253.1 - 11.7 = 1037.2$$

$$36 R_8 = 772.3 \quad R_8 = 21.46 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 14.70 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 25)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_1 \cos 60^\circ + 1.96 = 10.2$$

$$R_1 \cos 60^\circ = 8.26 \quad R_1 = 16.52 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_1 \sin 60^\circ + 20.45 - 1.41 = 33.34$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 1.

$$43 R_8 + 7 R_7 + 1.4(25) + 1.9(6) = 20.4(43) + 10.22(12)$$

$$43 R_8 - 7 R_7 + 233.4 + 47 = 1002$$

$$36 R_8 = 721.6 \quad R_8 = 20.04 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 13.30 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura 26)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_1 \cos 60^\circ + 1.96 = 10.22 + 0.34$$

$$R_1 \cos 60^\circ = 8.6 \quad R_1 = 17.20 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_1 \sin 60^\circ + 20.45 + 1.41 = 36.76$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 1.

$$43 R_8 + 7 R_7 + 1.9(6) = 20.4(43) + 10.2(12) + 1.4(25)$$

$$43 R_8 - 7 R_7 + 257.2 + 11.76 = 1037.24$$

$$36 R_8 = 768.26 \quad R_8 = 21.34 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 15.41 \text{ Ton}$$

6.2.2. Muelle Liviano-Buque Cargado.

De los resultados obtenidos en el punto 6.1.0. se calculan las áreas que se oponen a las Fuerzas de Viento y de Río.

Superficies que se oponen al Viento.

$$A_t = 20.6 \text{ mt}^2$$

$$A_1 = 85.8 \text{ mt}^2$$

Superficies que se oponen al Río.

$$A_t = 3.4 \text{ mt}^2$$

Fuerzas que se oponen al sistema.

$$F_{vt} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 20.6 \text{ mt}^2 = 306.9 \text{ Kg} = 0.3 \text{ Ton}$$

$$F_{v1} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 85.8 \text{ mt}^2 = 1278 \text{ Kg} = 1.28 \text{ Ton}$$

$$F_r = 163.2 \text{ Kg/mt}^2 \times 3.4 \text{ mt}^2 = 555 \text{ Kg} = 0.55 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura 27)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_1 \cos 60^\circ + 0.55 + 0.30 = 10.22$$

$$R_1 \cos 60^\circ = 9.37 \quad R_1 = 18.74 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_1 \sin 60^\circ + 20.45 = 36.68$$

Sumatoria de Momentos con Respecto al Cable N° 1

$$43 R_8 + 7 R_7 + 0.85(6) = 20.45(43) + 10.22(12)$$

$$43 R_8 - 7 R_8 + 256.7 + 5.1 = 1002$$

$$36 R_8 = 740.13 \quad R_8 = 20.56 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 15.82 \text{ To}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 28)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_1 \cos 60^\circ + 0.55 = 10.22$$

$$R_1 \cos 60^\circ = 9.67 \quad R_1 = 19.34 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 = R_1 \sin 60^\circ + 20.45 + 1.28 = 38.48$$

$$43 R_8 + 7 R_7 + 0.55(6) = 1.28(25) + 20.45(43) \\ + 10.22(12)$$

$$43 R_8 - 7 R_8 + 269.36 + 3.3 = 1034$$

$$36 R_8 = 761.33 \quad R_8 = 21.15 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 17.33 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 29)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_1 \cos 60^\circ + 0.55 = 10.22$$

$$R_1 \cos 60^\circ = 9.67 \quad R_1 = 19.34 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 + 1.28 = R_1 \sin 60^\circ + 20.45 = 35.92$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 1

$$43 R_8 + 7 R_7 + 0.55(6) + 1.28(25) = 20.45(43) \\ + 10.22(12)$$

$$43 R_8 - 7 R_8 + 251.4 + 35.3 = 1002$$

$$36 R_8 = 715.25 \quad R_8 = 19.87 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 16.05 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (figura N° 30)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_1 \cos 60^\circ + 0.55 = 10.22 + 0.30$$

$$R_1 \cos 60 = 9.97 \qquad R_1 = 19.94 \text{ Ton}$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a
cero.

$$R_7 + R_8 = R_1 \text{ Sen } 60^\circ + 20.45 = 37.72$$

Sumatoria de Momentos con respecto al
Cable N° 1

$$43 R_8 + 7 R_7 + 0.25(6) = 20.45 (43) + 10.22 (12)$$

$$43 R_8 - 7 R_8 + 264 + 1.5 = 1002$$

$$36 R_8 = 736.45 \qquad R_8 = 20.46 \text{ Ton}$$

$$R_7 = 17.26 \text{ Ton}$$

En la figura N° 31 se muestran las Fuerzas horizontales máximas de cada Cable y Cadena, según la segunda hipótesis.

6.3.0. FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE EL PONTON DE APOYO Y EL PUENTE.

Se considerara la Fuerza del Río, (163.26 Kg/mt^2) y la Fuerza del Viento, (14.90 Kg/mt^2) que actuan sobre el Pontón de Apoyo y el Puente respectivamente, para el cálculo de los Cables N° 2, 5.

6.3.1. Cálculo de Reacciones de los Cables N 2, 5.

El calado del Pontón de Apoyo, debido a la carga del Puente en el extremo del Río es aproximadamente de 1.00 metro:

Superficies que se oponen al Río.

$$A_t = 1.00 \times 6.00 = 6.00 \text{ mt}^2$$

Superficies que se oponen al Viento.

$$A_t = 1.04 \times 40.00 = 41.60 \text{ mt}^2$$

Fuerzas actuantes en el Sistema.

$$F_{vt} = 14.9 \text{ Kg/mt}^2 \times 41.6 \text{ mt}^2 = 619 \text{ kg} = 0.62 \text{ Ton}$$

$$F_r = 163.2 \text{ Kg/mt}^2 \times 6.0 \text{ mt}^2 = 979 \text{ Kg} = 1.00 \text{ Ton}$$

Cálculo de Reacciones (ver figura N° 32)

Sumatoria de Fuerzas horizontales igual a cero.

$$R_5 \cos 40^\circ + R_a = 1.0 + 0.62 = 1.62 \quad (1)$$

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_b = R_5 \sin 40^\circ \quad (2)$$

Sumatoria de Momentos con respecto al Cable N° 5

$$40 R_a = 0.62(20) + R_b \quad (3)$$

$$R_a = 0.31 + 0.075 R_b$$

Reemplazando en 1

$$0.76 R_5 + 0.31 + 0.075 (R_5 \sin 40^\circ) = 1.62$$

$$0.76 R_5 + 0.31 + 0.048 R_5 = 1.62$$

$$0.814 R_5 = 1.31$$

$$R_5 = 1.60 \text{ Ton}$$

Reemplazando en 2 y 3 tenemos:

$$R_b = 1.03 \text{ Ton}$$

$$R_a = 0.38 \text{ Ton}$$

(7)

CALCULO DE POSICION DE CADENAS Y CABLES

7.0.0. CALCULO DE POSICION QUE TOMAN LAS CADENAS Y CABLES PARA DIFERENTES POSICIONES DEL RIO.

En este capítulo se calcularán la posición que toman los diferentes Cables y Cadenas según la posición del nivel del Río, usando la fórmula de la catenaria, se tendrá en consideración que los Cables no tengan contacto con el Río, primeramente se calculará la posición de los Cables en la máxima creciente del Río y si el Cable tuviera contacto con el Río, debajo del nivel del Río, se le dará una tensión inicial hasta que este no tenga contacto con el Río, para hallar la posición del cable solo se considerará el peso del Cable.

7.1.0. ANALISIS DE LA FORMULA DE POSICION DE CABLES Y CADENAS.

Se calculará la posición que toman los Cables y Cadenas, considerando el peso propio de estos, si los resultados están debajo del nivel del Río, se les aplicarán tensiones hasta lograr que el nivel del punto más bajo del Cable esté sobre el nivel del Río.

Analizaremos la fórmula del siguiente gráfico:
donde:

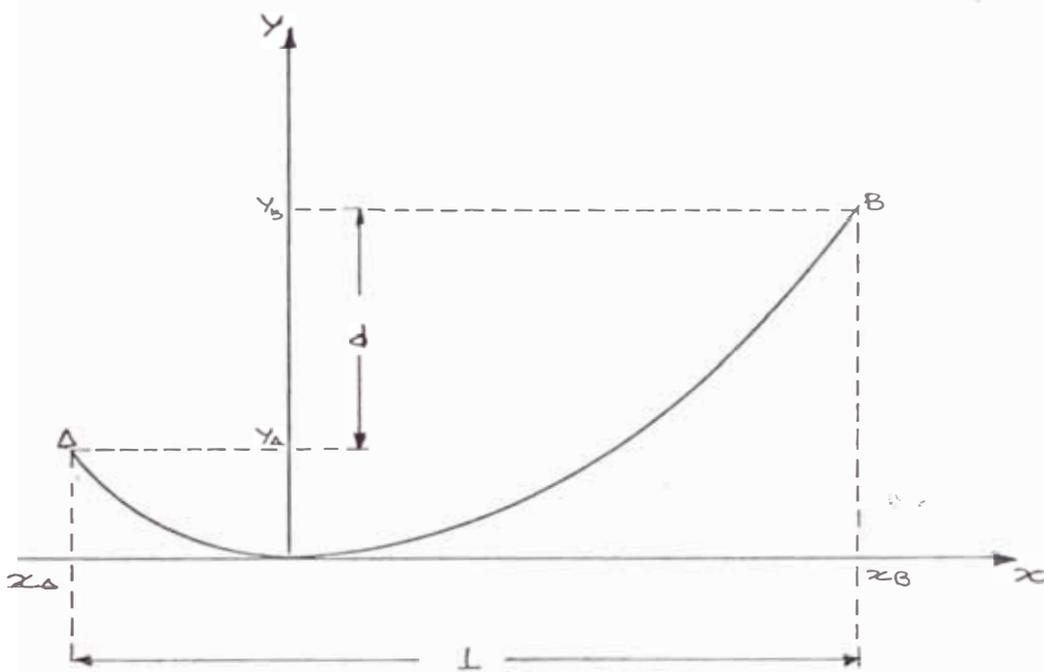
T_0 Tensión Horizontal (Kg)

w Peso uniformemente distribuido (kg/mt)

c T_0/w (mt)

d Y_b Y_a distancia vertical entre dos soportes

L x_b x_a distancia horizontal entre dos soportes



$$y = c \operatorname{Cosh} (x/c)$$

$$y_b - y_a = c (\operatorname{Cosh} x_b/c - \operatorname{Cosh} x_a/c)$$

$$\text{pero } y_b - y_a = d$$

$$d = c (\operatorname{Cosh} x_b/c - \operatorname{Cosh} x_a/c)$$

pero $\operatorname{cosh} a - \operatorname{cosh} b = 2 \operatorname{sen} (a+b)/2 \times \operatorname{sen} (a-b)/2$
de donde

$$d = c \left[2 \operatorname{Senh} \frac{1}{2} \left(\frac{x_b + x_a}{c} \right) \operatorname{Senh} \frac{1}{2} \left(\frac{x_b - x_a}{c} \right) \right]$$

Pero: $x_b - x_a = L$ (distancia horizontal entre los dos soportes, dato conocido)

$$\frac{d}{2c} = \operatorname{Senh} \left[\frac{1}{2c} (x_b + x_a) \right] \operatorname{Senh} (L/2c)$$

Aplicando funciones inversas y despejando $(x_b + x_a)$ se tiene.

$$\text{Senh}^{-1} \left[\frac{d}{2c \text{ Senh} (L/2c)} \right] = \frac{1}{2c} \quad (x_b + x_a)$$

$$x_b + x_a = 2c \text{ Senh}^{-1} \left[\frac{d}{2c \text{ Senh} (L/2c)} \right]$$

$$\text{haciendo } \frac{d}{2c \text{ Senh} (L/2c)} = \alpha$$

$$x_b + x_a = 2c \text{ Senh}^{-1} \alpha$$

$$x_b - x_a = L \quad x_b = L + x_a$$

de donde

$$L + 2x_a = 2c \text{ Senh}^{-1} \alpha$$

despejando x_a

$$x_a = \frac{2c \text{ Senh}^{-1} \alpha - L}{2}$$

$$x_a = c \text{ Senh}^{-1} \left[\frac{d}{2c \text{ Senh} (L/2c)} \right] - \frac{L}{2} \quad (1)$$

$$x_b = L + x_a \quad (2)$$

Longitud total del Cable.

$$s = c (\text{Senh } x_b/c - \text{Senh } x_a/c) \quad (3)$$

Tensiones en los Cables.

Soporte A

$$T_a = w \times y_a \quad (4)$$

$$\theta_a = \text{arc Cos } T_o/T_a \quad (5)$$

Soporte B

$$T_b = w \times y_b \quad (4)$$

$$\theta_b = \text{arc Cos } T_o/T_b \quad (5)$$

con ayuda de estas ecuaciones calcularemos las diferentes posiciones que toman los Cables y Cadenas.

7.2.0. CALCULO DE POSICIONES DE CADENAS Y CABLES PARA DIFERENTES POSICIONES DEL RIO.

Primeramente calcularemos la posición de los Cables y Cadenas sin tensión inicial, para lo cual tenemos que conocer la longitud desde los apoyos al Muelle y conocer el peso uniformemente distribuido de los Cables y Cadenas, para hallar la longitud horizontal de los Cables y Cadenas lo haremos con ayuda de la figura 1 (distribución del embarcadero) y los diferentes niveles del Río, para el caso del peso uniformemente distribuido nos ayudaremos de las Tensiones máximas encontradas en el Capítulo 6 agregándole un 50% como cálculo preliminar, para después obtener las tensiones horizontales definitivas para la selección de los Cables y Cadenas.

7.2.1. Cálculo de la longitud de los Cables.

Para poder efectuar el cálculo de las longitudes de los Cables es necesario conocer las cotas de posicionamiento del Embarcadero, estos datos los damos de acuerdo al Estudio de suelos de la compañía Michelena-Repetto, en el lado de Tierra, para el Puente y el Muelle de acuerdo a la máxima creciente del Río y la longitud horizontal del Muelle al Ancla, la tomamos como dato práctico como 6 veces la profundidad del Río, en nuestro caso tomamos 65 metros.

Cotas del Embarcadero.

Extremo de Tierra.

Cables: 1, 2, 3, 4, 5, 6. 200.2 mts

En el Muelle.

Cables: 1, 3, 4, 6. 198.5 mts

Cadenas: 7,8. 195.7 mts

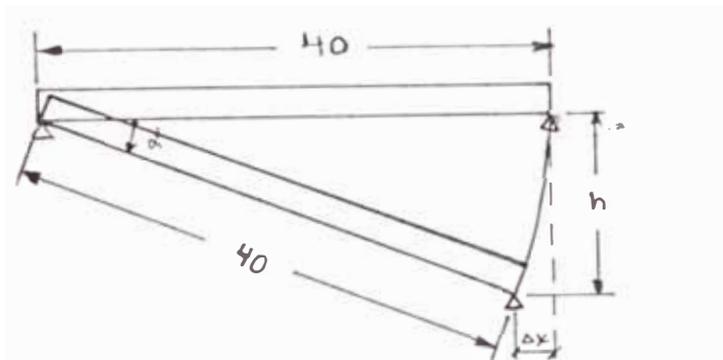
En el Puente.

Cables: 2, 5. 198.7 mts

En le le cho del Río.

Cadenas 7, 8. 179.7 mts

Cálculo de la longitud horizontal de los Cables, del extremo de Tierra al Muelle para diferentes niveles del Río.



$$\text{Sen } \alpha = \frac{h}{40} \quad \alpha = \text{arc Sen } \frac{h}{40}$$

$$\frac{40 - \Delta x}{40} = \cos \alpha$$

$$40 - \Delta x = 40 \cos \alpha$$

$$\Delta x = 40 (1 - \cos \alpha)$$

con ayuda de esta ecuación hallamos la longitudes de los diferentes Cables.

Para Cables N^o 1, 3, 4, 6.

Máxima creciente: $h = 1.7$ mt

$$\alpha = 2.435^{\circ}$$

$$\Delta x = 0.036$$
 mt

$$L = 45 - 0.036 = 44.96$$
 mt

Nivel intermedio: $h = 5.95$ mt

$$\alpha = 8.55^{\circ}$$

$$\Delta x = 0.445$$
 mt

$$L = 45 - 0.445 = 44.55$$
 mt

Minima vaciante: $h = 10.20$ mt

$$= 14.77^{\circ}$$

$$\Delta x = 1.32$$
 mt

$$L = 45 - 1.32 = 43.68$$
 mt

Para Cables N^o 2 y 5.

Maxima creciente: $h = 1.5$ mt

$$\alpha = 2.149^{\circ}$$

$$\Delta x = 0.028$$
 mt

$$L = 40 - 0.028 = 39.97$$
 mt

Nivel intermedio: $h = 5.75$ mt

$$\alpha = 8.2649^{\circ}$$

$$\Delta x = 0.42$$
 mt

$$L = 40 - 0.42 = 39.58$$
 mt

Minima vaciante: $h = 10.0$ mt

$$\alpha = 14.47^{\circ}$$

$$\Delta x = 1.27$$
 mt

$$L = 40 - 1.27 = 38.73$$
 mt

Para Cadenas N^o 7, 8.

Por dato practico $L = 6 - 10$ veces profundidad del Río.

Para nuestro caso $L = 65$ mt.

Para poder aplicar la fórmula $N^{\circ} L$ para hallar el punto x_a se tiene que conocer la longitud horizontal de los cables y cadenas.

Cálculo de las longitudes horizontales de los Cables y Cadenas.

De la figura $N^{\circ} 1$ (Distribución del Embarcadero) se tiene:

Cable $N^{\circ} 1$

Máxima creciente: $L = 44.96$ $L_{\text{cable}} = 53.72$ mt

Nivel intermedio: $L = 44.55$ $L_{\text{cable}} = 53.37$ mt

Minima vaciante: $L = 43.68$ $L_{\text{cable}} = 52.65$ mt

Cables $N^{\circ} 2, 5$.

Máxima creciente: $L = 39.97$ $L_{\text{cable}} = 64.32$ mt

Nivel intermedio: $L = 39.58$ $L_{\text{cable}} = 64.08$ mt

Minima vaciante: $L = 38.73$ $L_{\text{cable}} = 63.56$ mt

Cables $N^{\circ} 3, 4$.

Máxima creciente: $L = 44.96$ $L_{\text{cable}} = 47.24$ mt

Nivel intermedio: $L = 44.55$ $L_{\text{cable}} = 46.85$ mt

Minima vaciante: $L = 43.68$ $L_{\text{cable}} = 46.02$ mt

Cables $N^{\circ} 6$.

Máxima creciente: $L = 44.96$ $L_{\text{cable}} = 115.88$ mt

Nivel intermedio: $L = 44.55$ $L_{\text{cable}} = 115.72$ mt

Minima vaciante: $L = 43.68$ $L_{\text{cable}} = 115.39$ mt

Cadenas $N^{\circ} 7, 8$.

Máxima creciente: $L = 65 + 0.036 = 65.04$

Nivel intermedio: $L = 65 + 0.445 = 65.44$

Minima vaciante: $L = 65 + 1.320 = 66.32$

Para poder aplicar la fórmula (1) es necesario conocer el peso de los cables, en forma preliminar calcularemos los cables y cadenas, asumiendo una tensión 50% mayor a las encontradas en el capítulo (6) Aplicando las fórmulas del inicio del capítulo, encontramos la posición, longitud y tensiones de los cables y cadenas a estas tensiones le sumamos las halladas en el capítulo (6) y con estas seleccionamos en forma definitiva los cables y cadenas.

Selección preliminar de Cables y Cadenas
Cable N^o 1.

$$P = 19.94 \times 1.5 = 29.91 \text{ Ton.}$$

Usamos Cable 1 1/2" 6 x 19 (extra improved plow steel) - IWRC.

Resistencia a la rotura 103.63 Ton

Peso: 6.2 Kg/mt

Cables N^o 2 y 5.

$$P = 1.60 \times 1.5 = 2.4 \text{ Ton.}$$

Usamos Cable 1/2" 6 x 19 (extra improved plow steel) - IWRC.

Resistencia a la rotura 12.09 Ton

Peso: 0.69 Kg/mt

Cables N^o 3 y 4.

$$P = 0.54 \times 1.5 = 0.81 \text{ Ton}$$

Usamos Cable 1/2" 6 x 19 (extra improved plow steel) - IWRC.

Resistencia a la rotura 12.09 Ton

Peso: 0.69 Kg/mt

Cable N^o 6.

$$P = 7.46 \times 1.5 = 11.19 \text{ Ton}$$

Usamos Cable 1" 6 x 19 (extra improved plow steel) - IWRC.

Resistencia a la rotura 47.00 Ton

Peso: 2.76 Kg/mt

Cadenas N^o 7 y 8.

$$P = 21.46 \times 1.5 = 32.19 \text{ Ton}$$

Usamos cadenas de 40 mm de diámetro con
concreto (grado N^o 3)

Resistencia a la rotura 131 Ton.

Peso: 35.04 Kg/mt.

Cálculo del punto más bajo de los dife-
rentes Cables

Consideraremos como tensión inicial el
peso propio del Cable y aplicaremos las
fórmulas del inicio del capítulo.

Cable N^o 1 (Máxima creciente)

$$L_{\text{cable}} = 53.72 \text{ mts}$$

$$d = 1.7 \text{ mts}$$

$$c = T/w = wL/w = L = 53.72 \text{ mts}$$

Remplazando en las fórmulas (1) y (2) se
tiene: $x_a = -25.23$

$$x_b = 28.49 \quad y_b = 7.73 \text{ mts}$$

El punto más bajo se encuentra

$$y_b = 200.2 - 7.73 = 192.46 \text{ mts}$$

El nivel del agua se encuentra a 196 mts
se tendra que tensionar el Cable para co
locarlo sobre la linea de agua.

Cable N^o 2 y 5 (Máxima creciente)

$$L_{\text{cable}} = 64.32 \text{ mts}$$

$$d = 1.5 \text{ mts}$$

$$c = T/w = wL/w = L = 64.32 \text{ mts.}$$

Remplazando en las fórmulas (1) y (2) se
tiene: $x_a = -30.72$

$$x_b = 33.60 \quad y_b = 8.97 \text{ mts}$$

El punto más bajo se encuentra

$$y_b = 200.2 - 8.97 = 191.23 \text{ mts}$$

El nivel del agua se encuentra a 196 mts se tendra que tensionar el Cable para colocarlo sobre la linea de agua.

Cable N° 3 y 4 (Máxima creciente)

$$L_{\text{cable}} = 47.24 \text{ mts.}$$

$$d = 1.7 \text{ mts}$$

$$c = T/w = wL/w = L = 47.24 \text{ mts.}$$

Remplazando en las fórmulas (1) y (2) se tiene:

$$x_a = -21.99$$

$$x_b = 25.25$$

$$y_b = 6.91$$

El punto más bajo se encuentra

$$y_b = 200.2 - 6.91 = 193.29 \text{ mts.}$$

El nivel del agua se encuentra a 196 mts se tendra que tensionar el Cable para colocarlo sobre la linea de agua.

Cable N° 6 (Máxima creciente)

$$L_{\text{cable}} = 115.88 \text{ mts.}$$

$$d = 1.7 \text{ mts}$$

$$c = T/w = wL/w = L = 115.88 \text{ mts.}$$

Remplazando en las fórmulas (1) y (2) se tiene:

$$x_a = -56.30$$

$$x_b = 59.57$$

$$y_b = 15.65$$

El punto más bajo se encuentra

$$y_b = 200.2 - 15.65 = 184.55 \text{ mts}$$

El nivel del agua se encuentra a 196 mts se tendra que tensionar el Cable para colocarlo sobre la linea de agua.

Como se podra apreciar de los resultados obtenidos se tendra que tensionar todos los cables para ubicarlos sobre la linea de agua, nos daremos la condición que el punto más bajo estara a 1.00 mts sobre el nivel de máxima creciente, por lo tan

$$\text{to } y_b = 200.2 - 197.0 = 3.2 \text{ mts}$$

Cable N° 1 (Máxima creciente) To 1000 Kg

$$L_{\text{cable}} = 53.72 \text{ mts.}$$

$$d = 1.7 \text{ mts.}$$

$$c = 1000/6.2 = 161.29 \text{ mts}$$

Remplazando en la fórmula (1) y (2) se

$$\text{tendra: } x_a = -21.78$$

$$x_b = 31.93 \quad y_b = 3.17$$

Como $y_b = 3.17$ se aproxima a 3.20 tomare

mos una Tensión inicial de 1000 Kg para el Cable N° 1.

Cables N° 2 y 5 (Máxima creciente)

To 500 Kg

$$L_{\text{cable}} = 64.32 \text{ mts.}$$

$$d = 1.5 \text{ mts.}$$

$$c = 500/0.69 = 724.63 \text{ mts.}$$

Remplazando en la fórmula (1) y (2) se

$$\text{tendra: } x_a = -15.26$$

$$x_b = 49.05 \quad y_b = 1.66$$

Como y_b no se aproxima a 3.2 nos daremos

otra Tensión inicial.

To = 150 Kg

$$L_{\text{cable}} = 64.32 \text{ mts.}$$

$$d = 1.5 \text{ mts}$$

$$c = 150/0.69 = 217.39 \text{ mts.}$$

Remplazando en la fórmula (1) y (2) se

$$\text{tendra: } x_a = -27.11$$

$$x_b = 37.21 \quad y_b = 3.19$$

Como $y_b = 3.19$ se aproxima a 3.20 tomare

mos una Tensión inicial de 150 Kg para el Cable N° 2 y 5.

Cables N^o 3 y 4 (Máxima creciente)

$$T_0 = 200 \text{ Kg}$$

$$L_{\text{cable}} = 47.24 \text{ mts}$$

$$d = 1.7 \text{ mts}$$

$$c = 200/0.69 = 289.85 \text{ mts.}$$

Remplazando en la fórmula (1) y (2) se

$$\text{tendra: } x_a = -13.20$$

$$x_b = 34.03$$

$$y_b = 2.00$$

Como y_b no se aproxima a 3.2 nos daremos

otra Tensión inicial.

$$T_0 = 100 \text{ Kg}$$

$$L_{\text{cable}} = 47.24 \text{ mts}$$

$$d = 100/0.69 = 145.0 \text{ mts.}$$

Remplazando en la fórmula (1) y (2) se

$$\text{tendra: } x_a = -18.42$$

$$x_b = 28.81$$

$$y_b = 2.87$$

Como $y_b = 2.87$ se aproxima a 3.20 tomare

mos una Tensión inicial de 100 Kg para los Cables N^o 3 y 4.

Cable N^o 6 (máxima creciente) T_0 2000 Kg

$$L_{\text{cable}} = 115.88 \text{ mts.}$$

$$d = 1.7 \text{ mts.}$$

$$c = 2000/2.76 = 724.63 \text{ mts.}$$

Remplazando en la fórmula (1) y (2) se

$$\text{tendra: } x_a = -47.32$$

$$x_b = 68.55$$

$$y_b = 3.24$$

Como $y_b = 3.24$ se aproxima a 3.20 tomare

mos una Tensión inicial de 2000 Kg para el Cable N^o 6.

7.2.2. Cálculo de las Tensiones iniciales que se deben dar a los Cables y Cadenas para que los Cables estén sobre el nivel del Río (ver figura 33)

Se considerara que solo actua la corriente del Río, $P_r = 163.26 \text{ Kg/mt}^2$

$$A_t = 0.283 \times 12 = 3.40 \text{ mt}^2$$

$$F_r = 163.26 \text{ Kg/mt}^2 \times 3.40 \text{ mt}^2 = 555 \text{ Kg}$$

De la figura N° 33

$$R_1 \cos 60^\circ + 555 = R_6 \cos 30^\circ$$

Como el resultado obtenido de R_1 no satisface la ecuación, daremos una tensión mayor de 1000 Kg a R_1 .

$$R_1 \cos 60^\circ = 2000 \cos 30^\circ - 555$$

$$R_1 \cdot \cos 60^\circ = 1732 - 555 = 1177$$

$$R_1 = 2354 \text{ Kg}$$

Con estas Tensiones y $R_3 = R_4 = 100 \text{ Kg}$ calcularemos las Tensiones iniciales de las cadenas R_7 R_8

Sumatoria de Fuerzas verticales igual a cero.

$$R_7 + R_8 + 2354 \sin 60^\circ + 2(100) \sin 70^\circ + 2000 \sin 30^\circ = 0$$

$$R_7 + R_8 = -3226 \text{ Kg}$$

Sumatoria de Momentos con respecto a la Cadena N° 7.

$$2038(7) + R_8(36) = 1000(43) + 94(36)$$

$$36 R_8 = 32118$$

$$R_8 = 892 \text{ Kg}$$

$$R_7 = 2333 \text{ Kg}$$

Tensiones iniciales de los Cables y Cadenas.

$$\text{Cable N}^\circ 1 = 2.35 \text{ Ton}$$

$$\text{Cable N}^\circ 2 = 0.15 \text{ Ton}$$

Cable N^o 3 = 0.10 Ton
 Cable N^o 4 = 0.10 Ton
 Cable N^o 5 = 0.15 Ton
 Cable N^o 6 = 2.00 Ton
 Cadena N^o 7 = 2.33 Ton
 Cadena N^o 8 = 0.89 Ton

7.2.3. Posición de Cables y Cadenas, con tensión inicial para diferentes niveles del Río. Con ayuda de las Fórmulas (1) (2) (3) (4) se calcula la posición, longitud, Tensión y ángulo de inclinación de Cables y Cadenas.

Cable N^o 1 Máxima creciente.

(ver figura N^o 34)

$$L_{\text{cable}} = 53.72 \text{ mts} \quad c = 379.67 \text{ mts.}$$

$$d = 1.7 \text{ mts.}$$

$$x_a = -14.85 \text{ mts} \quad y_a = 0.29 \text{ mts}$$

$$x_b = 38.36 \text{ mts} \quad y_b = 1.99 \text{ mts}$$

Cable N^o 1 Nivel intermedio

(ver figura N^o 35)

$$L_{\text{cable}} = 53.37 \text{ mts} \quad c = 379.67 \text{ mts}$$

$$d = 5.95 \text{ mts}$$

$$x_a = 15.52 \text{ mts} \quad y_a = 0.31 \text{ mts}$$

$$x_b = 68.89 \text{ mts} \quad y_b = 6.26 \text{ mts}$$

Cable N^o 1 Mínima vaciante

(ver figura N^o 36)

$$L_{\text{cable}} = 52.65 \text{ mts} \quad c = 379.67$$

$$d = 10.2 \text{ mts}$$

$$x_a = 46.72 \text{ mts} \quad y_a = 2.88$$

$$x_b = 99.37 \text{ mts} \quad y_b = 13.08$$

Cable N^o 2 y 5, Máxima creciente.

(ver figuras 37, 40)

$$L_{\text{cable}} = 64.32 \text{ mts} \quad c = 217.39 \text{ mts}$$

$$d = 1.5 \text{ mts}$$

$$x_a = -27.11 \text{ mts} \quad y_a = 1.69 \text{ mts}$$

$$x_b = 37.21 \text{ mts} \quad y_b = 3.19 \text{ mts}$$

Cables N° 2 y 5, Nivel intermedio.

(ver figuras 38, 41)

$$L_{\text{cable}} = 64.08 \text{ mts} \quad c = 217.39 \text{ mts}$$

$$d = 5.75 \text{ mts}$$

$$x_a = -16.00 \text{ mts} \quad y_a = 0.59 \text{ mts}$$

$$x_b = 48.08 \text{ mts} \quad y_b = 5.34 \text{ mts}$$

Cables N° 2 y 5, Minima vaciante.

(ver figuras 39, 42)

$$L_{\text{cable}} = 63.56 \text{ mts} \quad c = 217.39 \text{ mts}$$

$$d = 10.0 \text{ mts}$$

$$x_a = 2.16 \text{ mts} \quad y_a = 0.01 \text{ mts}$$

$$x_b = 65.72 \text{ mts} \quad y_b = 10.01 \text{ mts}$$

Cables N° 3 y 4, Máxima creciente.

(ver figuras 43, 46)

$$L_{\text{cable}} = 47.24 \text{ mts} \quad c = 144.92 \text{ mts}$$

$$d = 1.7 \text{ mts}$$

$$x_a = -18.42 \text{ mts} \quad y_a = 1.17 \text{ mts}$$

$$x_b = 28.81 \text{ mts} \quad y_b = 2.87 \text{ mts}$$

Cables N° 3 y 4, Nivel intermedio.

(ver figuras 44, 47)

$$L_{\text{cable}} = 46.85 \text{ mts} \quad c = 144.92 \text{ mts}$$

$$d = 5.95 \text{ mts}$$

$$x_a = -5.15 \text{ mts} \quad y_a = 0.09 \text{ mts}$$

$$x_b = 41.70 \text{ mts} \quad y_b = 6.04 \text{ mts}$$

Cables N° 3 y 4, Minima vaciante.

(ver figuras 45, 48)

$$L_{\text{cable}} = 46.02 \text{ mts} \quad c = 144.92 \text{ mts}$$

$$d = 10.2 \text{ mts}$$

$$x_a = 8.72 \text{ mts} \quad y_a = 0.26 \text{ mts}$$

$$x_b = 54.74 \text{ mts} \quad y_b = 10.46 \text{ mts}$$

Cable N^o 6, Máxima creciente.

(ver figura 49)

$$L_{\text{cable}} = 115.88 \text{ mts} \quad c = 724.63 \text{ mts}$$

$$d = 1.7 \text{ mts}$$

$$x_a = -47.32 \text{ mts} \quad y_a = 1.54 \text{ mts}$$

$$x_b = 68.56 \text{ mts} \quad y_b = 3.24 \text{ mts}$$

Cable N^o 6, Nivel intermedio.

(ver figura 50)

$$L_{\text{cable}} = 115.72 \text{ mts} \quad c = 724.63 \text{ mts}$$

$$d = 5.95 \text{ mts}$$

$$x_a = -20.65 \text{ mts} \quad y_a = 0.29 \text{ mts}$$

$$x_b = 95.06 \text{ mts} \quad y_b = 6.24 \text{ mts}$$

Cable N^o 6, Mínima vaciante.

(ver figura 51)

$$L_{\text{cable}} = 115.39 \text{ mts} \quad c = 724.63 \text{ mts}$$

$$d = 10.2 \text{ mts}$$

$$x_a = 6.28 \text{ mts} \quad y_a = 0.04 \text{ mts}$$

$$x_b = 121.67 \text{ mts} \quad y_b = 10.24 \text{ mts}$$

Cadena N^o 7, Máxima creciente.

(ver figura 52)

$$L_{\text{cadena}} = 65.04 \text{ mts} \quad c = 75.52 \text{ mts}$$

$$d = 16.0 \text{ mts}$$

$$x_a = -14.67 \text{ mts} \quad y_a = 1.43 \text{ mts}$$

$$x_b = 50.37 \text{ mts} \quad y_b = 17.43 \text{ mts}$$

Cadena N^o 7, Nivel intermedio.

(ver figura 53)

$$L_{\text{cadena}} = 65.44 \text{ mts} \quad c = 75.52 \text{ mts}$$

$$d = 11.75 \text{ mts}$$

$$x_a = -19.64 \text{ mts} \quad y_a = 2.57 \text{ mts}$$

$$x_b = 45.80 \text{ mts} \quad y_b = 14.32 \text{ mts}$$

Cadena N^o 7, Mínima vaciante.

(ver figura 54)

$$L_{\text{cadena}} = 66.32 \text{ mts} \quad c = 75.52 \text{ mts}$$

$$d = 7.5 \text{ mts}$$

$$x_a = -24.90 \text{ mts} \quad y_a = 4.14 \text{ mts}$$

$$x_b = 41.42 \text{ mts} \quad y_b = 11.64 \text{ mts}$$

Cadena N^o 8, Máxima creciente.

(ver figura 55)

$$L_{\text{cadena}} = 65.04 \text{ mts} \quad c = 28.87 \text{ mts}$$

$$d = 16.0 \text{ mts}$$

$$x_a = -26.76 \text{ mts} \quad y_a = 13.31 \text{ mts}$$

$$x_b = 38.28 \text{ mts} \quad y_b = 29.31 \text{ mts}$$

Cadena N^o 8, Nivel intermedio.

(ver figura 56)

$$L_{\text{cadena}} = 65.44 \text{ mts} \quad c = 28.87 \text{ mts}$$

$$d = 11.75 \text{ mts}$$

$$x_a = -28.51 \text{ mts} \quad y_a = 15.25 \text{ mts}$$

$$x_b = 36.92 \text{ mts} \quad y_b = 27.00 \text{ mts}$$

Cadena N^o 8, Mínima vaciante.

(ver figura 57)

$$L_{\text{cadena}} = 66.32 \text{ mts} \quad c = 28.87 \text{ mt}$$

$$d = 7.5 \text{ mts}$$

$$x_a = -30.52 \text{ mts} \quad y_a = 17.68 \text{ mts}$$

$$x_b = 35.80 \text{ mts} \quad y_b = 25.18 \text{ m}$$

7.3.0. TENSIONES EN LOS CABLES Y CADENAS

Las tensiones en los Cables y Cadenas, sera la suma de las tensiones máximas de las dos hipótesis de carga, Embarcación de 1200 Toneladas acoderada al Muelle, acción del Viento y la corriente del Río, Embarcación de 1200 Toneladas acoderando al Muelle a una velocidad de 2 nudos e inclinada 10° respecto al Muelle, acción del Viento y la corriente del Río, añadiendo las máximas tensiones del pretensado inicial.

Las cargas para seleccionar los Cables y Cadenas son:

Cable N ^o 1	$19940 + 2435 = 22375$ Kg
Cable N ^o 2	$1600 + 156 = 1756$ Kg
Cable N ^o 3	$540 + 107 = 647$ Kg
Cable N ^o 4	$540 + 107 = 647$ Kg
Cable N ^o 5	$1600 + 156 = 1756$ Kg
Cable N ^o 6	$7460 + 2028 = 9488$ Kg
Cadena N ^o 7	$17330 + 2871 = 20201$ Kg
Cadena N ^o 8	$21460 + 1797 = 23257$ Kg

(8)

SELECCION DE CABLES Y CADENAS

8.0.0. SELECCION DE CABLES Y CADENAS

La selección de Cables y Cadenas se efectuara usando las tensiones máximas encontradas en el capítulo (7) y con ayuda de catalogo del fabricante que se muestra en el apendice 3.

8.1.0. SELECCION DEL CABLE N° 1.

$$L_{\text{cable}} = 53.96 \text{ mts}$$

$$P = 22375 \text{ Kg}$$

Elegimos cable de 1 1/2" de diámetro 6 x 19 seale (extra improved plow Steel)-IWRC.

Resistencia a la rotura: 103636 Kg

Peso: 6.20 Kg/mt

$$\text{f.s. } \frac{103636}{22375} = 4.63$$

8.2.0. SELECCION DE CABLES N° 2 y 5.

$$L_{\text{cable}} = 64.56 \text{ mts.}$$

$$P = 1756 \text{ Kg}$$

Elegimos cable de 1/2" de diámetro 6 x 19 seale (extra improved plow steel)-IWRC.

Resistencia a la rotura: 12090 Kg

Peso: 0.69 Kg/mt

$$\text{f.s. } \frac{12090}{1756} = 6.88$$

8.3.0. SELECCION DE CABLES N° 3 y 4.

$$L_{\text{cable}} = 47.32 \text{ mts}$$

$$P = 647 \text{ Kg}$$

Elegimos cable de 1/2" de diámetro 6 x 19 seale (extra improved plow steel)-IWRC.

Resistencia a la rotura: 12090 Kg

Peso: 0.69 Kg/mt

$$\text{f.s. } \frac{12090}{647} = 18.66$$

Este factor de seguridad es alto, pero es usado con el fin de utilizar un solo tipo para los Cables N° 2, 3, 4, 5.

8.4.0. SELECCION DEL CABLE N° 6.

$$L_{\text{cable}} = 115.98 \text{ mts.}$$

$$P = 9488 \text{ Kg}$$

Usamos cable de 1" de diámetro 6 x 19 seale (extra improved plow steel)-IWRC.

Resistencia a la rotura: 47000 Kg

Peso: 2.76 Kg/mt

$$\text{f.s. } \frac{47000}{9488} = 4.95$$

8.5.0. SELECCION DE CADENAS N° 7 y 8.

$$L_{\text{cadena}} = 77.28 \text{ mts}$$

$$P = 23257 \text{ Kg}$$

Usamos Cadena de 40 mm de diámetro con contrate (Grado 3)

Resistencia a la rotura: 131000Kg

Peso: $\frac{35.04}{\text{Kg/mt}}$

$$\text{f.s. } \frac{131000}{23257} = 5.63$$

8.6.0. CALCULO DE SOPORTES DE CABLES.

Los Cables van unidos del Muelle hacia los Estribos mediante soportes de Acero, estos soportes van unidos a los Cables por medio de Socket abiertos con pasadores, estos Socket estan estandarizados y se ven en el apendice III.

Por uniformización de diseño, los soportes ubicados en el Muelle (para Cables 1, 3, 4, 6) tendran una altura de 200 mm, estos soportes estaran soldados sobre unos parantes de 600 mm, de altura, para evitar que los Cables tengan contacto con el filo de la cubierta del Muelle y ocurra la rotura de los alambres del Cable, para el Cable n^o 2 y 5, se usaran soportes de 125 mm de altura que van soldados al ala inferior del Puente.

Soporte Cable N^o 1 (Cable 1 1/2) ver figura 58
 $P = 22375 \text{ Kg}$

Según apendice III, se selecciona el Socket para Cable de 1 1/2 de diámetro, cuyas características son:

Diámetro de pin: $2 \frac{3}{4}'' = 70 \text{ mm}$

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha $< 5 \frac{3}{4}'' = 146 \text{ mm}$

Abertura donde se aloja el Socket, espesor de la plancha $< 3'' = 76 \text{ mm}$

De acuerdo a las medidas del Socket calculamos el soporte

Elegimos:

Diámetro del agujero: 72 mm

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha = 120 mm

Ancho efectivo de la plancha (Ae)

$Ae = (120 - 72/2) \times 2 = 168 \text{ mm}$

Usando Acero A-36

$F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$

$$F_d = 0.45 F_y = 0.45 \cdot 2500 = 1125 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1125 \text{ Kg/cm}^2 = 22375 \text{ Kg}/16.8 \text{ cm} \times w$$

$$w = 22375/16.8 \times 1125 = 1.18 \text{ cm}$$

Debido a que el Socket debe alojarse en una plancha cuyo espesor aproximado es de 76 mm

Tomamos un espesor de plancha para el alma de $w=20$ mm, con dos sobreplanchas de 25 mm, cada una (ver figura 58)

El ala del soporte, la tomamos igual que el alma de 20 mm de espesor.

Cálculo de la soldadura.

considerando una carga estática transversal.

Para una soldadura de filete con dimensiones de catetos iguales, el máximo esfuerzo cortante se produce en la sección de la garganta a 67.5°

$$S_{all} = \frac{F}{A}$$

$$S_{all} = \text{Esfuerzo cortante permisible} = 13600 \text{ PSI} \\ = 958 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \text{Area en la garganta a } 67.5^\circ, \text{ garganta} = 0.765a \cdot l \\ l = 30 \text{ cm}$$

$$F = \frac{958 \text{ Kg/cm}^2 \times 0.765 a \times l}{\cos 22.5^\circ}$$

$$a = \frac{22375 \text{ Kg} \times \cos 22.5^\circ}{958 \times 0.765 \times 30} = 0.94 \text{ cm}$$

Para el diseño tomamos un filete de $a=12$ mm

Soporte Cables N° 3 y 4 (Cable de 1/2")

ver figura 59

$$P = 647 \text{ Kg}$$

Según apéndice III, se selecciona el Socket para Cable de 1/2", de diámetro cuyas características son:

Diámetro de pin: 1" - 25.4 mm

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha $< 2" = 50.8$ mm

Abertura donde se aloja el Socket, espesor de la plancha $< 1" = 25.4$ mm

De acuerdo a las medidas del Socket, calculamos el soporte.

Elegimos:

Di metro del agujero = 27 mm

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha = 38 mm

Ancho efectivo de la plancha (A_e)

$$A_e = (38 - 27/2) \times 2 = 49 \text{ mm}$$

Usando Acero A-36 $F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$

$$F_d = 0.45 F_y = 0.45 \times 2500 = 1125 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1125 \text{ Kg/cm}^2 = 647 \text{ Kg} / 4.9 \text{ cm} \times w$$

$$w = 647 / 4.9 \times 1125 = 0.12 \text{ cm}$$

Debido a que el Socket debe alojarse en una plancha cuyo espesor aproximado es de 25 mm

Tomamos un espesor de plancha para el alma de $w = 3/8" = 9.5$ mm con dos sobreplanchas de $1/4" = 6.4$ mm, cada una, (ver figura 59)

El ala del soporte, tomaremos igual que el alma de 9.5 mm de espesor.

Cálculo de la soldadura.

considerando una carga estática transversal.

Para una soldadura de filete con dimensiones de catetos iguales, el máximo esfuerzo cortante se produce en la sección de la garganta a 67.5°

$$S_{all} = \frac{F}{A}$$

$$S_{all} = \text{Esfuerzo cortante permisible } 13600 \text{ PSI} \\ 958 \text{ Kg/cm}^2$$

$A =$ Area de la garganta a 67.5° , garganta de $0.765 \times a \times l$

$l = 30$ cm = Longitud de soldadura.

$$a = \frac{647 \text{ Kg} \times \cos 22.5^\circ}{958 \times 0.765 \times 30} = 0.03 \text{ cm}$$

Para el diseño tomamos un filete de $a = 5 \text{ mm}$
 Soporte Cable N° 6 (Cable de 1")
 ver figura 60

$$P = 9488 \text{ Kg}$$

Según apéndice III, se selecciona el Socket para Cable de 1" de diámetro, cuyas características son:

Diámetro de pin: 2" = 50.8 mm

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha $< 3 \frac{3}{4} = 95 \text{ mm}$

Abertura donde se aloja el Socket, espesor de la plancha $< 2" = 50.8 \text{ mm}$

De acuerdo a las medidas del Socket, calcularemos el soporte.

Elegimos:

Diámetro del agujero = 52 mm

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha = 76 mm

Ancho efectivo de la plancha (A_e)

$$A_e = (76 - 52/2) = 100 \text{ mm}$$

Usando Acero A-36 $F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$

$$F_d = 0.45 F_y = 0.45 \times 2500 = 1125 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1125 \text{ Kg/cm}^2 - 9488/10 \times w$$

$$w = 9488/10 \times 1125 = 0.84 \text{ cm}$$

Debido a que el Socket debe alojarse en una plancha cuyo espesor aproximado de 50 mm

Tomamos un espesor de plancha de $w \frac{3}{4} = 19 \text{ mm}$

para el alma, con dos sobreplanchas de $1/2" = 12.7 \text{ mm}$ cada una (ver figura 60)

El ala del soporte, tomaremos igual que el alma de 19 mm de espesor.

Cálculo de la soldadura.

considerando una carga estática transversal.

Para una soldadura de filete con dimensiones de catetos iguales, el máximo esfuerzo cortante se produce en la sección de la garganta a 67.5°

$$S_{all} = \frac{F}{A}$$

$$S_{all} = \text{Esfuerzo cortante permisible } 13600 \text{ PSI} \\ 958 \text{ Kg/cm}^2$$

A = Area de la garganta a 67.5° , garganta de $0.765 \times a \times l$

$l = 30 \text{ cm} = \text{Longitud de soldadura.}$

$$F = \frac{958 \text{ Kg/cm}^2 \times 0.765 \times a \times l}{\text{Cos } 22.5^\circ}$$

$$a = \frac{9488 \text{ Kg} \times \text{Cos } 22.5^\circ}{958 \text{ Kg/cm}^2 \times 0.765 \times 30 \text{ cm}} = 0.40 \text{ cm}$$

Para el diseño tomamos un filete de $a = 12 \text{ mm}$

Soporte Cables n^o 2 y 5 (Cable de 1/2")

ver figura 61

$$P = 1756 \text{ Kg}$$

Según apendice III, se selecciona el Socket para Cable de 1/2" de diámetro, cuyas características son:

Diámetro del pin: 1" = 25.4 mm

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha < 2" = 50.8 mm

Abertura donde se aloja el Socket, espesor de la plancha < 1" = 25.4 mm

De acuerdo a las medidas del Socket, calcularemos el soporte.

Elegimos:

Diámetro del agujero = 27 mm

Distancia del eje del agujero al extremo de la plancha = 38 mm

Ancho efectivo de la plancha (A_e)

$$A_e = (38 - 27/2) \times 2 = 49 \text{ mm}$$

Usando Acero A-36 $F_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$

$$F_d = 0.45 F_y = 0.45 \times 2500 = 1125 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1125 \text{ Kg/cm}^2 = 1756/4.9 \times w$$

$$w = 1756/1125 \times 4.9 = 0.32 \text{ cm}$$

Debido a que el Socket debe alojarse en una plancha cuyo espesor aproximado es de 25 mm

Tomamos un espesor de plancha para el alma de

$$w = 3/8" = 9.5 \text{ mm con dos sobreplanchas de } 1/4" =$$

6.4 mm cada una, (ver figura 61)

Cálculo de la soldadura.

considerando una carga estática transversal.

Para una soldadura de filete con dimensiones de catetos iguales, el máximo esfuerzo cortante se produce en la sección de la garganta a 67.5°

$$S_{all} = \frac{F}{A}$$

$A =$ Area de la garganta a 67.5° , garganta de $0.765 \times a \times l$

$l = 30 \text{ cm} =$ Longitud de soldadura.

$$F = \frac{958 \text{ Kg/cm}^2 \times 0.765 \times a \times l}{\cos 22.5^\circ}$$

$$a = \frac{1756 \text{ Kg} \times \cos 22.5^\circ}{958 \times 0.765 \times 30} = 0.07 \text{ cm}$$

Para el diseño tomamos un filete de $a = 5 \text{ mm}$

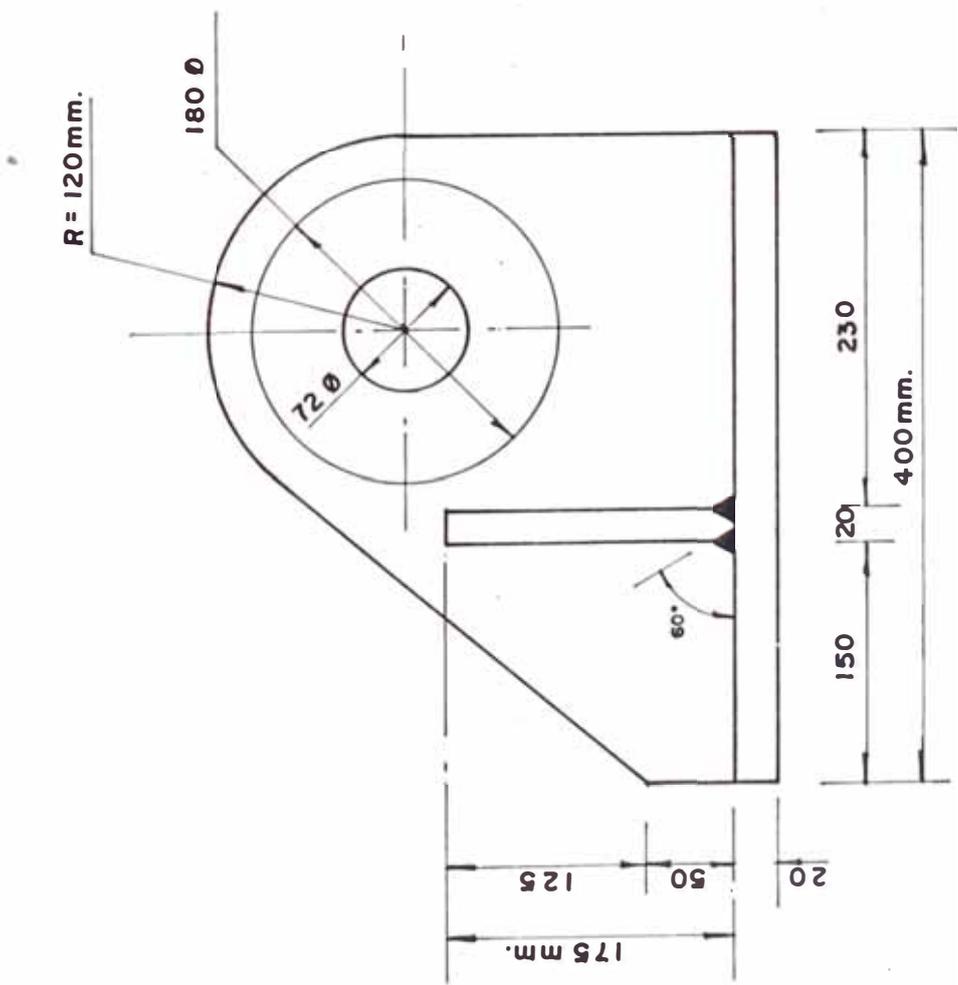
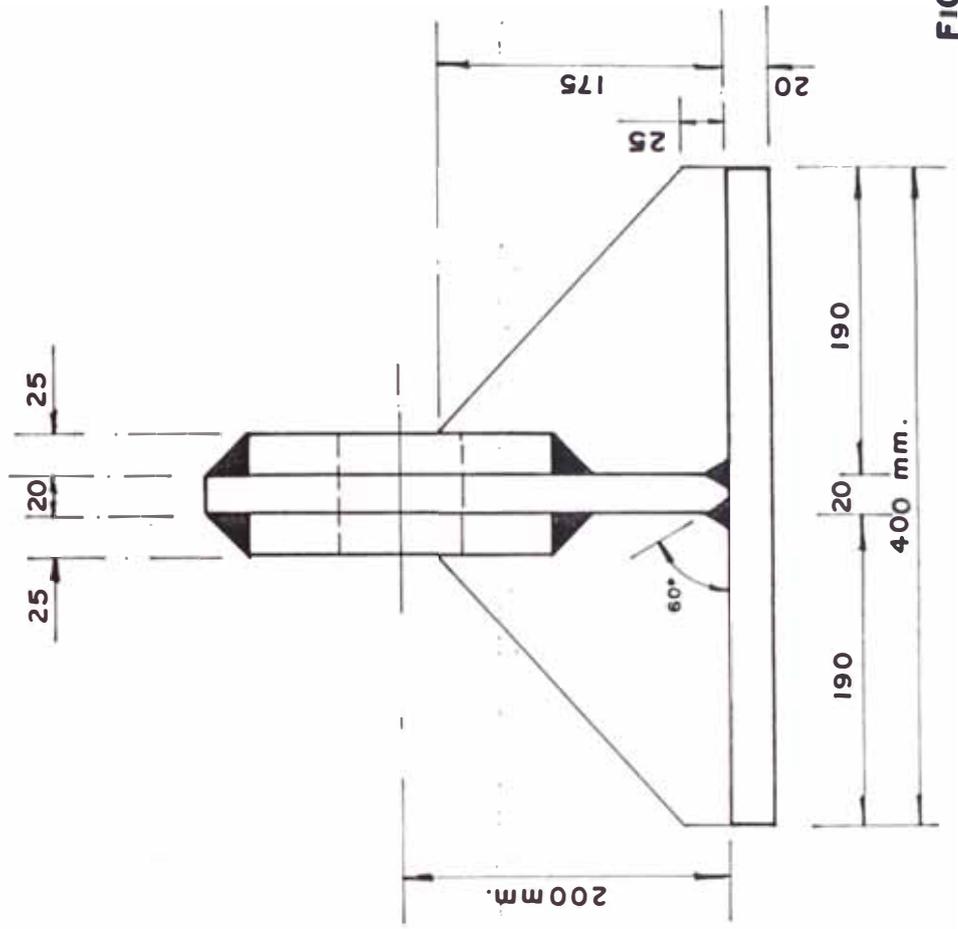


FIG A N° 58

SOPORTE PARA CABLE N° 3 y 4

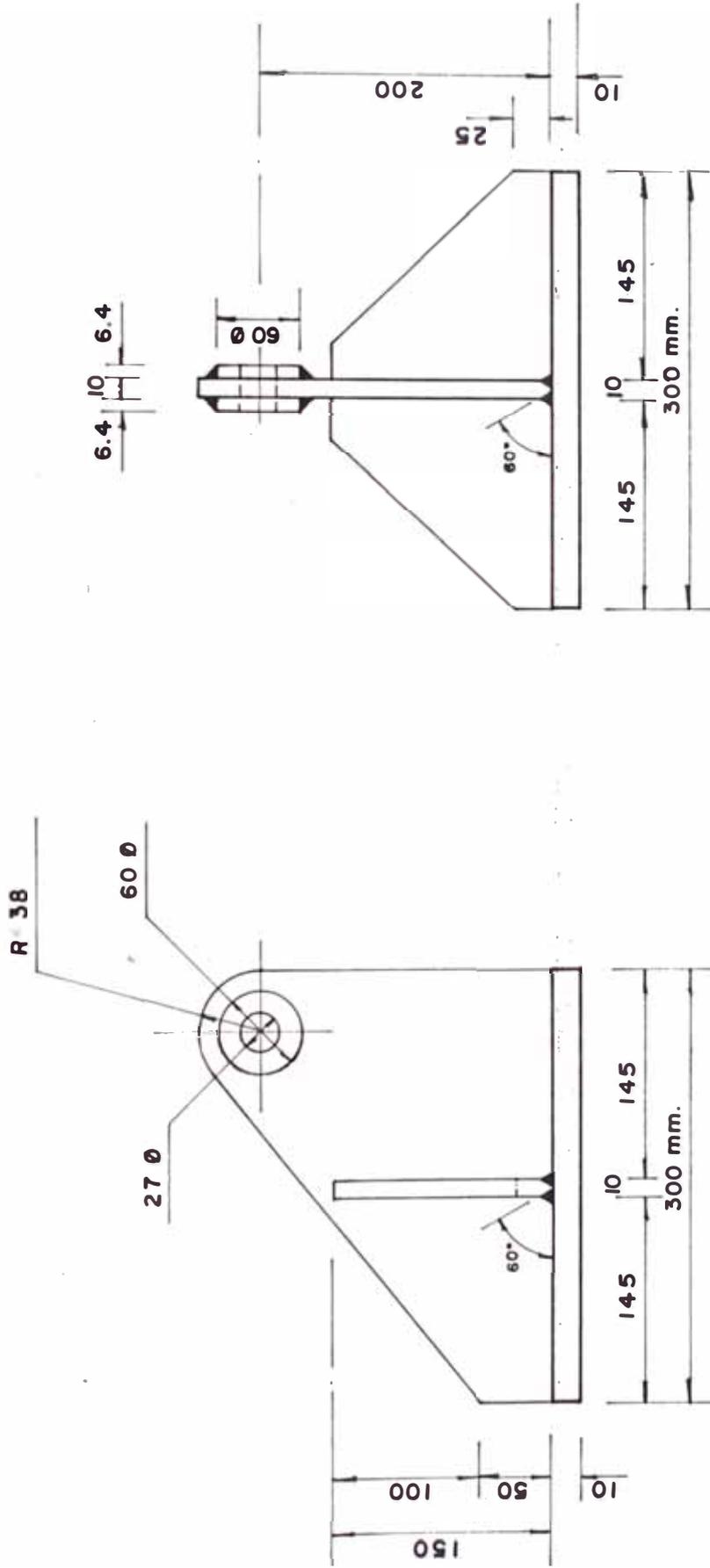
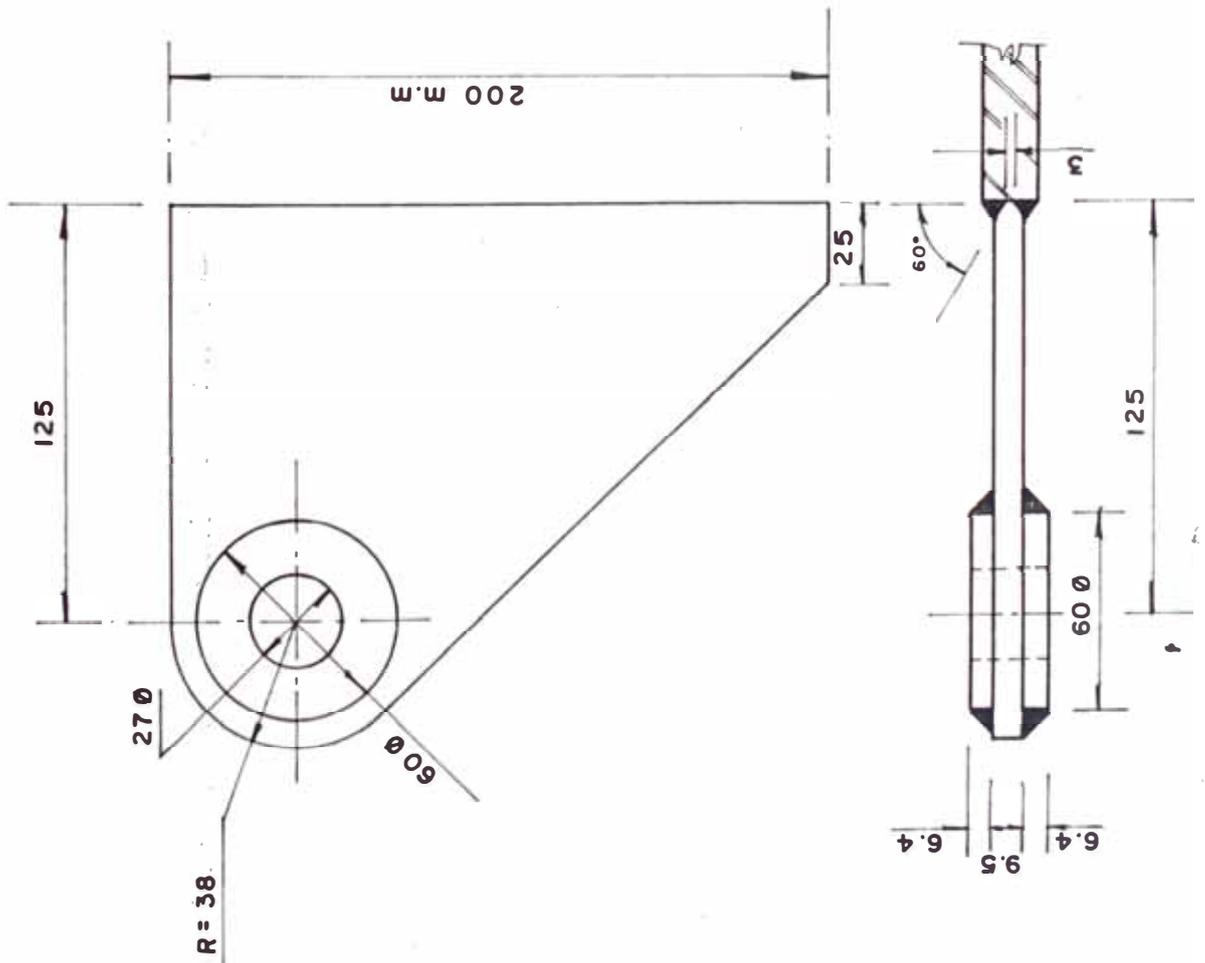


FIGURA N° 59

SOPORTE PARA CABLE Nº 2 Y 5



CONCLUSIONES

- Para la fabricación de acuerdo al diseño efectuado implica que este al alcance de la realidad socioeconómica del país ya que se usa material que producimos tales como Acero Nacional EC-24 que produce Sider Perú, en planchas complementadas con perfiles que se fabrican con planchas dobladas, asimismo los insumos consumibles tales como oxígeno, acetileno, soldadura, etc pueden encontrarse fácilmente en el mercado local, así como mano de obra calificada y astillero con una grada de construcción para aproximadamente 200 Toneladas de capacidad que esta disponible en la región Amazonica.
- Dadas las características del diseño, queda ser usado en diferentes lugares de la región, siempre que sean accesibles a través de ríos navegables y que las condiciones de máximas crecientes y vaciantes permitan la operación del embarcadero, la ubicación exacta es materia de un estudio de suelos y depende además de la dinámica comercial o importancia estratégica para la defensa nacional que se le pretenda dar a la ciudad o región.
- La operación del embarcadero constituye un puntal para el desarrollo de la zona, ya que permite superar los métodos artesanales para la carga y descarga de productos alimenticios y carga en general.
- El embarcadero es de fácil operación ya que la variación de los niveles del río no limita su funcionamiento ya que la posición de trabajo puede lograrse regulando las tensiones de las cadenas.
- El embarcadero es de fácil mantenimiento por que los elementos espuestos a mayor desgaste, así como ejemplo, la madera, barandas, defensas, pernos, luminarias son de fácil acceso y reposición.

- La inversión se justifica por el impulso en su desarrollo integral que dara a región, que podra recuperarse a travez de las entradas por los servicios que preste el embarcadero.

Se recomienda:

- Llevar un control permanente de los niveles del Río.
- Mantener la separación de 1 metro entre el Muelle y el Pontón de Apoyo.
- Efectuar el templado de Cadenas de acuerdo a los niveles del Río.

Mantener limpio los lugares adyacentes al Muelle para evitar la acumulación de la palizada.

- Efectuar el Mantenimiento permanente al Muelle y accesorios.

BIBLIOGRAFIA

- Conferencia acerca de puertos, Mayo 19-20-1980
Norfolk (FLOATING PIERS)
G. TSINKER ASCE
- DOCK AND HARBOUR ENGINEERING
Henry F. Cornick.
Editorial, CHARles Griffin & Company Limited London.
- Teoria del Buque y sus aplicaciones.
C. Godinovich.
Editorial Gustavo Gil.
- Proyecto y Cálculo de las Construcciones Soldadas.
P. Schimpke - H.A. Horn
- Diseño de Máquinas.
A.S. Hall, Mc Graw-Hill.
- Los Elementos de Construcciones Métálicas
Editorial Revertre.
- Manual de la AISC, Edición 1982.