

# DISEÑO DETALLADO UN CATAMARAN PARA RECOLECCION DE DESECHOS FLOTANTES

José Delgado Mendoza<sup>1</sup>  
Wilmo Jara Calderón<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The floating debris collection over water streams is a very important problem for some countries. In the Estero Salado stream of Guayaquil Ecuador the no existing trash collecting public service in the adjacent zones of the Estero Salado push the people to dispose this trash in a very easy way over the stream waters

The floating trash induce the water flow obstruction, avoiding the natural water regeneration and oxygenation, touching also the navigation but over all doing of this important urban stream a very high pollution zone with the knowled human health and the environment. Consequences

For this reasons is very important to have a boat light and small to permit the easy access in the polluted stream zones of the Estero Salado. At the same time the boat have a practical and easy but productive and consistent collector system based in a belt conveyor which transport the floating trash from the water level to a storage basket.

The propulsion system is a conventional out of board motor but is very recommendable use a electrical motor with recharged batteries .

This article resume different steps for this floating trash collector boat design.

## RESUMEN

La recolección de desechos flotantes es un importante problema para muchos países. En el caso del Estero Salado de la ciudad de Guayaquil, la no-existencia de un servicio público de recolección en las zonas adyacentes al Estero obliga a los pobladores a arrojar la basura directamente sobre este cuerpo de agua.

La basura flotante provoca la obstrucción de flujo, evita la oxigenación y regeneración del agua afectando también la navegación, pero sobre todo haciendo de este importante estero urbano una zona altamente contaminada con sus consecuencias para la salud humana y el medioambiente.

Por estas razones es importante contar con una embarcación pequeña y ligera que permita la fácil recolección de los desechos flotantes con el uso de una cinta transportadora que toma la basura desde el nivel del agua y lo lleva hacia una canasta de almacenamiento. El sistema de propulsión que utiliza es de tipo convencional a

---

<sup>1</sup> Egresado de Ingeniería Naval, Escuela Superior politécnica del litoral, 2000, email: [jdelgado@cooperation.net](mailto:jdelgado@cooperation.net)

<sup>2</sup> Director de Tesis, Ingeniero Naval, Escuela superior politécnica del litoral, 1968; email: [wjara@goliat.espol.edu.ec](mailto:wjara@goliat.espol.edu.ec)

través de un motor fuera de borda a diesel. Sin embargo se recomienda también el uso de una opción ecológica que consiste en un motor eléctrico activado por la energía provista por baterías recargables.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Estero Salado es un cuerpo de agua que, al igual que el río Guayas, es uno de los referentes geográficos que identifican Guayaquil desde su fundación. Sus diversas ramificaciones abrazan la ciudad en un recorrido de 30 Km. Que incluye el Puerto Marítimo de Guayaquil, el más importante del país. Los sectores Noroeste, Sur, Oeste, y Suroeste de la ciudad, se han desarrollado a partir de sus riberas, por lo que esta íntimamente relacionado con la población.

En 1783 la utilidad principal del Estero Salado radicaba en servir “para evacuar las inmundicias”<sup>3</sup> de la ciudad. Sea cual fuere el periodo en que se inicio su utilización como vía navegable y ese silencio casi absoluto, sobre todo de los piratas que tan detallistas fueron en sus descripciones de puertos y ríos navegables, prueba sin duda su escaso aprovechamiento. [1].



**Figura 1. Baños de mar del American Park.  
Foto cortesía del Archivo del Banco Central  
del Ecuador, Guayaquil**

## **2. PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN EN EL ESTERO SALADO**

Podría decirse que es a partir del año 1922 con la inauguración del American Park que se inicia la época de surgimiento turístico del Estero Salado, pero fue el alcalde Assad Bucaram que en 1966 sustituye este atractivo sitio de diversión por el parque Guayaquil con sus jardines y bancas. Por esa misma época el Estero Salado empieza a sufrir las consecuencias de la descarga de efluentes de las industrias asentadas en las estribaciones norte del estero, de igual manera se hace evidente la contaminación por las aguas servidas y el vertido de basura de los pobladores del suburbio oeste.

---

<sup>3</sup> Cabildo del 5.XI.1783, ACR, XXI,464

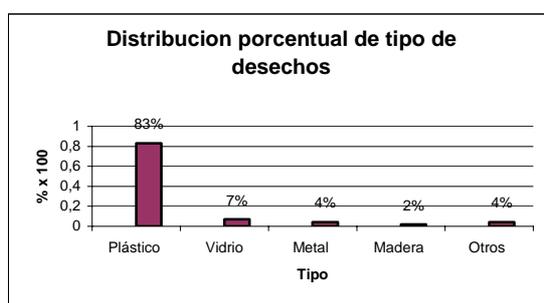
El desarrollo urbanístico de la ciudad también ha sido el pretexto para que ramales del Estero Salado hayan sido rellenados o represados con el consecuente colapso ecológico generado al brazo de mar.

En la actualidad el grado de contaminación varía de acuerdo al tipo de descarga y desechos que recibe, entre los que constan los industriales y aguas servidas domésticas. Con la finalidad de conocer y establecer el nivel de contaminación en el Estero Salado, el Municipio de Guayaquil en 1996 gestionó un crédito no reembolsable con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para financiar los diagnósticos y selección de alternativas para un proyecto de remediación del Estero Salado. La consultora Lahmeyer Cimentaciones fue la elegida y realizó un importante estudio en 1998<sup>4</sup>, de acuerdo a los resultados del mismo 65% de la contaminación es derivada de las descargas domésticas y 35% se atribuye a las descargas industriales.

Otra fuente contaminante es el vertido de los desechos sólidos en las márgenes y en el mismo cauce del Estero, de acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo se tiene que el total de basura (biodegradables, plásticos, maderas y otros) llega a 18.785 kg/mes, esto es cerca de 19 toneladas considerando los dos márgenes. Esto equivale a decir que aproximadamente 230 toneladas de desechos sólidos son vertidas por año al Estero Salado.<sup>5</sup>

### **3. ESTADO ACTUAL DE LA CONTAMINACION POR DESECHOS FLOTANTES EN EL ESTERO SALADO**

Dentro de la contaminación del Estero Salado generado por los desechos sólidos, la presencia de desechos flotantes es la que más llama la atención. Ramales libres o represados presentan un aspecto de basurales por las grandes cantidades depositadas por los habitantes de las zonas que no cuentan con servicio público de recolección. La presencia de plásticos en la basura que flota en el Estero Salado y la que se acumula a lo largo de sus orillas es mayoritaria. De acuerdo a un análisis realizado en la basura del Estero<sup>6</sup> a la altura del estadio de Barcelona en Julio 2002, fue posible identificar en una área equivalente a un metro cuadrado, los siguientes materiales flotantes en cuanto a porcentaje de presencia.



**Figura 2. Materiales presentes como desechos flotantes**

<sup>5</sup> Lahmeyer Cimentaciones, 1998

<sup>6</sup> José Delgado Mendoza, Análisis volumétrico de basura flotante en el Estero Salado, Puente Barcelona S.C. 8 de julio 2002

Por otra parte, la organización ambientalista Comité Ecológico del Litoral (CEL), viene realizando desde 1993 Jornadas de limpieza de las riberas del Estero Salado, estas mingas se realizan una vez por año. A lo largo de 10 años se pudieron recoger en 13 diferentes áreas un total de 204 toneladas de desechos en las riberas del Estero.

Para atender el problema de la contaminación se ha previsto el "**Plan Integral de la recuperación del Estero Salado**", mejor conocido como proyecto PIREs. Este estudio presentara diversas alternativas que enfocaran soluciones tendientes a resolver los problemas de contaminación detectados. Su realización es además una respuesta a

Para la realización de esta tesis hemos tomado en cuenta la misma distribución establecida por la consultora Lahmeyer Cimentaciones cuya área de influencia de su estudio fue dividida en tres zonas de acuerdo a la situación geográfica y urbanística de cada una.

#### 4. ZONA I

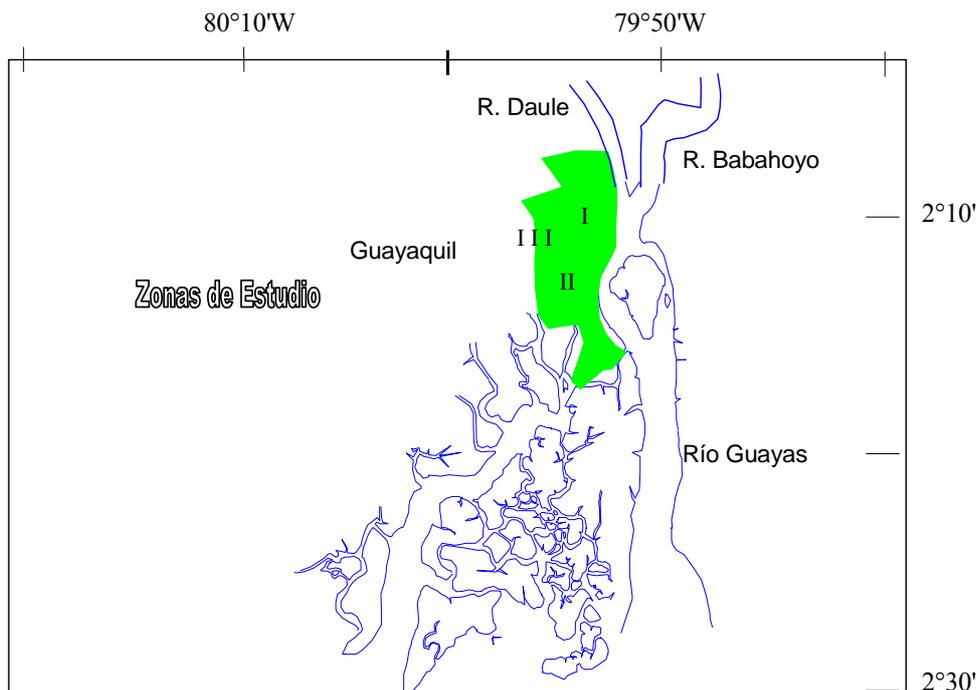
Tramo A	Ramal interior que se dirige al norte, represado entre las ciudades de Urdesa y Kennedy.
Tramo B	Ramal interior que se dirige al noroeste, comprendido entre el parque deportivo Miraflores y el puente de unión entre las ciudades de Kennedy y Urdesa, al pie de la gasolinera. Cerca al límite norte del Campus de la Universidad de Guayaquil. En este punto se unen los tramos A y B.
Tramo C	Sección entre la confluencia de las secciones A y B y el Puente 5 de Junio.
Tramo D	Comprendido entre los Puentes 5 de Junio y el de la calle 17.

#### 5. ZONAL II

Tramo E	Sección entre el Puente de la calle 17 y el Puente Portete.
Tramo G	Comprendido entre el estero Santa Ana y el extremo sur de la Isla Trinitaria, cerca de Puerto Marítimo.
Tramo H	De Puerto Liza a Cuatro Bocas.
Tramo I	Sección entre Cuatro Bocas y el Puerto Marítimo.
Tramo estero Cobina	Ubicado entre el río Guayas y el Sur de la Isla Trinitaria. En este estero esta ubicado el Puerto Marítimo.

## 6. ZONA III

Tramo Puerto Hondo	Sección entre el ramal interno que llega a Puerto Hondo y los Esteros Piano Seco, Estero Mongon, Estero Madre de Costal.
Ramales varios	Principalmente abarca el Estero y los esterillos al Oeste y Sur de la isla Santa Ana y Norte y Oeste de la isla la Esperanza.
Tramo Puerto Hondo	Sección entre el ramal interno que llega a Puerto Hondo y los Esteros Piano Seco, Estero Mongon, Estero Madre de Costal.
Ramales varios	Principalmente abarca el Estero y los esterillos al Oeste y Sur de la isla Santa Ana y Norte y Oeste de la isla la Esperanza.



## **7. SELECCION DEL SISTEMA DE RECOLECCION DE DESECHOS SÓLIDOS**

En el estudio de Lahmeyer se establece que la cantidad de desechos flotantes presentes en el Estero Salado equivalen a **18 toneladas / mes** Esto hace pensar en la necesidad inicial de limpiar los desechos existentes hasta ahora y a partir de eso recolectar un promedio de **630 Kg. / día** de desechos.<sup>7</sup>

Escoger el sistema de recolección implica la revisión de otros sistemas existentes y encontrar de acuerdo a una matriz de decisión el que mejor se ajuste a las necesidades y al nivel tecnológico deseado.

### **Esta matriz contiene criterios de evaluación tales como:**

- Tipo de embarcación
- Nivel tecnológico y equipos auxiliares:
- Cantidad de equipos que requiere
- Tipo de energía que utiliza y consumo
- Capacidad de recolección, Operatividad (maniobras y versatilidad)
- Costo US \$
- Peso y dimensiones
- Ventajas
  - a.-: Con relación a los otros sistemas
- b.- Con relación al problema
- Desventajas
  - a.-: Con relación a los otros sistemas
- b.- Con relación al problema

Los sistemas evaluados son:

### **Recolector por cinta transportadora**

### **Recolector con pala y sistema hidráulico de elevación**

### **Recolector Mixto: Extensión de la proa que se abre más parrilla hidráulica y canasta recolectora**

Se escoge el primer sistema por su sencillez pero también por su adaptación y aplicación al medio local

---

<sup>7</sup> Lahmeyer Cimentaciones, 1998

## **8. DISEÑO DE LA CANASTILLA DE RECOLECCION**

La canastilla de almacenaje de los desechos recogidos debe:

- Ser elaborada en acero inoxidable u otro material que no sea afectado por la salinidad del agua a la que estará expuesta
- Estará parcialmente bajo la cubierta
- Estará ubicado entre la sección media y la popa
- Llevará elementos de agarre para ser extraída y colocada por una pluma externa.
- Su parte alta estará directamente al alcance de la parte superior de la banda transportadora

## **9. DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA**

Para el diseño de la banda se consideran los siguientes parámetros:

1. *Densidad del material a transportar.*
2. *Dimensiones del ancho, longitud y velocidad de la banda*

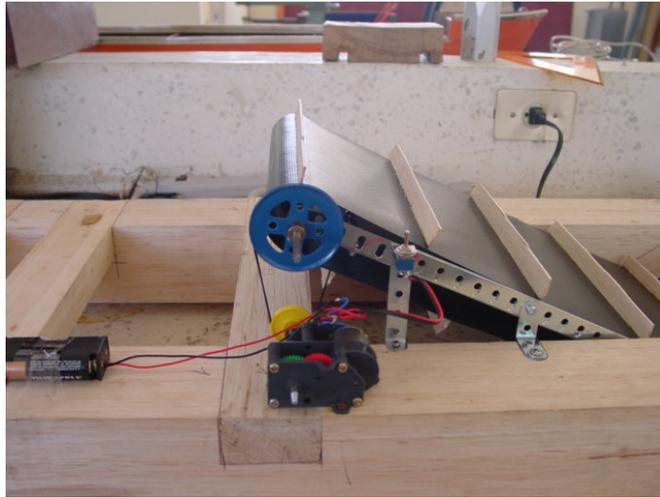
La banda una vez calculada presenta las siguientes dimensiones y capacidades:

Ancho de la banda = 1 m Longitud de la banda = 3 m Q máx. = 0.15 ton / h La velocidad de la cinta es igual a: $V = 0.222 \text{ m/s}$ Motor eléctrico de 3/4 HP Donde: Q max: Peso recolectado por hora V: velocidad de avance de la cinta
--

El peso de la cinta con las características examinadas y accesorios de instalación es de 940 lb. es decir 0.42 ton. En acero inoxidable.

## **10. PRUEBA DE LA BANDA DE RECOLECCION**

En el laboratorio de Hidrodinámica de la FIMCM se evaluó la capacidad de servicio de un modelo del recolector. La intención fue la de verificar el comportamiento de la banda. En estas pruebas el sistema demostró ser eficiente.



**Figura 3. Sistema instalado en el modelo**

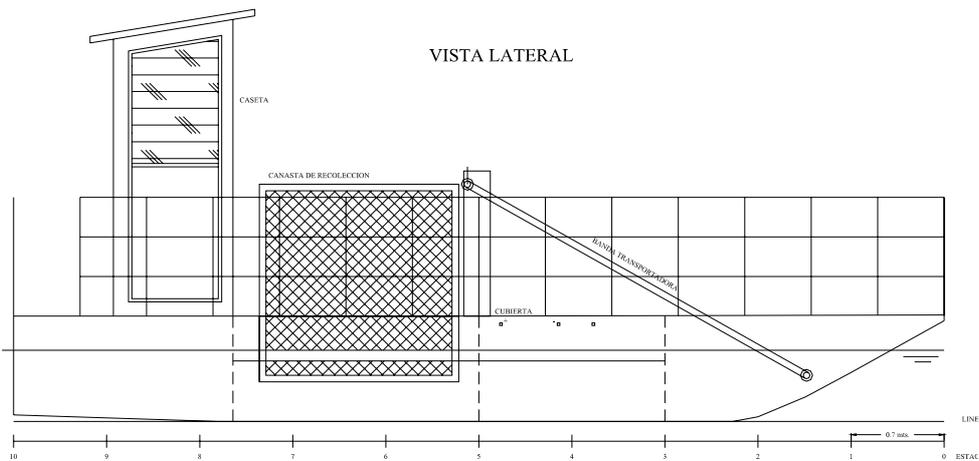


**Figura 4. Modelo en plena prueba**

## 11. DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR

DIMENSION	SIMBOLO	VALOR
ESLORA (m)	L	7
MANGA (m)	W	2.82
MANGA DE CADA SEMICASCO (m)	B	0.59
PUNTAL (m)	D	0.80
CALADO (m)	T	0.41
DESPLAZAMIENTO (T)	$\Delta$	1.78
Cb		0.24

**Tabla I. Dimensiones Preliminares de la embarcación**



**Figura 5. Catamarán Vista Lateral**

Para la distribución se consideran los siguientes espacios y elementos:

- Cascos
- Uniones
- Cubierta
- Propulsión
- Cabina

- Canasta
- Cinta transportadora
- Motor eléctrico cinta

## 12. CALCULO DE LA RESISTENCIA

Por su forma la navegabilidad de un catamarán depende aparte de las resistencias conocidas de la resistencia provocada por el efecto de interferencia de sus cascos. Esta interferencia se debe a la interacción hidrodinámica entre cascos<sup>8</sup> es decir a la superposición de los sistemas de olas generados por cada casco y por la alteración del flujo sobre un casco producida por la presencia del otro. Por tanto esta interacción esta provocada por la separación de cascos y por la velocidad de la nave.

Para el catamarán recolector el hecho de navegar en aguas tranquilas, como es el caso del Estero Salado y el de no enfrentar olas de costado que provocaría efectos de torsión sobre la embarcación ofrecen la posibilidad de utilizar un motor fuera de borda.

Para el calculo de la resistencia se ha considerado el calculo de la resistencia para un solo casco y luego se aplico un valor de interferencia de los deducidos experimentalmente y que corresponden a un catamarán de cascos simétricos y con numero de Froude entre 0.20 y 0.46 cubriendo una amplia zona de separaciones.

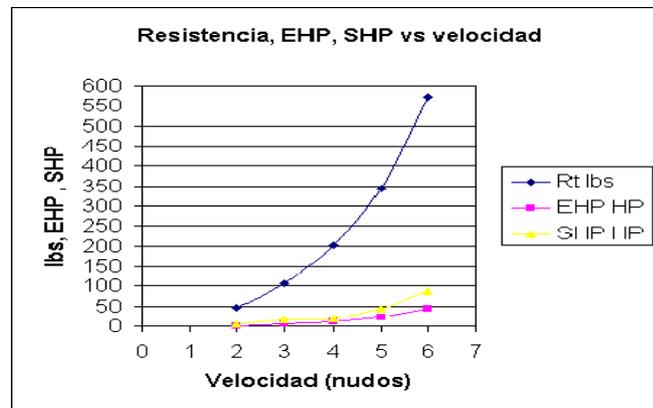


Figura 6: Curva para la Resistencia y Potencia efectiva

## 13. SISTEMA PROPULSOR

Para el catamarán se ha elegido un motor fuera de borda Mercury de 25 HP .

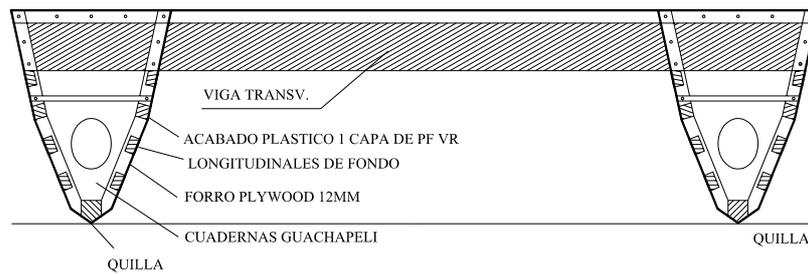
Sin embargo la tesis recomienda la utilización de un motor eléctrico alimentado por baterías recargables.

<sup>8</sup>José Maria Álvarez Campana, Teoría del buque ETSIN. Enero 1998

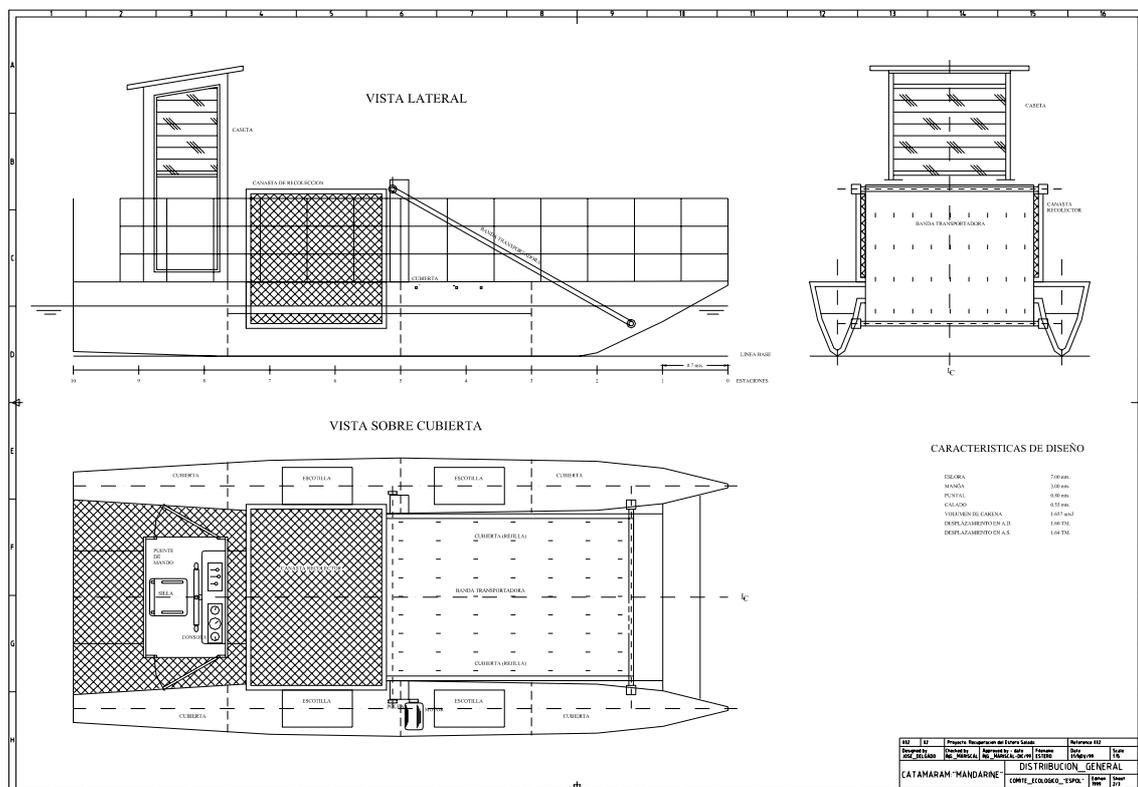
## 14. DISEÑO DE LA SECCION MEDIA

Para este calculo se siguieron las reglas y regulaciones para la clasificación de naves construidas en fibra de vidrio de la sociedad clasificadores Bureau Veritas

El materia a utilizar es la madera reforzada con fibra de vidrio y las uniones transversales ( 5 en total) en madera.



**Imagen 1: Arreglo estructural de la sección media**



**Figura 7: Plano de arreglo general**



**Figura 8: Maqueta de la embarcación**

## **CONCLUSIONES**

La embarcación de 7 metros de eslora y 3 de manga total ha sido diseñada para recolectar diariamente hasta 650 ton de desechos flotantes a una velocidad de trabajo de entre 2 y 6 nudos.

La cinta transportadora será activada por un motor eléctrico alimentado por un generador diesel

Se ha diseñado para un sistema de propulsión convencional pero no se descarta y más bien se anima a l uso de un motor eléctrico tipo fuera de borda alimentado por energía eléctrica de baterías y potencialmente por energía solar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. EL PUERTO DE GUAYAQUIL, TOMO III, PUERTO NUEVO, Estrada Ycaza Julio, Instituto de Historia Marítima, Guayaquil, 1994
2. Lahmeyer Cimentaciones, Estudio de Recuperación del Estero Salado, 1998
3. ACCEDE, Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, Min. de Educación, Argentina, Ingeniería en Minas, Calculo de Bandas Inclinadas. Reexaminación Agosto 2002.

4. CLEMENT, P., 'Resistance Tests of a Systematic Series of Planing Hull Forms', SNAME, 1963.
5. SNAME, 'Ship design and construction'. SNAME, 1980.
6. INOCAR, 'Tabla de Mareas, 2003.
7. José Delgado Mendoza, Análisis volumétrico de basura flotante en el Estero Salado, Puente Barcelona S.C. 8 de julio 2002
8. Álvarez-Campana José Maria González, Teoría del Buque, Principales Aspectos Hidrodinámicos de Algunas Embarcaciones Rápidas y No Convencionales, ETSIN 1998.