

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Rehabilitación de las Exclusas, ubicadas en el Estero
Salado”**

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Julio Gustavo Pacheco Aroca

GUAYAQUIL-ECUADOR

2010

DEDICATORIA

A la memoria de mis Padres Adoptivos
Teniente de Fragata Raúl Álava Reyes y
Alicia Pacheco de Álava, que siempre
me inculcaron el estudio como forma de
superación del hombre, a Rita mi esposa
y a mis hijos Raúl y Daniel.

AGRADECIMIENTO

A Jehová, a mis padres Gustavo Pacheco y Fanny Aroca, que me han dado la VIDA; al Cp.-Fg Jorge Rodríguez R. y Sra. Julia Fabricius de Rodríguez, por el constante apoyo durante mis estudios universitarios y a los Ingenieros Ignacio Wiesner, Director de Tesis y Jacinto Rivera Allieri por la orientación en la elaboración de esta tesis de grado y a todos los que me motivaron para lograr este objetivo.

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe de Trabajo Profesional me corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Julio Gustavo Pacheco Aroca

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
Decano de la FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Julian Peña E.
VOCAL

RESUMEN

La Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, preocupada en la gestión ambiental, estableció un Proyecto para la rehabilitación y funcionamiento de las compuertas ubicadas en el “Ramal Universidad” del Estero Salado, dentro del Plan de la Regeneración Urbana, cuyo marco referencial fue el “Plan Integral de Recuperación del Estero Salado”.

En el presente Informe de Trabajo Profesional, se analizó la información básica existente, para conocer la situación real de las compuertas desarticuladas y abandonadas, lo cual permitió estudiar, a manera de anteproyectos, las alternativas propuestas para la rehabilitación de las compuertas , como posibles soluciones a ser implementadas.

En lo referente a la calidad, operación y servicio de las compuertas, se determinó que su infraestructura se encontraba en estado regular y el sistema de izamiento en mal estado.

Se analizó como anteproyectos, la rehabilitación de las compuertas mediante tres alternativas, descartándose dos de ellas, por razones técnicas y

económicas, debidamente sustentadas. La alternativa seleccionada consistió en reparar la infraestructura, las compuertas y el mecanismo de izamiento.

La rehabilitación de las compuertas se concretó en la parte metálica, la cual fue construida originalmente en los Estados Unidos y se llevó a cabo mediante un cronograma de trabajo bajo condiciones contractuales, con materiales de especificaciones norteamericanas y a un costo inferior al requerido, con una propuesta de construcción completamente nueva. Se emplearon métodos de Ingeniería para la calificación de los materiales y trabajos apropiados in situ.

Los trabajos se basaron en los siguientes puntos:

1. Limpieza de las áreas adyacentes
2. Limpieza de las compuertas mediante chorros abrasivos.
3. Protección anticorrosiva de las compuertas
4. Cambio de los marcos que sellan las bocas de desagüe.
5. Instalación y restauración de elementos faltantes de las compuertas
6. Instalación de nuevas guías de deslizamiento
7. Acoplamiento y Nivelación de la nueva estructura
8. Cambio del sistema de levantamiento de las compuertas.

Todas las fases de la rehabilitación de las compuertas contaron con un Plan de Manejo Ambiental, debidamente programado.

Los costos de rehabilitación de las compuertas fueron insignificantes, ante el objetivo y la magnitud del Proyecto de Recuperación del Estero Salado, los beneficios son incalculables, por tratarse de un proyecto ambiental.

Con esta obra se cumplió el primer objetivo trazado por la M. I. Municipalidad de Guayaquil en el Proyecto General de la Recuperación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. PLAN DE LA RECUPERACIÓN DEL ESTERO SALADO.....	3
1.1 Reseña histórica con relación al estero salado.....	3
1.2 Zonificación del Estero Salado	20
1.3 Estudios disponibles de flora y fauna del estero salado.....	25
1.4 Estudios de prefactibilidad para recuperación del salado.....	33
CAPITULO 2	
2. RECONSTRUCCIÓN DE LAS COMPUERTAS.....	54
2.1 Análisis metalúrgico de las compuertas y partes.....	54
2.2 Evaluación del estado de la compuertas.....	65
2.3 Características del sistema instalado.....	74

2.4 Cronograma de ejecución de la obra.....	75
---	----

CAPITULO 3

3. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	82
3.1 Plan de manejo ambiental del proyecto	82
3.2 Costo del proyecto de rehabilitación.....	97

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
--	----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

APG	Autoridad Portuaria de Guayaquil
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAMM	Comisión Asesora Ambiental de la República del Ecuador
CEDEGE	Comisión para el Estudio de la Cuenca del Rio Guayas
CLIRSEN	Centro de Levantamientos Integrales de recursos Naturales por Sensores Remotos.
DAC	Dirección de Aviación Civil
DINAMA	Dirección Nacional del Medio Ambiente
ECAPAG	Empresa Cantonal de Agua Potable y Alcantarillado de Agua Potable
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FODUR	Fondo de Desarrollo Urbano de Guayaquil
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INERHI	Instituto Ecuatoriano de Recursos Humanos
MIM de G.	Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil
PAE	Plan Ambiental Ecuatoriano
SNGA	Sistema Nacional de Gestión Ambiental
UNAMA	Unida Asesora del Medio Ambiente

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Metodología de la Tesis 9
Figura 2.1	Formato del DDP 24
Figura 2.2	Ejemplo de parámetros y CCP 25
Figura 2.3	Formato de Lluvia de ideas para determinar las CCP 27
Figura 2.4	Ejemplo de pruebas de aseguramiento y rangos de control de CCP 28
Figura 2.5	Desarrollo de la matriz de priorización de CCP 30
Figura 2.6	Formato del orden de prioridad de CCP 31
Figura 2.7	Ubicación de las CCP en la matriz de localización de procesos 32
Figura 2.8	Identificación de secciones del proceso en un diagrama de flujo 34
Figura 2.9	Ubicación de las secciones del proceso en la matriz de localización 35
Figura 2.10	Identificación de materia primas en un diagrama de flujo 37
Figura 2.11	Formato del Documento de listado y especificaciones de materias primas 38
Figura 2.12	Ubicación de las materias Primas en la matriz de localización ... 39
Figura 2.13	Criterios de Interacción y evaluación de la matriz de localización 40
Figura 2.14	Calificación de los tipos de impacto 41
Figura 2.15	Ejemplo de evaluación de la matriz de localización 43
Figura 2.16	Esquema del proceso para identificación de variables o parámetros claves del proceso 48
Figura 2.17	Formato de definición de variables como elementos de Solución A CCP 49
Figura 2.18	Formato de definición de variables por cada sección del proceso 52
Figura 2.19	Formato de definición de prácticas de mantenimiento preventivo y prácticas operativas como elementos de solución A CCP 58
Figura 2.20	Formato de definición de especificaciones de materias primas como elemento de solución A CCP 61

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Documento de diseño de producto 91
Tabla 2	Listado de CCP 92
Tabla 3	Matriz e priorización de CCP 93
Tabla 4	Orden de prioridad de CCP 94
Tabla 5	Secciones del proceso 96
Tabla 6	Listado de especificaciones de materias primas 98
Tabla 7	matriz de localización de procesos 99
Tabla 8	Conocimiento técnico documentado sección desbobinadores. 100
Tabla 9	Conocimiento técnico documentado-sección 470C 101
Tabla 10	Conocimiento técnico documentado – sección 472B..... 102
Tabla 11	Conocimiento técnico documentado – sección canutera 103
Tabla 12	Conocimiento técnico documentado – sección rebobinadora.. 104
Tabla 13	Conocimiento técnico documentado – sección sellador 105
Tabla 14	Conocimiento técnico documentado – sección cortadora 106
Tabla 15	Definición de variables de control del proceso 107
Tabla 16	Continuación - Definición de variables de control del proceso 108
Tabla 17	Plan de control de proceso 109
Tabla 18	Continuación - Plan de control de proceso 110
Tabla 19	Continuación - Plan de control de proceso 111
Tabla 20	Continuación - Plan de control de proceso 112
Tabla 21	Continuación - Plan de control de proceso 113

BIBLIOGRAFÍA

1. **ASOCIACION LAHMEYER CIMENTACIONES.** “Estudios del Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado”. Lahmeyer Cimentaciones. Ecuador. Octubre 1998.
2. **CODEMET: Compañía de Metales.** “Sistemas de Aireadores”. Aeration Industries Internatinal. E.E.U.U. 2000
3. **N.N. ?** Manual del Ingeniero Químico, UTEHA
4. **INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada.** “Tabla de Mareas”. INOCAR. Ecuador. 1998
5. **KEMMER F., McCALLION John.** “Manual del Agua: Su Naturaleza, Tratamiento y Aplicación”. McGraw-Hill / Interamericana. México. Marzo. 1995.
6. **MARKS, Lionel.** “Manual del Ingeniero Mecánico”. Editorial UTEHA. México. Primera Edición en Español. Octubre 1979.

7. **WONG Ch. Daniel.** “Experiencia Guayaquil, Regeneración Urbana”. UNDP en colaboración con M.I. Municipalidad de Guayaquil. Primera Edición. Julio 2004.

8. **WONG & WONG Consultores Asociados.** “Revista CP: Ciudad Positiva aquí Guayaquil”. Ecuador. Tomo #2, Segundo Trimestre. 2008.

APÈNDICES

INTRODUCCIÓN

Uno de los tantos problemas que afectan a la ciudad, es la agresión de sus habitantes al Estero Salado, considerado el medio natural que más identifica a la ciudad de Guayaquil. Debido a las grandes descargas de aguas servidas domésticas e industriales y a la deposición de basura de todo origen, el Estero Salado presenta una alarmante contaminación que ha destruido el hábitat de muchas especies bio-acuáticas, amenazando así gravemente a la maricultura y destruyendo en muy poco tiempo los manglares y casi todo el ecosistema del Estero.

Los pequeños ramales de los tramos interiores del Estero Salado han desaparecido, casi en su totalidad, entregando su territorio a las demandas de urbanizaciones, que se multiplicaron en forma paralela al desarrollo de la ciudad. Sin embargo hasta hoy existen algunos, como por ejemplo el que se encuentra entre la Universidad de Guayaquil y la vía denominada Malecón del Salado. Para llegar a la Ciudadela Universitaria Salvador Allende, se cruza este ramal a través de un terraplén, el ramal se comunica con el resto del Estero por medio de una canal o ducto cajón que permite el paso del agua al ser accionada una compuerta.

Este segmento del Estero, llamado para el estudio “Ramal Universidad” conjuntamente con sus áreas cercanas ha sido seleccionado por sus características topográficas, condiciones para el monitoreo en la toma de

muestras y divulgación para la ciudadanía, lo que se puso en conocimiento a la Dirección de Medio Ambiente, como el área del Proyecto Piloto, quienes dieron su aprobación. Además, permitiría desarrollar experiencias y conocer el efecto de algunos componentes o anteproyectos propuestos en el estudio de Factibilidad.

El proyecto tiene como objetivo, probar que el Estero Salado puede ser rescatado en un período determinado, si se cuenta con las condiciones apropiadas para delimitar y regular los elementos exógenos contaminantes. Ante la necesidad de instalar aireadores dentro del Proyecto Piloto dado que éstos, para su funcionamiento deben tener un tirante de agua mínimo de 2 metros, la reconstrucción de la vieja compuerta fue necesario realizarla, de tal manera que al cerrarla mantenga una carga de agua que garantice un buen funcionamiento de los aireadores, obteniendo un nivel permanente y constante. La estructura es de hierro gris, de tipo deslizante movida por un sistema manual de engranaje y se mueve a través de rieles de acero, y la infraestructura es de hormigón armado.

Los Estudios demostraron que es posible regenerar este ramal del Estero Salado y paralelamente desarrollar sus riberas y áreas adyacentes con Obras arquitectónicas como parques lineales, centros ecológicos y otras propuestas, que aprovechaban el potencial eco-turístico de este segmento del Estero Salado.

CAPÍTULO 1

1. PLAN DE LA RECUPERACIÓN DEL ESTERO SALADO.

1.1 Reseña Histórica con relación al Estero Salado

El Estero Salado es un brazo de mar que junto al Río Guayas abraza el territorio en que nació y creció Guayaquil, desde tiempos de su fundación. Su característica principal es la de estar vinculado con un manglar-salitroso que le confiere cualidades de un ecosistema muy particular tanto en su fauna como en su flora. Gracias a Investigaciones hechas, tanto por Emilio Estrada y Francisco Huerta como por Ressa Parducci, se ha podido conocer una muy temprana ocupación de sus márgenes, principalmente hacia el lado oeste, por la ya reconocida "Fase Guayaquil" que

floreció en las riberas del estero, habiéndose encontrado aquí una gran cantidad de piezas correspondientes a este estrato de ocupación prehispánica.

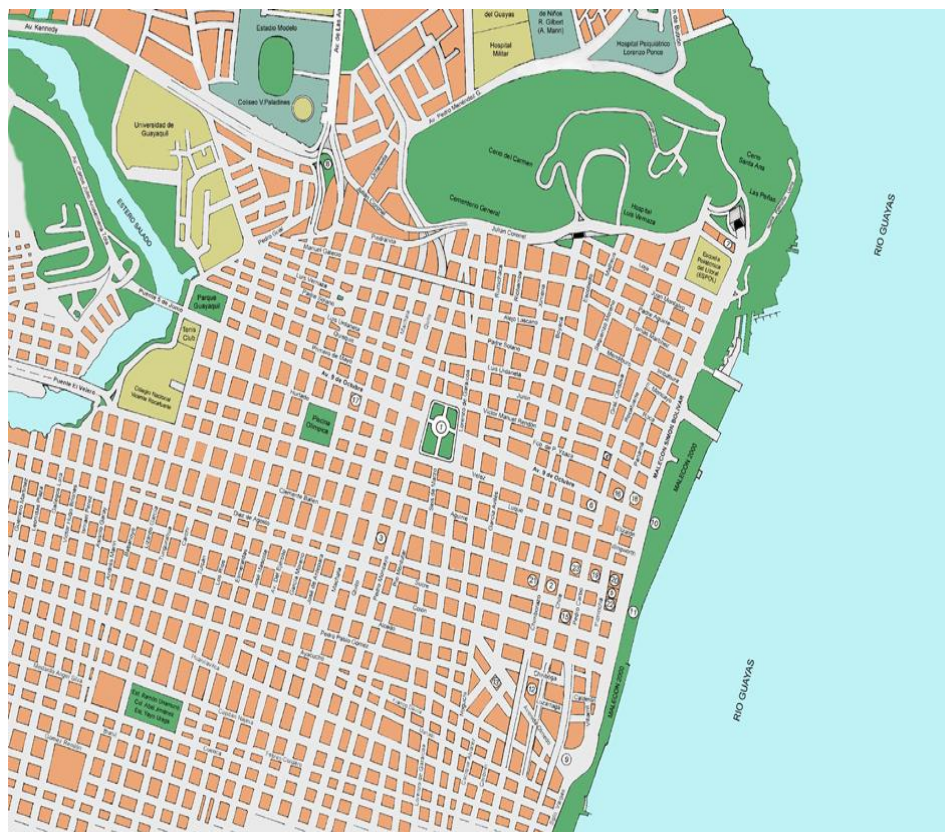


FIGURA 1.1 PLANO DE GUAYAQUIL Y UBICACIÓN DEL ESTERO SALADO

Un largo período de la Fundación de Guayaquil hasta el siglo XVIII, tiempo en el cual Jorge Juan y Antonio Ulloa refieren datos sobre él, dentro de su obra “noticias secretas de América” publicada en 1740.

Dentro de ella, los mencionados científicos, que fueron parte de la misión geodésica que visitó la Real Audiencia en ese entonces, daban a conocer el emplazamiento del Estero Salado y cómo fue utilizado por los piratas en 1709 para ingresar a la ciudad sin ser detectados.

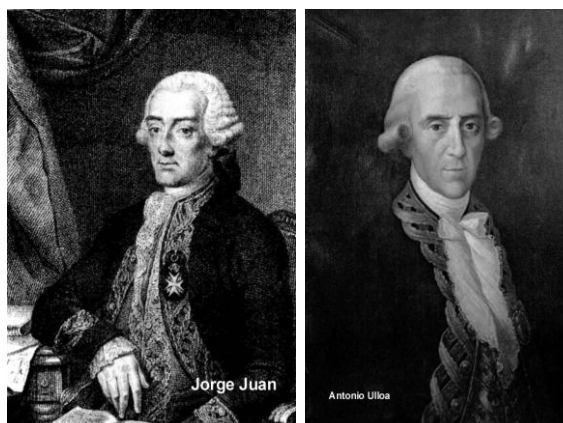


FIGURA 1.2 JORGE JUAN Y ANTONIO ULLOA

En el mismo escrito, se dice que a partir del ataque de Rogers y Dampierre, se mandó a construir un Fuerte en el Estero (su emplazamiento es desconocido), pero que desgraciadamente solo servía para hacer fuego de fusilería a cubierta ya que no fue dotado por ningún tipo de artillería.



FIGURA 1.3 PIRATA WILLIAM JAMPIERE

Otra de las cosas que llamó la atención a los técnicos españoles, fue la gran profundidad que tenía el estero ya que en las cuatro leguas navegadas, había una constante de 14 brazas de profundidad, las que eran superadas solo en algunos parajes.

Para ese entonces, no había forma de llegar a él, sino abriendo camino por la espesura y no es sino hasta 1841, que Guayaquil pudo contar, gracias a la iniciativa de Don Vicente Rocafuerte, con una trocha sobre la que posteriormente se hizo una calzada de cascajo que empataría con la Avenida de San Francisco (actual calle 9 de octubre) y que virtualmente unían al estero con el río.



FIGURA 1.4 VICENTE ROCAFUERTE

Vale la pena destacar que, para ese entonces, ya existía un antiguo camino que daba acceso al Estero y que fue por éste, que se condujo un bote hacia él, el día 9 de octubre de 1820 para que algunos notables de la ciudad realizaran un paseo luego de los eventos que lograron la Independencia de España.

Al generarse facilidades, se creó el camino para llegar al estero, como consecuencia lógica el servicio de los "baños de mar", promocionando la pureza y lo cristalino de las aguas del estero, así como la acogedora belleza del paraje.

En 1860 el Coronel Eugenio Bauman Demetz estableció los "Baños del Salado", con la seguridad que los guayaquileños al tener más

comodidades para utilizar al Estero como Balneario, acudirían a él nutridamente y no se equivocó, puesto que las reseñas de la época permiten aseverar que pocos años después el establecimiento era visitado por una gran cantidad de personas.

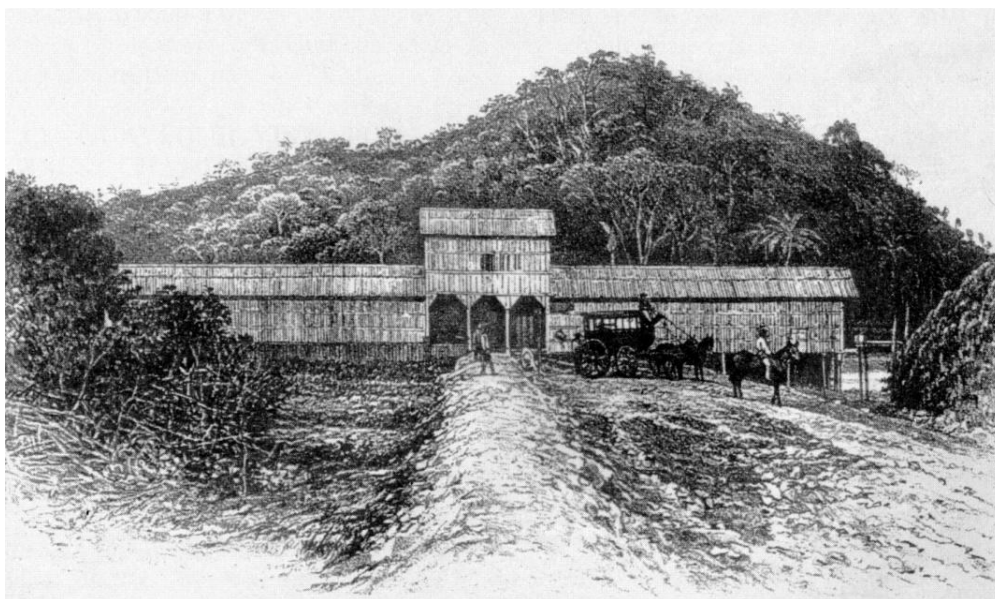


FIGURA 1.5 ENTRADA A LOS BAÑOS DEL SALADO

En 1862 Bauman vende el establecimiento a Belizario González Benítez con el fin de utilizar el producto de la venta en la curación de su esposa que estando en Lima, había enfermado gravemente.

Cuatro años después de adquirirlo, González amplió sustancialmente las instalaciones, publicando incluso un reglamento que prescribía el uso de un tipo especial de indumentaria. Los vestuarios eran alquilados por dos reales

incluyéndose en el precio la utilización de toallas que el establecimiento facilitaba.

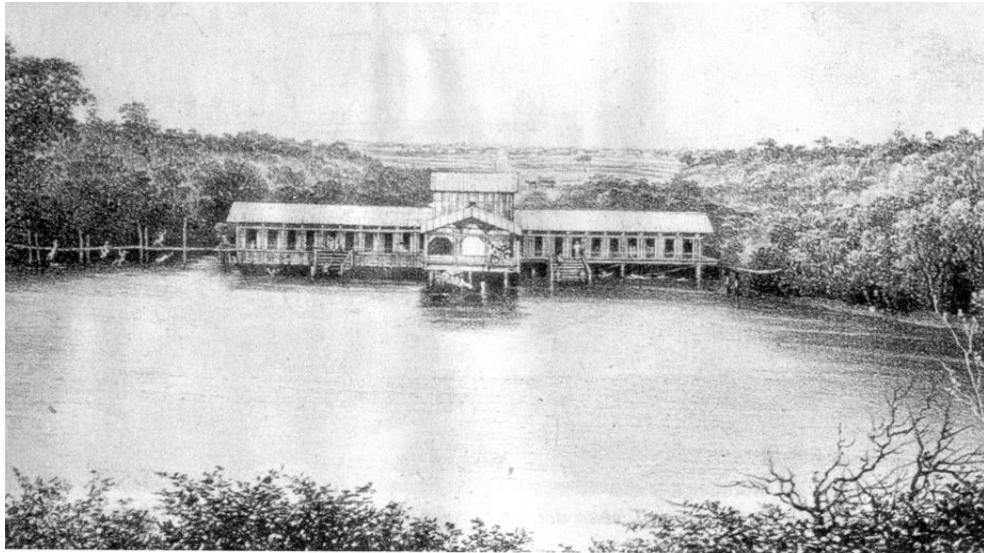


FIGURA 1.6 PARTE POSTERIOR DE LOS BAÑOS DEL SALADO

Julio Estrada Icaza da una descripción del edificio que transcribimos a continuación:

"El edificio se componía de dos alas con diez cuartos cada una; y frente a cada grupo de cuartos un pasadizo que tenía una escalera al centro por la que descendían los bañistas para sumergirse en las aguas del Salado.

En el centro estaban el hall de entrada y una amplia galería sobresaliente hasta con hamacas para la tertulia y para admirar a los bañistas. Una precaria pasarela de unos quince a veinte metros

de largo sobresalía del ala norte para que los más atrevidos bañistas pudiesen hacer maromos y "echar cabezas". En lo alto del cuerpo central estaba la habitación del Guardián."

La llegada a los Baños del Salado se realizaba mediante un "ómnibus" de ocho asientos alado por dos caballos que daba el servicio en verano ya que en la temporada invernal el lugar se convertía en un verdadero infierno debido a la proliferación de toda clase de insectos alados, terrestres e incluso marinos (como la venenosa cucaracha de agua dotada por fortísimas pinzas que hoy en día pueden observarse en el invierno y en Esteros menos polucionados que el Salado).

En 1872 el negocio pasa de las manos de Belisario González a las de Ignacio Rivadeneira, hábil empresario guayaquileño que en sociedad con Francisco Campos y Pablo Indaburu adquieren la empresa con el fin de ampliarla sustancialmente.

El 30 de Septiembre de este año se iniciaron los trabajos para reemplazar al "ómnibus" por una pequeña locomotora con vagón, razón por la cual se tendió una línea férrea desde la Plaza de San Francisco hasta el Estero Salado.

Una de las más importantes contribuciones a la infraestructura urbana de la ciudad, fue hecha para aquel entonces como parte de instalaciones de los Baños del Salado, siendo ésta, el puente sobre el estero que nacería con un largo de 104 metros, resolviendo la comunicación con la península.

En 1875 el negocio fue vendido al empresario José Cucalón quien luego de tres años de administrarlo se lo cede a la "Casa Luzárraga", como parte de pago de las cuantiosas deudas adquiridas con esta empresa financiera.

Para 1881 el plano levantado por Millet registra las líneas del Ferrocarril llegando hasta el Estero sin graficar el establecimiento ya que el plano no contemplaba cubrir esa parte de la ciudad.

Por muchos años "Los Baños del Salado" hicieron la delicia de los guayaquileños convirtiéndose en un sitio obligado de paseo, así como en un lugar de recuperación para enfermedades respiratorias recomendado por los doctores de la época.

Su utilización provocó la creación de un decreto el 6 de abril de 1878 por medio del cual se ordenó la limpieza y canalización de los demás esteros de la ciudad, seguramente con la intención de que esto pudiera emular al gran estero salado.

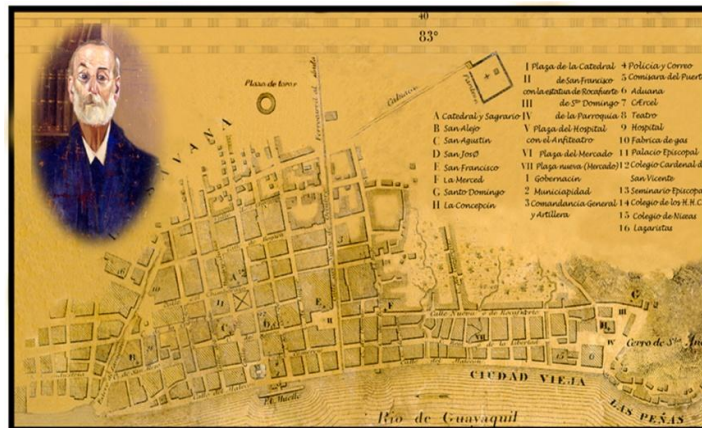


FIGURA 1.7 PLANO DE TEODORO WOLF, LEVANTADO EN 1882 EN EL QUE SE APRECIAN LAS LÍNEAS DEL FERROCARRIL AL “SALADO”

Pero como todo gran proyecto tiene su detractor y más aun su verdugo, el de los "Baños del Salado" encontró en el General Ignacio de Veintimilla al propio quedándole a este, el dudoso “honor” de ser quien destruya, tanto el puente como el edificio del balneario, en Junio de 1883. Gracias a Dios, el dictador duró poco en el poder permitiendo esto que un año después de su destrucción, se inicie su reconstrucción sustancialmente mejorada y con la inclusión de balcones, principalmente en el diseño del puente.



FIGURA 1.8 GENERAL IGNACIO DE VENTIMILLA

En 1892, Según Teodoro Wolf la gran profundidad del Estero Salado lo familiarizaba con un antiguo cauce que debió ser parte del Río Guayas cambiando su morfología en los últimos diez mil años, quedando como una entrada de mar y aislándose del cauce original.

Para 1900 la canalización del Estero y el saneamiento de Guayaquil se convierte en una obra prioritaria, firmándose el contrato con la compañía J.G.White & Co. el 5 de Enero de 1914, para hacer realidad dicho proyecto. Sin duda alguna lo que en su momento fue un proyecto positivo para la ciudad, con el transcurso del tiempo se convirtió en el inicio de la debacle, que terminó por contaminar totalmente las aguas del Estero.



FIGURA 1.9 INSTALACIONES DE AMERICAN PARK PARA LA FECHA QUE ESTE FUE INAUGURADO (1922)

Para 1922 se inauguró en el antiguo emplazamiento de los baños del salado el “American Park”, hermoso edificio para tomar baños de mar que complementaba sus propuestas recreacionales con toboganes, carruseles y una gran variedad de juegos que convirtieron el lugar en uno de los principales atractivos de la ciudad para propios y extraños.

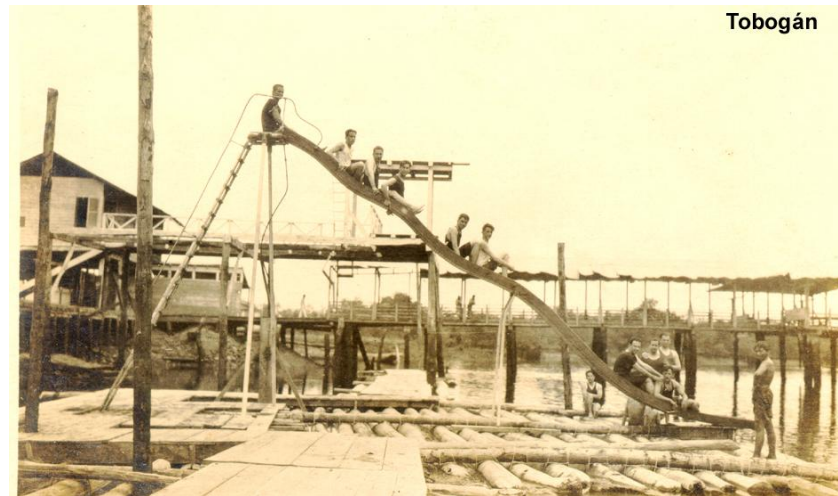


FIGURA 1.10 TOBOGAN TRAÍDO DE ALEMANIA PARA BAÑOS DEL SALADO AMERICAN PARK 1922

Para llegar al American Park, Rodolfo Baquerizo Moreno inauguró un servicio de autobuses que salían de la Plaza San Francisco y que “sólo en seis minutos” llegaba hasta el lugar que normalmente era copado en su totalidad por visitantes.

En este lugar podían practicarse a más de la natación algunos deportes, tales como tiro al blanco, balompié, canotaje, etc. El día 22 de Octubre se instaló un tobogán traído de Alemania que fue uno de las distracciones más festejadas por los guayaquileños.

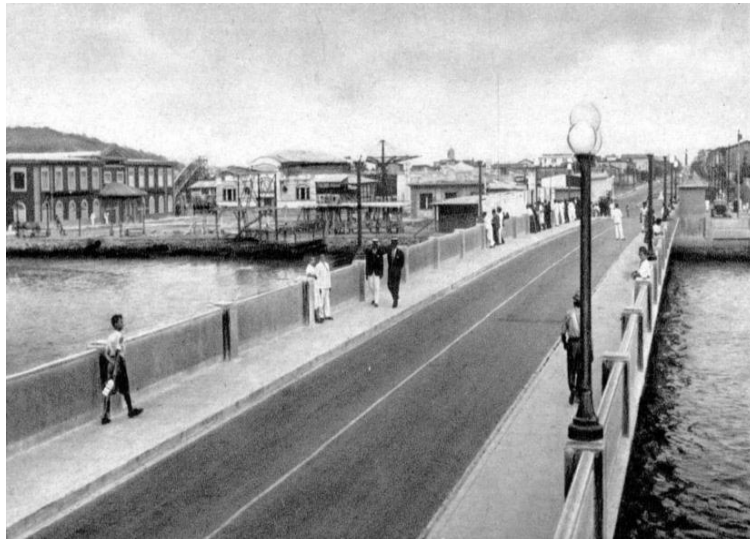
Seis años después, se inaugurará en sus dependencias, la Plaza de Toros, con una temporada cuya organización estuvo a cargo de Juan Fernández, conocido "matador" de la época; multiplicando,

sustancialmente los ingresos del parque, debido a la nutrida concurrencia del público.



FIGURA 1.11 INSTALACIONES DEL AMERICAN PARK EN 1928

En Junio de 1930 se solicita la Reforma al contrato de ocupación del Solar con la finalidad de ampliar sus dependencias y poder realizar los encargos que ya desde ese entonces comenzaban a hacerse. Es así como ocho años después se convertirá en la sede de exposiciones de verano en las que se podía apreciar los avances que había experimentado tanto la industria como el comercio y la agricultura del país.



**FIGURA 1.12 VISTA DE AMERICAN PARK DESDE EL NUEVO
PUENTE “5 DE JUNIO” 1938**

El vigésimo aniversario de su fundación fue festejado apoteósicamente durante toda una semana, la que estuvo repleta de eventos recogidos por la prensa local y nacional.

Tan importantes eran para la ciudad las canchas en el American Park que el 14 de abril de 1945 fueron escogidas para que dentro de ellas se organice el Campeonato Interbarrial de Fútbol.



FIGURA 1.13 VISTA AÉREA DEL AMERICAN PARK A MEDIADOS DE LA DÉCADA DE LOS 40

La relación entre el American Park y el Estero fue totalmente indivisible. Sus inolvidables fiestas al son de la música de la "Blacio Junior" y la animación de Walter Cavero, se hallan grabadas en la mente y los recuerdos de aquellos que conocieron y vivieron al Guayaquil de la primera mitad de siglo XX.

La vida del Estero junto a sus habitantes había comenzado a declinar, como consecuencia de la polución que se hacía sentir porque no tuvo conciencia ecológica gracias a la costumbre adquirida de arrojar los desperdicios a él. La canalización de aguas servidas así como de aguas lluvias lo tuvieron como último destino incrementando con el tiempo su contaminación.

Los planos sanitarios de la ciudad de Guayaquil en la década de 80 permiten observar una gran cantidad de bocas de tubería llegando al Estero con el fin de depositar en él las aguas negras. Hoy a casi siglo y medio de la fecha en que se inauguraran los maravillosos "Baños del Salado"; aquel Estero de aguas cristalinas que fuera la delicia de nuestros antepasados no es más que una estero sin vida y sin manglares; por consiguiente, la actual administración Municipal, tiene su más serio reto para su recuperación y que vuelva a ser un atractivo turístico.

La depuración de sus aguas y la recuperación de sus orillas, para el solaz y esparcimiento ciudadano ha dejado de ser un proyecto para pasar a ser una realidad de la cual ya se observan los primeros frutos en la forma de un Malecón cuya primera fase se halla en construcción ocupando, justamente, aquel antiguo emplazamiento de los "Baños del Salado" que a partir de 1922 fuera también ocupados por las primeras construcciones del American Park. Sin lugar, a dudas hoy es tiempo de transformaciones radicales dentro de las que se cuenta la resurrección del Estero Salado.

Se conoce como Estero Salado al sistema estuarino situado al Occidente del río Guayas y al Oeste del Golfo de Guayaquil y penetra hacia el interior en forma paralela al río, llevando las aguas

del Golfo por una serie de ramificaciones hasta la ciudad de Guayaquil, constituyen parte de la belleza donde se extiende en unos 30 Km. Es ancho en su tramo inmediato al mar pero conforme penetra en tierra se toma largo y estrecho. El tramo superior del Estero que forma parte de la ciudad, no recibe aportes de escorrentías pluviales en forma continua, que corresponderían a los caudales producidos por los drenajes naturales provenientes de la Cordillera de Chongón, que limita a la cuenca por el Occidente. Desde el punto de vista geográfico, la zona de estudio se ubica entre las coordenadas: 2° 08 a 2° 20 de latitud Sur y 79° 52 a 80° 03 de longitud Oeste.

Dentro de este territorio se ha ubicado los siguientes tramos de fácil identificación.

1.2 Zonificación del Estero Salado

El área de influencia del estudio se ha dividido en tres zonas, de acuerdo a la situación geográfica y urbanística de cada una. Esta separación establecida está hecha en los términos de referencia y será generalmente mantenida, con mínima 3 modificaciones.

Zona 1

A la zona 1 corresponden las áreas urbanas con servicios urbanísticos, agua potable y alcantarillado suficientemente adecuadas. Existen residencias e industrias que descargan sus aguas domésticas y servidas

a canales y al Estero Salado: La zona comprende los tramos interiores del Estero Salado hasta el Puente de la calle 17. Geográficamente comprende los tramos A, B, C, D.

- **Tramo A:** Ramal interior que se dirige al norte, represado entre las ciudadelas 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 ciudadelas 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. Esta zona se presenta como la más conflictiva, pues ahí se han asentado las diversas industrias de la ciudad de Guayaquil, muchas de ellas no disponen de tratamiento de las aguas residuales y vierten sus aguas directamente a los canales de drenaje pluvial, a los colectores del alcantarillado sanitario o directamente al Estero Salado.

Zona 2

Esta zona está formada por áreas urbanas recientes, no planificadas, que fueron invadidas por gente de bajos recursos económicos, sin los

servicios urbanísticos mínimos. En la mayor parte de esta zona existe servicio de alcantarillado y servicio directo de agua potable. La población ha rellenado parte de los esteros para asentarse. Existe acumulación de basuras: Hacia el sur se localiza el Puerto Marítimo, donde se efectúan las diversas actividades portuarias, correspondientes al principal puerto del Ecuador. Esta zona involucra los esteros entre el Puente de la calle 17 hasta Cuatro Bocas y el Estero Cobina.

- **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 Puerto Marítimo.
- **Tramo Estero Cobina:** Ubicado entre el río Guayas y el Sur de la Isla Trinitaria. En este estero está ubicado el Puerto Marítimo.

La construcción de las viviendas sobre las orillas del Estero, es uno de los graves problemas de la zona, pues ante la falta de servicios básicos como la recolección de basura, la eliminación de los diversos desperdicios se la efectúa lanzándolos directamente en el agua, lo cual contribuye visiblemente a la contaminación del Estero

Zona 3

En las áreas de esta zona, existe menos interferencia antropológica. Se incluyen los esteros Plano Seco, Mongón, Madre de Costal y el Salado, ubicados al Oeste y Sur de la isla Santa Ana y al Norte y Oeste de la isla Esperanza.

- **Tramo Puerto Hondo:** Sección entre el ramal interno que llega a Puerto Hondo y los Esteros Plano Seco, Estero Mongón, 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. Dentro de esta zona se considerarán las áreas cercanas a los tramos estudiados, en los cuales se han desarrollado cultivos de especies bioacuáticas en cautiverio como el camarón que se podrían ver afectados, por la utilización del agua con bajo oxígeno disuelto.

En el siguiente mapa se identifica el área de trabajo del presente informe y que corresponde al tramo C.

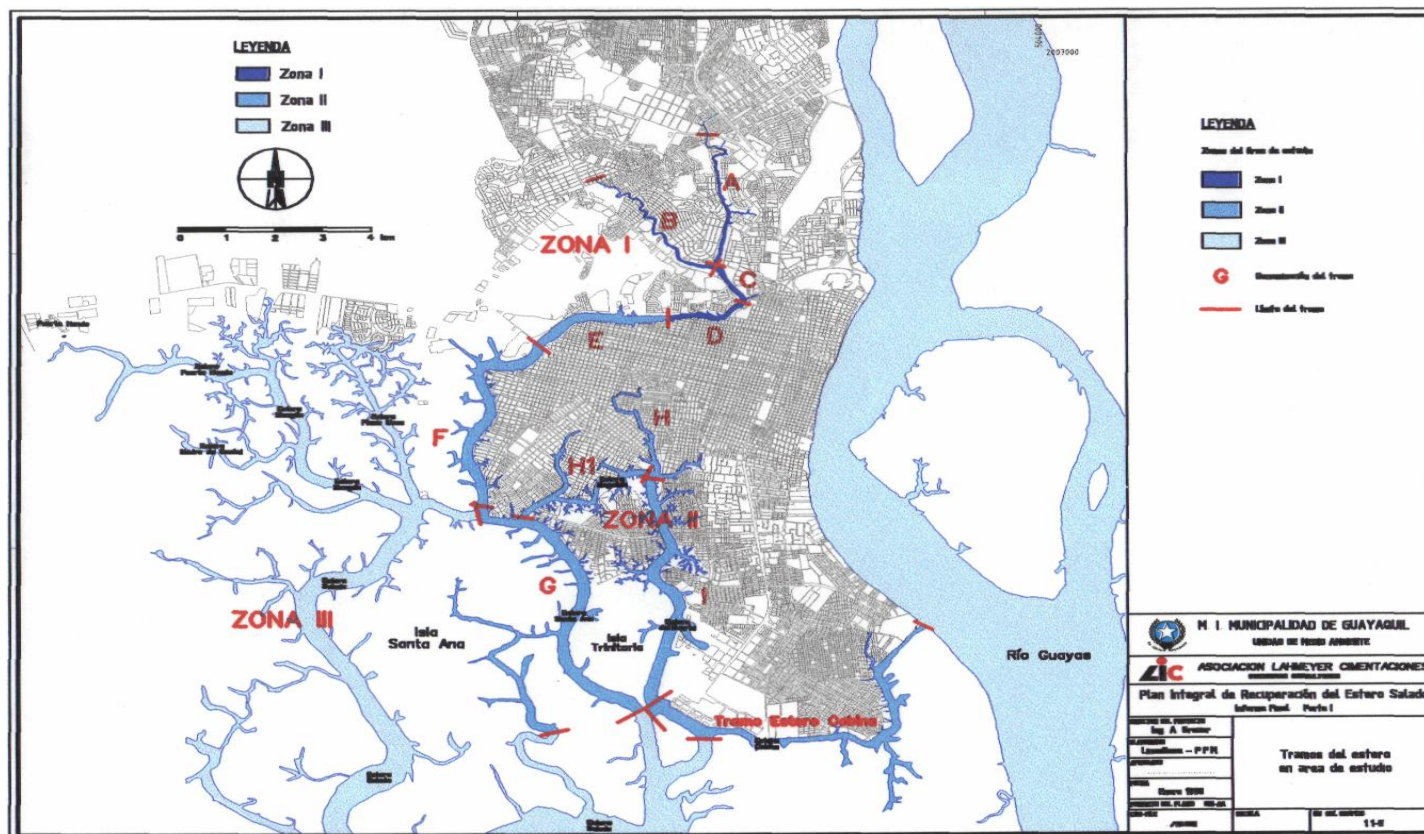


FIGURA 1.14 MAPA CORRESPONDIENTE AL TRAMO C- ÁREA DE TRABAJO

1.3 Estudios Disponibles de Flora y Fauna del Estero Salado

El Estero Salado se caracterizó principalmente por poseer una cantidad relativamente grande de manglar es una variedad de fauna asociada a este ecosistema estuarino.

Estudios realizados en diferentes áreas del Estero Salado dan una visión general de la ecología y el grado de deterioro por la pérdida de especies que ha ido en aumento porque no se ha tomado en serio su recuperación.

Estudios realizados desde los años 80 tienen identificados a las especies todavía existentes, la flora y fauna encontrada en el área de Autoridad Portuaria, tramo Estero Cobina, (Flor Ma. Valverde y otros, 1995) fue la siguiente:

Flora:

Rhizophoraceae, Avicenniaceae, Combretaceae; entre las más conspicuas que forman los matorrales contiguos al manglar, tenemos: Chenopodiaceae, Batidaceae, Nyctaginaceae, Aizoaceae, Boraginaceae, Poaceae, Asteraceae, Nyctaginaceae, Amaranthaceae, Boraginaceae.

Macrofauna:

Moluscos: *Anadara tuberculosa*, *grandis* y *símilis*; *Mytella guyanensis*, *strigata*; *Sphenia fragilis*; *Leptopecten velero*; *Corbula amethystina*.

Crustáceos: *Penaeus occidentalis*, *californiensis*, *brevirostris*, *stylirostris*; *Trachipeneus riveti*; *callinectes toxotes*; *Cardisoma crasum*; *Ucides occidentalis*.

De estudios realizados por Luzuriaga de Cruz (1989) y de muestreos en cinco esteros (1985-1986), entre ellos el Estero Salado, se determinó algunas especies de crustáceos zooplanctónicos y su variación estacional, tales como: copépodos, nauplios, carideos, peneidos, stomatópodos, zoeas de braquícero, megalopa, etc. De éstos se encontró que los copépodos predominaron en el Estero Salado.

La fauna sublitoral bentónica es rica y variada en el Estero Salado exterior, desde la Isla Orosco hasta canal del Morro, (Cruz y otros 1980), de acuerdo al tipo de fondo, condiciones ecológicas diversas y alimento. Entre las clases principales se destacan las siguientes:

Phyllum mollusca, Clase bivalva o pelecípoda, Clase gastrópoda, Clase Scaphoda, Filum annelida, Clase polychaeta, Orden phylodocida, Orden terebelida, Orden eunicida, Phyllum arthropoda,

Phylum protozoa, Clase pignonida, Clase crustácea, Clase ostracoda, Orden copepoda, Orden amphipoda, Orden stomatopoda.

También se ha podido identificar; la existencia, en el Estero Salado exterior, de larvas de camarón, *P. Vannamei*, *P. Stylirostris* y *P. Californieris* (Ávila y Loesch 1965; Cobo 1974; Loesch y Ávila 1966).

A la altura del puente Portete se reporta la presencia de gran cantidad de *huevos de engraulidae*, muchos copépodos y quetognatos muertos (Flor Ma. Valverde 1983), posiblemente debido a la contaminación del Estero Salado en este sector.

Los tramos del Estero Salado que rodean el área urbana de Guayaquil, también han sido objeto de un estudio geobioquímico multidisciplinario (W.Ayarza y otros 1993). En este estudio de corta duración (10-14, Julio, 1985) se realizaron muestreos en los tramos A, B, C, D, E, F, G e I.

Se encontraron organismos bentónicos, aunque con poca diversidad; componentes de ictioplancton, en el Estero exterior (tramos FyG); en los tramos del Estero interior (tramos A,B,C,D) no se encontraron pesquerías, solamente el chame tiene un valor potencial; al Sur se encontraron especies de valor comercial.

Esta tendencia de diversidad y abundancia de organismos coincide con los asientos poblacionales que es mayor en los tramos internos del Estero Salado que en los tramos externos del mismo.

Los organismos encontrados en los diferentes tramos se describen en las siguientes tablas:

Durante la investigación bibliográfica realizada para el presente trabajo no se encontró nuevos estudios que reporten la condición del ecosistema posterior al año 2000.

En definitiva tiene que haber deterioro de la fauna y flora ya que por el momento el municipio lo que ha hecho es contratar la limpieza, ósea lo que se ve pero la contaminación por descargas de afluentes continua, es decir, no se ha atacado la raíz del problema.

En las siguientes tablas se han recogido sumariamente los organismos que han sido identificados como los organismos de las diferentes zonas del Estero Salado.

TABLA 1
ORGANISMOS BENTÓNICOS ENCONTRADOS EN EL ESTERO SALADO

TRAMO	PROFUNDIDAD (M.)	TECAS DE FORAMINÍFEROS	FRUSTUTAS DE DIATOMEAS	PELECIPODOS
D	1		Anphora sp.	
		Ostramina phaeica	Nitzchia sp.	
D	1	Boliviana plicata	Coscinodiscus sp.	Crucibulum spinosum
			Nitzchiaclosterium	Corbula sp.
E	1		Navícula sp.	
			Paralia sp.	
E	1		Nitzchia obtusa	Crucibulum spinosum
			Girosigma sp.	
		Ammoastuta inepta	Coscinodiscus granü ?.	
F	1	Trochammina inflata	Leptocylindricus sp.	
		Quinqueloculina sp.		
I	1	Siphotrochammina lobata		
C	1		Coscinodiscus radiatus	
C	1		Coscinodiscus centrales?	Corbula sp.
			Pleurosigma sp.	
B	Superficial	Ostramina phaeica	Amphora sp.	Corbula sp.
		Siphotrochammina lobata	Coscinodiscus granü?	
		Trochammina inflata	Coscinodiscus centralis?	
		Quinqueloculina sp.		
A	Superficial			Crucibulum spinosum
A	Superficial			Corbula sp.
B	Superficial			

Fuente: Ayarza et al. 1993

TABLA 2

**ESPECIES ENCONTRADAS EN EL ESTERO SALADO E
IMPORTANCIA COMERCIAL.**

Familia	Especie	Nombre Común	Tramo	Valor comercial
Ariidae	Galeichthys sp.	Bagre, bagre lisa	G, F	si
Syngnathidae	Syngnathus sp.		G, F	no
Centropomidae	Centropomus sp.	Róbalo	G, F	si
Pomadasyidae	Pomadasys schyri.	Roncador	G, F	si
Sciaenidae	Cynoscion phoxocephalus	Corvina reina	G, F	si
	Cynoscion squamipinnis	Corvina yanqui	G, F	si
	Bairdiella ensifera	Pollita	G, F	si
Gobiidae			G, F	no
Carangidae	Trachinotus sp.	Pámpano	F	si
Soleidae	Achirus sp.	Lenguado, guardaboya	F	no
Engraulidae	Anchoa sp.		D, E	no
Eleotridae	Dormitator latifrons	Chame	A, B, C, D, E	potencial
Poeciliidae			A, B, C	no

Fuente: Ayarza et al. 1993

TABLA 3

**FAMILIA DE PECES ENCONTRADAS EN LOS RAMALES
INTERIORES DEL ESTERO SALADO**

Tramos	Familia	Consumidor	Valor comercial
G	Ariidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Sciaenidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Pomadasyidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Centropomidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Gobiidae	1er orden, Fitofago detritivor, zooplancton	No
F	Ariidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Sciaenidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Pomadasyidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Centropomidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	Si
	Carangidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	No
	Soleidae	2 ^{do} y 3er orden, Eurihalinos	No
	Gobiidae	1er orden, Fitofago detritivor, zooplancton	No
	Syngnathidae		No
D, E	Engraulidae *	1er orden, Fitofago detritivor, zooplancton	No
	Eleotridae	1er orden, Fitófago detritivor, zooplancton	
A, B, C	Poeciliidae	1er orden, Fitófago detritivor, zooplancton	No
	Eleotridae	1er orden, Fitófago detritivor, zooplancton	Potencial.

Fuente: Ayarza et al. 1993

El estudio concluye con la determinación de zonas con problemas de contaminación, de acuerdo a la presencia del de ciertos organismos indicadores, tales como los *pleurosigma sp.* que generalmente se encuentran en zonas con un alto grado de contaminación; o las tecas de *foraminíferos*, *pelecipodos* y *diatomeas* erosionadas que significaría condiciones ambientales precarias.

También se pudo evidenciar la coincidencia de abundancia y composición de larvas con las zonas más alejadas de la ciudad; la ausencia de huevos en las muestras correspondientes a los tramos “D” y “E”, podrían sugerir que estas zonas no son aptas para el desove y desarrollo de peces.

Dentro del estudio multidisciplinario sobre el estuario del Guayas y Estero Salado (Universidad Libre de Bruselas-ESPOL 1997) se realizó un muestreo del hiperbentos a la altura de la desembocadura del río Chongón. Las especies encontradas en dicho muestreo se enumeran a continuación:

Chaetognatha, Calanoida, Ostrácoda, Caprellidea, Gammaridea, Cumacea, Isopoda, Mysidacea, Stomatopoda, Caridea, Anomura, Brachyura, Pisces.

Todavía no existen suficientes estudios sistemáticos sobre la flora y fauna en el Estero Salado, ni relaciones entre los mayores componentes del ecosistema estuarino como son: *bentos*, *plankton* y *nekton*; que nos permitan formar una base consistente de organismos indicadores de contaminación. El bentos por ejemplo, depende completamente de la sedimentación de la materia orgánica desde la columna de agua; el plakton, la producción primaria se genera si existe una cantidad adecuada de nutrientes, estos últimos pueden ser generados en los sedimentos por el bentos, a través de la mineralización de la materia orgánica. De esta forma ninguna de estas comunidades puede ser vista como una entidad separada.

Sin embargo, de los estudios referidos anteriormente se evidencia un grado de contaminación, especialmente en los tramos internos del Estero Salado, que incide en la diversidad de la flora y fauna del sector.

1.4 Estudios de Pre-factibilidad para la Recuperación del Estero Salado

Calidad de Agua

De la totalidad de la documentación consultada se ha considerado como más importante la siguiente:

- Recuperación del Estero Salado. Plan de Trabajo. 1.978. Empresa

Municipal de Alcantarillado de Guayaquil. (21).

Se esboza un Plan de Recuperación del Estero Salado, en el que se considera: El medio Físico; Las causas que han originado el problema de contaminación del Estero, Los Contaminantes. Se da la respuesta o reacción del Estero frente a los Contaminantes; y se indican los fenómenos físicos, químicos y biológicos que se producen.

- Aireación Artificial del Estero Salado de Guayaquil. Abril de 1.994. Ing. James Gutiérrez, Consultor Independiente. Definición del Sistema de Aireación Artificial del Brazo Represado Urdesa Norte. Informe Final. (23).

Contiene información de los modelos matemáticos de calidad de agua que han sido desarrollados y aplicados previamente, contiene información de un nuevo modelo matemático, datos de las nuevas corridas de simulación del oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno. Se concluye con el dimensionamiento de un sistema de aireación para el tramo del Estero estudiado.

- Plan Emergente de Recuperación del Estero Salado. Mayo de 1.994 Ing. James Gutiérrez. Consultor Individual. Estudios y Diseños definitivos del Proyecto de Reoxigenación del Estero

Salado de Guayaquil- Memoria Técnica. (24).

Contiene información básica del Estero Salado, como datos de calidad de agua, contaminante, características físicas, etc. Análisis de la contaminación existente. Análisis técnico y económico de sistemas de aeración artificial, diseños definitivos del sistema de aeración para el brazo Puente Miraflores - Puente 5 de Junio y el brazo represado de Urdesa Norte del Estero. Modelos matemáticos de 1981, 1985 1933 y simulaciones de OD y DBO. Planos y Dibujos Técnicos.

- Plan Emergente de Recuperación del Estero Salado/ Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. Ing. James Gutiérrez Julio de 1.994. Consultor Individual. Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos del Proyecto de Oxigenación Artificial del Estero Salado de Guayaquil — Memoria Técnica. (24).

Contiene información sobre proyectos del Estero previos, sistema de aeración artificial, información de un plan piloto de Aireación. Diseños definitivos del sistema de aireación para el Brazo Puente Miraflores - Puente 5 de Junio y el Brazo Represado de Urdesa Norte del Estero. Modelos matemáticos de 1981, 1985, 1993 y simulaciones de OD y DBO.

- (Evaluación de la calidad del agua costera en el Ecuador) 1990 - Programa de Manejo de Recursos Costeros. Guayaquil. Mariano

Montano. Coordinador del Grupo de trabajo. (IO)

Presenta los datos de la calidad de agua y sus resultados en varias zonas costeras del Ecuador, considera el Estero Salado y se habla de su contaminación.

En el documento se considera que el Ecuador y, en especial su zona costera, ha venido soportando en las últimas décadas problemas cada vez más agudos y notorios de deterioro ambiental. Esto se debe principalmente al aumento de población, producto de la explosión demográfica e inmigración hacia las áreas costeras.

Tomando en cuenta la acumulación en los cuerpos de agua de excedentes de plaguicidas y fertilizantes utilizados en la agricultura, minería y extensiva maricultura del camarón, con la consecuente tala de manglares y la utilización de grandes cantidades de agua.

- Convenio Modificatorio al celebrado el 26 de Julio de 1993, entre el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y la M. I. Municipalidad de Guayaquil. Este Convenio fue celebrado el 16 de Febrero de 1995.

La modificación al Convenio se la efectúa en virtud de que el contratista utilizado por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, no había entregado a

satisfacción el estudio definitivo sobre la oxigenación del Estero Salado y la Ilustre Municipalidad de Guayaquil había procedido a convocar los Estudios para un Plan Integral de Recuperación y Preservación del Estero Salado, en el que se contemplaría una serie de Proyectos, incluidos el de la oxigenación. Hasta que se establezca la viabilidad técnica del proyecto contratado, se considera la necesidad de efectuar una serie de acciones tendientes a lograr una recuperación del Estero Salado.

Se proponen 6 programas a efectuarse:

1. Limpieza de desechos sólidos y flotantes.
2. Ornamentación del Estero con fuentes luminosas.
3. Parques ribereños.
4. Repoblación de especies naturales de fauna y flora.
5. Promoción y Educación Sanitaria.
6. Programa de vigilancia de calidad de agua del Estero Salado.

De estos programas el 4 y 6 se encuentran en vigencia, contratado el primero con MIDUVI y el segundo con FUNDACIÓN NATURA.

- Convenio para la ejecución de un Programa de Vigilancia de la calidad de Agua del Estero Salado. Convenio entre el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI y la M. I.

Municipalidad. 1997-1998(37).

Mediante este Convenio el Ministerio de Desarrollo Urbano, a través de la Unidad de Medio Ambiente del Municipio hoy Dirección de Medio Ambiente, realiza un monitoreo de la calidad del agua del Estero Salado en diversas partes (12 puntos) desde la parte alta del Estero en sus ramales de Miraflores y Urdesa, hasta el sitio denominado Cuarentena al sur del Puerto Nuevo.

Este monitoreo se lo realiza en forma mensual, en marea alta y baja. Se ha recibido información hasta el mes de abril de 1997 y el contrato fenece en enero de 1998.

- Reporte a la Comisión Permanente del Pacífico Sur sobre Mercurio de las Masas de Aguas inmediatas a la ciudad de Guayaquil. INSTITUTO NACIONAL DE PESCA. Dra. Norma Chalen de Padilla 1987 (11).

Dentro del estudio se consideran 5 estaciones cercanas al perímetro urbano de la ciudad: Puerto Nuevo, FERTISA, Salitral, Puente de la calle 17, Puente 5 de Junio. Para estas estaciones se dan los resultados de la concentración del mercurio en los sedimentos. Se explica además la metodología empleada.

- Investigación Química del Estero Salado. Guayaquil.- Ecuador

1993. Revista de Ciencias del Mar y Limnología. INSTITUTO NACIONAL DE PESCA. Lucía Solórzano y Galo Viteri. (31).

Recoge la información química de las aguas del Estero Salado durante el período de julio a noviembre de 1980, con muestreos cada 15 días en dos estaciones seleccionadas en la sección urbana del Estero. La concentración de fosfato inorgánico en la capa profunda, revela la presencia de fenómenos de adsorción en el sedimento de fondo.

El cociente de nitrato y fosfato reveló una alteración de la proporción en que estos compuestos son utilizados en el fitoplancton marino. Los valores de todos los parámetros químicos estudiados, difieren de aquellos encontrados en otras áreas no contaminadas. La concentración elevada de materia orgánica disuelta y en suspensión, indicó el predominio de una contaminación causada por los desechos domésticos de la ciudad de Guayaquil.

Alcantarillado sanitario y pluvial

Sobre este tema se ha recabado entre otras, la siguiente información:

- Proyecto de Alcantarillado Sanitario. Guayaquil- Ecuador 1967. Contiene los diseños del alcantarillado sanitario vigente a esa época

y las ampliaciones planteadas. Se formula un Plan Maestro. Parsons Company / M. I. Municipalidad de Guayaquil. (2).

- Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial. Guayaquil - Ecuador 1972.
Se presenta un Plan Maestro para Guayaquil del alcantarillado pluvial. Parsons Company -Suelos y Concreto- M.I. Municipalidad de Guayaquil. (3).
- Empresa Municipal de Alcantarillado de Guayaquil. Plan Maestro de Alcantarillado de Guayaquil. Etapa I. Resumen Ejecutivo. 1993. (1).

Presenta los resultados de la revisión y actualización del Plan Maestro de Alcantarillado de 1986. Contiene el resumen de la planificación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de Guayaquil. Contiene información de modelos matemáticos

Descargas industriales

Un proceso dinámico de crecimiento de la industria se registró en el Ecuador a mediados de los años 60, incentivado aún más en los años 70 por la presencia de divisas generadas por el petróleo. Entre 1964 y 1981 la industria fue el sector más dinámico y rentable de la economía ecuatoriana. De esta manera se tiene que el sector industrial entre 1963 y 1977 creció al ritmo de alrededor de 10 %.

También se tiene como relevante la siguiente información:

- Evaluación de la contaminación en un ramal del Estero Salado (Puente 5 de Junio Puerto Marítimo) en base a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), calculada por el método manométrico 1990. Revista Tecnológica ESPOL. Por S. Pizarro A y F Medina. Se presenta una evaluación de la contaminación marina de un ramal del Estero Salado, en base de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) calculada por el método manométrico, trabajo efectuado con el fin de establecer un criterio acerca de la relación enriquecimiento orgánico, biológico y de algunos nutrientes, como efecto de la ocurrencia de continuas descargas al Estero, sobre todo de tipo biológico.
- Plan de Prevención y Control de la Contaminación Industrial y de otras fuentes. Informes de la Fase II; incluye anexos. Año de 1997, mes de mayo. Espey Houston & Associates Inc. Copade.

Trabajo efectuado para la M. Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

El documento presenta un informe detallado de la situación actual de la contaminación del Estero Salado, efectúa una zonificación de industrias que vierten sus aguas al sistema de drenaje sanitario y pluvial, clasificándolas de acuerdo a sus vertidos o a la potencial

contaminación que pueden generar.

El anexo entrega análisis de los efluentes, sitios de descarga y ubicación de las industrias por zonas.

El estudio en mención describe la ubicación por sectores de las industrias que se encuentran en las zonas ribereñas al Estero Salado y al río Guayas:

- Zona ribereña de los Esteros del Muerto y Cobina.- Comprende los esteros Cofaina y del Muerto. Se encuentra en la parte más septentrional de la ciudad, ubicándose el Puerto Marítimo, instalaciones de la Armada Nacional, Fábrica ANDEC, Cartonera Nacional y FERTISA.
- Zona ribereña al río Guayas.- Las principales instalaciones industriales que se ubican en esta ribera son: El Universo, LITECA-TEXACO, Ecuagranos, Molinos del Ecuador, La Favorita, Industrial Molinera, COBALSA, Camal Municipal, ASTINAVE, EMELEC, Planta de tratamiento el Guasmo.
- Zona Juan Tanca Marengo.- Se refiere a las áreas aledañas a la avenida Juan Tanca Marengo, estando las principales industrias como INGASEOSA, GENECA, INCACAO, Granjas Agrícolas Doble A, NOVOLLI, VITRALUX, CRISTALVID.

- Zona Mapasingue - Prosperina.- El total de industrias más importantes son, AGA del Ecuador, OCEANPAC, NUTRIL, Molinos Champion, POLIQUÍMICOS del Ecuador, Embotelladora de Bebidas Cítricas, Industria pesquera Santa Priscila, QUALIPLASTIC.
- Zona INMACONSA.- Están las siguientes industrias, ACROMAX, AGA del Ecuador, Planta Galápagos, ALPORPLAST, Apolinar Pesca, Balanceados Vigor, Bebidas Líquidas, CONVEPEL, DOLABELLA, Envases del Litoral, Hoechst ETECO, INDULAC, KURITEX, Laboratorios GARBU, PAPELESA, QUIMICAMP, QUIMIPAC, UCAR Polímeros.
- Zona Pascuales.- Las instalaciones industriales más representativas son: AGRIPAC, Agua Cristal, ALAFUNDI, Colgate Palmolive, Baterías Lux, ECUAJUGOS, MABE del Ecuador, H.B. FULLER, Jabonería Nacional, MAFRICO, Pinturas Unidas, PLYCEM ETERNIT, Plásticos Soria.
- Zona Vía a la Costa.- Se encuentra la Cemento Nacional, Calcáreos Huayco, Canteras San Luis, EXPORKLORE, Nestlé, Hormigones PRECÓN, Molinera FIGALLO, ABA.

La Lotización Industrial Pascuales tiene mayor tiempo de funcionamiento, carece de los servicios de infraestructura urbana

necesarios, como tratamiento de aguas residuales para las diversas descargas generadas por los sistemas productivos.

El parque industrial INMACONSA igualmente no alcanza las condiciones requeridas para parque industrial de calidad aceptable. Tampoco existen sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los vertidos industriales de naturaleza química, peligrosa aunque de bajo caudal se consideran continuos y persistentes, lo cual unido a la falta de infraestructura para su disposición y tratamiento, conducen a plantear hipótesis de que el sector industrial de Guayaquil podría ser responsable de fuertes impactos sobre el ambiente, en menoscabo de la calidad de vida de la población, la duración y resistencia de los bienes de capital, así como la sustentabilidad de los recursos naturales.

- Plan de Prevención y Control de la Contaminación Industrial y de otras fuentes. Informes de la Fase III; incluye anexos. Año 1997, mes de Noviembre. Espey Houston & Associates Inc. Copade. Trabajo efectuado para la M. Ilustre Municipalidad de Guayaquil. Presenta un estudio detallado de la situación actual de la contaminación del Estero Salado, las industrias que proporcionan la mayor contaminación, da recomendaciones para un control futuro y una estructuración de la Unidad del Medio Ambiente, así como regulaciones que deben ser consideradas al futuro.

Manual Legal sobre el Medio Ambiente en el Ecuador. Volumen I. Agosto 1995. CAAM. Contiene la Información sobre las leyes, regulaciones y normas existentes y una guía de cómo y a través de quiénes deben ser aplicadas. Así también las referencias e interrelaciones entre normas jurídicas para cada tema. (16).

- Decreto 1802. del 1 de junio de 1994. Decreto Presidencial – Sixto Durán Ballén C. CAAM. Contiene las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador. Se reconoce que hay problemas ambientales agudos entre otras zonas del Golfo de Guayaquil y la ciudad de Guayaquil.
- Ordenanza Municipal del M. I. Concejo Cantonal de Guayaquil. 29 septiembre de 1994. Esta Ordenanza regula la coordinación, supervisión y el control del Proyecto Estero Salado. (19).
- Plan Ambiental Ecuatoriano, febrero de 1996, CAAM. Describe Políticas y Estrategias para lograr una planificación permanente para la gestión ambiental, que contribuya al desarrollo sostenible del Ecuador. (7.3)
- Desarrollo y Problemática Ambiental del Área del Golfo de Guayaquil, enero de 1996, CAAM. Describe la problemática del Golfo, estableciendo un pre diagnóstico del mismo desde el punto

de vista ambiental (7).

En los Términos de Referencia de los Estudios se propone la investigación de otros anteproyectos, además de la intercepción de las aguas servidas. Tales soluciones son contribuciones a la descontaminación a través de la aeración del agua en ciertos tramos del Estero alto, pero no logran por sí mismos la reducción de la contaminación.

En consecuencia, se las considera soluciones aptas para la aplicación temporal, tal vez al inicio del proyecto y no de manera permanente.

Dilución de las aguas del Estero Salado por trasvase

Este capítulo considera la solución mencionada como anteproyecto N° 4 en los Términos de Referencia.

En ese documento se menciona también el trasvase en el sentido contrario; es decir, del Estero Salado al Río Daule. Este tipo de trasvase es similar a una captación de aguas servidas y su evacuación a otro cuerpo receptor.

La propuesta básica es enviarle agua de alto contenido en oxígeno, a los tramos A y B del Estero, para lo cual se presentan dos posibilidades técnicamente aceptables. Se concluye que la propuesta

de trasvasar agua a los brazos del Estero, desde el Río Guayas y del mismo Estero no sería beneficiosa, es poco efectiva y no recomendable por su alto costo.

Hay que tener presente además, que bajo condiciones de costo razonables y de operación permanente, el efecto diluyente o aireador de las aguas de trasvase se notaría en las partes más altas de los tramos A o B (máximo en una distancia menor de medio kilómetro) únicamente donde se desarrolla la mayor demanda de oxígeno.

El efecto aireador de los trasvases no será notable en las otras partes, al estar superpuesta su acción al efecto de la marea, que mezcla las aguas en varios kilómetros.

Tramo A: Traspase de aguas del Río Daule

En este subtítulo nos concentraremos en el trasvase de aguas del Río Daule al Estero Salado.

Antecedentes:

La idea del trasvase surge al inicio de los años 70 cuando la creciente urbanización del sector Norte de la ciudad, provocó un enorme aumento de la contaminación en el Estero Salado. Ante la posibilidad de conectar el río Daule, fuente casi inagotable de agua en estado

natural, con el Estero, a través de su tramo superior, se consideró que esto permitiría mejorar la calidad de las aguas de este último.

Su gran masa líquida contaminada que no se puede renovar, se movilizaría hacia el mar, usando como canal el propio Estero, considerando la distancia que existe entre éste y el Río Daule. Diferentes propuestas urbanísticas argumentaron al respecto. La única alternativa para esta solución es llevar el agua al tramo A del Salado.

La idea se concretó en el estudio “Presa Mapasingue” (Asociación-Hidroservice-Astec-Inelin, 1985) (34), como parte de un concepto general que preveía la construcción de una presa en el Río Daule, cerca de la Terminal Terrestre. A parte del trasvase, el concepto global incluía otros componentes como por ejemplo:

- Mejora de la calidad de agua en la Toma.
- Traslase de agua hacia la península de Santa Elena.

La construcción de la presa Mapasingue hubiera mejorado las condiciones del trasvase, pues se produciría un aumento del nivel de agua, sin embargo los estudios demostraron que no era factible esta opción desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, por lo que se la descartó de los planes de desarrollo de la ciudad. Como

consecuencia, ese proyecto no será considerado en la siguiente concepción del proyecto del trasvase.

Se debe mencionar también como antecedente, que la simple dilución de aguas contaminadas no se justifica, según normas internacionales y no es una solución sustentable. Además esta solución de dilución no es apropiada para motivar a la población a fin de evitar cualquier descarga de aguas servidas al Estero Salado.

Esta solución también es contradictoria con el objetivo del Plan Integral para el saneamiento del Golfo de Guayaquil, auspiciado por la Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República del Ecuador (Proyecto de Asistencia Técnica y Rehabilitación del Medio Ambiente CAAM/Banco Mundial, mayo 1995).

Objetivo:

Con el trasvase del agua del Río Daule al Estero Salado, se pueden obtener las siguientes ventajas, pero únicamente en el tramo de entrega (Tramo A):

- Disminución de la contaminación por dilución.
- Aumento de la oxigenación por la aducción de agua fresca.
- Desplazamiento de la masa contaminada hacia el mar.

A continuación se describe la concepción técnica del trasvase en el tramo A, el único con condiciones aceptables para el trasvase. Los otros tramos se excluyen por su distancia y por su situación expuesta a las mareas.

Situación geográfica:

La distancia más corta entre el Estero Salado y el Río Daule apropiada para el trasvase, se encuentra entre el Canal Juan Tanca Marengo, que desemboca en el Estero Salado justo en la Avenida del mismo nombre, y la desembocadura del canal de aguas lluvias en el Río Daule. Esta distancia es aproximadamente de 3.500 metros.

La cota del terreno al sitio de la entrega del trasvase en el Estero Salado es cerca de 3,80 m IGM y la cota del terreno cerca de la toma del Río Daule es de 3,50 m IGM. El nivel de agua en el Estero Salado oscila con una amplitud de 0,80 m, alrededor de la cota 0 m IGM. El nivel de agua del Río Daule oscila desde la cota -2,12 m IGM hasta 2,65 m, con una mayor amplitud.

Con el conocimiento de la situación topográfica se debe constatar que el gradiente hidráulico entre el sitio de La Toma (Río Daule) y la entrega potencial (Esteros Salado) es prácticamente cero, solamente por la diferencia de los niveles del agua, tanto del Río Daule como del

Estero Salado, se produce temporalmente un desnivel en dirección del Estero Salado.

Diferencia de los niveles:

Los niveles del Río Daule varían con una amplitud de 3,20 m alrededor de la cota 0,20 mts. IGM.

Considerando las variaciones del nivel durante 24 horas, se puede constatar lo siguiente:

- La diferencia máxima entre Estero Salado y Río Daule - Estero Salado es de 1.30 metros.
- El promedio de la diferencia durante 24 horas es de 0,50 metros (Río Daule más alto)

Situación urbanística:

Considerando la situación urbanística se observa que no existe ningún espacio libre para un canal directo de trasvase entre los dos puntos. Por lo cual sería necesario ocupar y expropiar calzadas y edificios existentes en este sector. Desde el punto de vista de costo mínimo de expropiación y de indemnización, hemos escogido el siguiente trazado:

500 m Zanja de aguas pluviales servidas existente

2.000 m	Avenida Agustín Freire Icaza	asfaltada
500 m	Avenida Francisco de Orellana	

Entrada en el canal existente hacia el Estero Salado

Tipo de conducción:

La selección del tipo de conducción se hará a partir de lo que se ha mencionado anteriormente. La situación topográfica no permite el trasvase por gravedad, sino que exige una estación de bombeo para facilitar el transporte de agua del río Daule al Estero Salado.

Inicialmente hay dos posibilidades:

1. Estación de elevación de agua y transporte en un canal abierto.
2. Estación de bombeo y transporte de agua por tubería de presión.

La alternativa 1, presume que hay posibilidad de construir un canal elevado por relleno o por soportes, con una pendiente uniforme del río Daule hasta el Estero Salado. Considerando la situación urbanística, el trazado debe seguir por la Avenida Agustín Freire Icaza, por lo cual se concluye que no hay posibilidad técnica ni económicamente factible para realizar este tipo de conducción.

La alternativa 2, aparentemente, se presenta más factible, al tratarse de una conducción por tubería de presión.

CAPÍTULO 2

2. RECONSTRUCCIÓN DE DE LAS COMPUERTAS

2.1 Análisis Metalúrgico de las Compuertas y partes

Ensayos Mecánicos

Estos análisis se hacen con equipos para ensayos normalizados, a saber.



**FIGURA 2.1 MÁQUINA UNIVERSAL DE TRACCIÓN VERSATESTER
30M**

Los ensayos de dureza se hicieron en un durómetro ROCKWELL MODELO WILSON 1J.

A fin de realizar una verificación completa de los materiales usados, se procedió a realizar los ensayos mecánicos para la cual se confeccionaron probetas normalizadas de cada material.

**TABLA 4
RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN EN Kg f /mm²**

MATERIAL	RESULTADOS				ESPECIFICACIÓN EQUIVALENTE
	CARGA MAX EN KN	DIÁMETRO EN MM	ÁREA EN MM	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN KG f /MM ²	
Hierro gris	-	22,1	383,4	27,90	ASTM CLASE 30
ASSAB 7210	130	15,6	191	69,45	SAE 3115
ASSAB 705	218,2	15,8	195,9	113,62	AISI 4337
ASSAB DF2	164	15,5	188,5	88,77	AISI 01

Ensayo de Dureza de los Materiales usados para la fabricación de piezas

Aunque la dureza tomada por diferentes sistemas existentes no representa una condición exacta de la resistencia mecánica, es un

factor que siempre se lo considera importante ya que proporciona una idea aproximada y rápida de la resistencia mecánica y es posible comparar con otros resultados.

TABLA 5
DUREZA DE LOS MATERIALES USADOS PARA FABRICACIÓN DE PIEZAS

PIEZA	OPERADOR 1	OPERADOR 2	ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL PARA REEMPLAZO
Piñón motriz	215 BHN	216 BHN	ASSAB 7210
Piñón dirigido	34 Rc	35 Rc	ASSAB 705
Eje Principal	34 Rc	34 Rc	ASSAB 705
Tornillo helicoidal	34 Rc	34 Rc	ASSAB 705
Piñón	33 Rc	33 Rc	ASSAB 705
Piñón	33 Rc	33 Rc	ASSAB 705
Tuerca Potencia	172 BHN	172 BHN	Bronce al Al UNS 95500

Ensayo de Dureza de los Materiales del Sistema de Reducción del Operador de Compuertas

Se hace control de dureza en los materiales que constituyen la caja de reducción compuestos por dos sistemas de reducción, el primero, formado por una reducción de piñones rectos acoplados al conjunto sinfín-corona accionado manualmente, y el segundo, conformado por una reducción de piñones rectos acoplados al conjunto sinfín-corona

accionado manualmente y el segundo conformado por una reducción de piñones rectos y unidos al conjunto sinfín-corona para accionamiento manual.

TABLA 6

DUREZA DE LOS MATERIALES DEL SISTEMA DE REDUCCIÓN DEL OPERADOR DE COMPUERTAS

PIEZA	OPERADOR 1		OPERADOR 2		ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL
	Rb	Rc	Rb	Rc	PARA REEMPLAZAR
Eje principal de la caja de reducción	85	-	84	-	Acero de 1/2 Carbono SAE 1045
Tornillo Helicoidal	-	30	-	33	Acero templado AISI 4140
Piñón recto	88	-	87	-	Acero de 1/2 Carbono SAE 1045
Piñón recto	86	-	87	-	Acero de 1/2 Carbono SAE 1045
Piñón Motriz	90	-	89	-	Acero de 1/2 Carbono SAE 1050
Corona sistema de Reducción	120 *	-	122*	-	Bronce al Sn UNS C92500

Análisis Químico:

Se realizó en todos los materiales que se usaron en la manufactura de piezas y los resultados se los ubica en la siguiente tabla

TABLA 7
ANÁLISIS QUIMICO DE MATERIALES VÍA ESPECTROMETRÍA RAYOS X

PIEZA	C%	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %	Cu %	V %	ESPECIFICACION DEL MATERIAL PARA REEMPLAZO
Eje Pincipal	0,38	0,3	0,65	0,015	0,009	0,95	1,12	0,16	0,23	0	ASSAB 705
Tornillo helicoidal	0,37	0,38	0,66	0,013	0,007	0,95	1,13	0,16	0,23	0	AISI/SAE 4337
Piñones mando manual	0,38	0,31	0,66	0,015	0,001	0,94	0,95	0,16	0,23	0	
Piñon principal motriz	0,17	0,3	1,24	0,04	0,019	1,21	0,11	0,04	0,22	0	ASSAB 7210 SAE 3215
Prisionero de tuerca de arrastre de compuerta	0,33	0,62	0,81	0,03	0,011	15,28	0,69	1,1	1,12	0,14	Bohler M-300 DIN X 35 Gmo 17

Ensayo Metalográfico:

Se realiza este procedimiento convencional de pulido basto e intermedio con lijas de carburo de silicio y luego pulido final con alúmina levigada de una micra.

Fundición Gris:

Metalografía de la fundición gris corresponde a las estructuras de los operadores.

Se hacen dos determinaciones en el caso de los hierros grises, la primera sin ataque químico para conocer el tipo y tamaño de las láminas de grafito; y la segunda con ataque químico para ver la fase continua del material o matriz. En el caso de los otros materiales, solo se realizó metalografía con ataque químico. Los resultados de estos ensayos con ataque y sin ataque.

TABLA 8

**METALOGRAFIAS DE FUNDICIÓN GRIS SIN ATAQUE
ESPECIFICACIÓN ASTM A-47**

PROBETA	TIPO GRAFITO*	TAMAÑO DE GRAFITO
Probeta de tracción marco 1	A	5
Marco compuerta 1	A	6
Probeta de tracción al marco 2	A	5
Marco compuerta 2	A	6

Se aplicó método de determinación ASTM por comparación con patrones a 100 aumentos.



FIGURA 2.2 MICRO ESTRUCTURA PROBETA DE TRACCIÓN MARCO 1

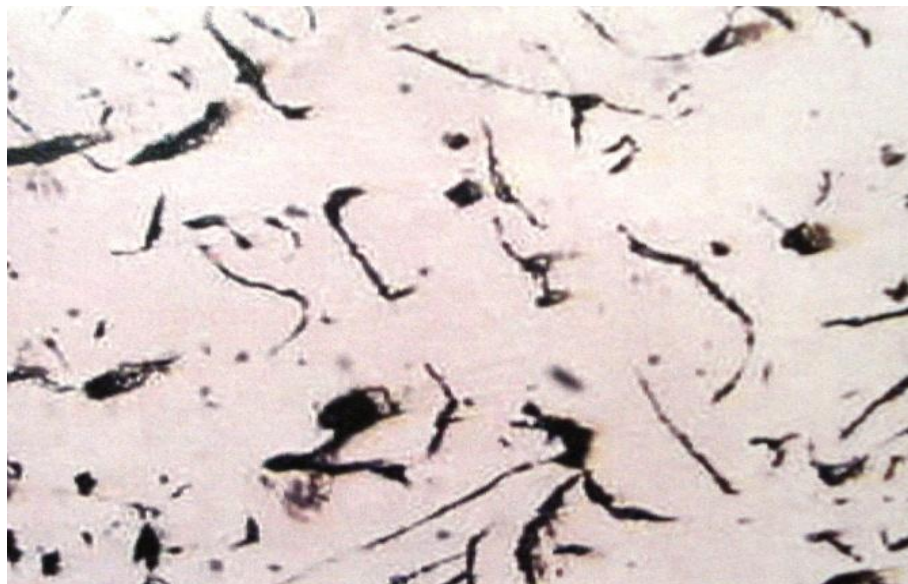


FIGURA 2.3 MICROESTRUCTURA 1 TOMADA AL MARCO 1

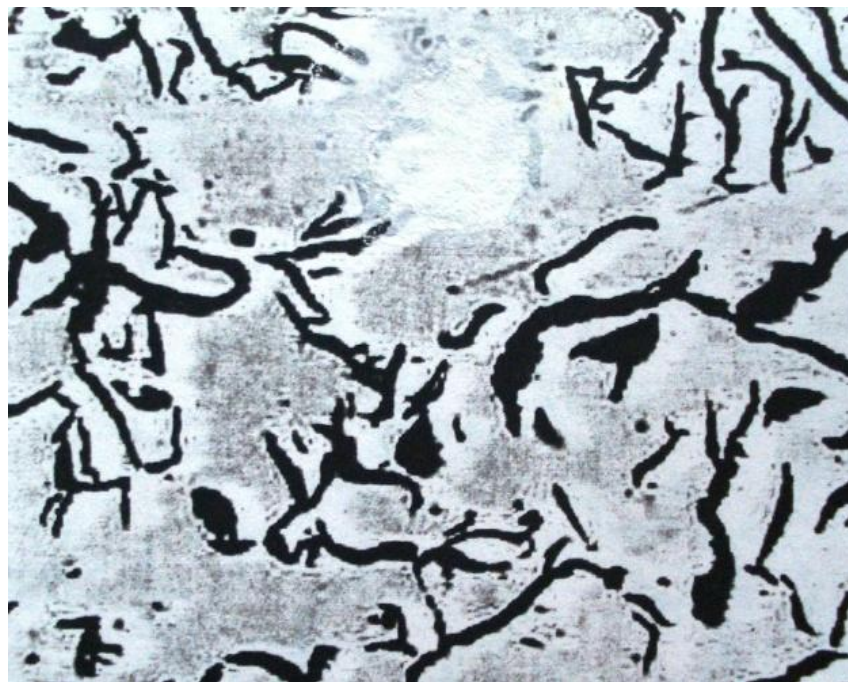


FIGURA 2.4 MICROESTRUCTURA 2 TOMADA A PROBETA DE TRACCIÓN AL MARCO 2



FIGURA 2.5 MICROESTRUCTURA 3 TOMADA AL MARCO

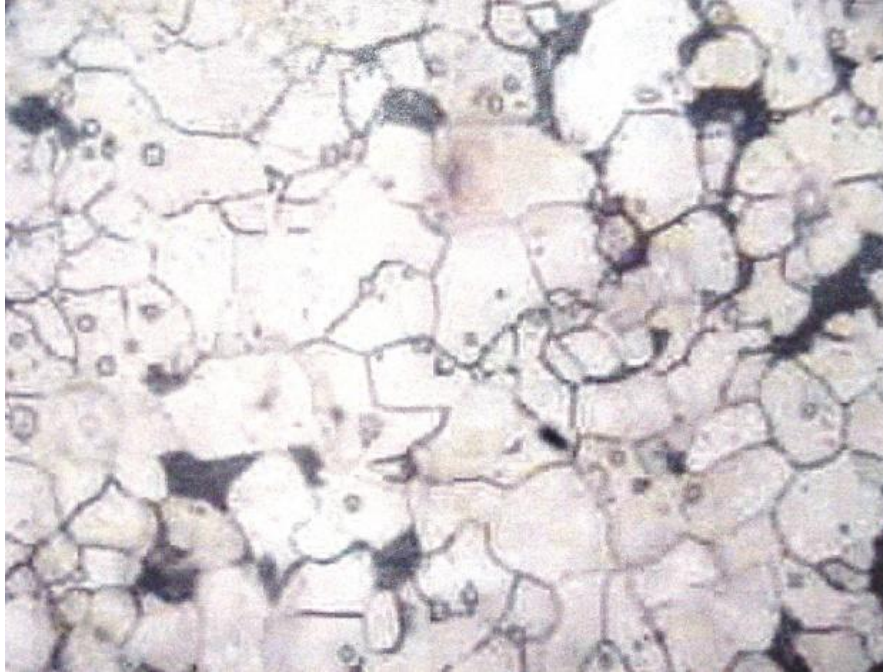


FIGURA 2.6 MICROESTRUCTURA 4 TOMADA AL SOPORTE PEQUEÑO DE CHAPA SOLDADA COMPUESTA POR FERRITA Y PERLITA

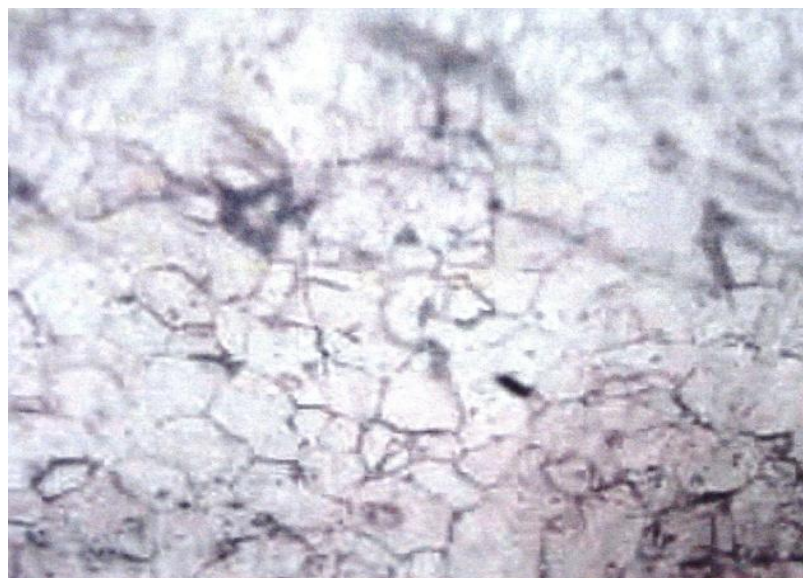


FIGURA 2.7 MICROESTRUCTURA 5 TOMADA AL SOPORTE GRANDE DE CHAPA SOLDADA COMPUESTA POR FERRITA Y PERLITA



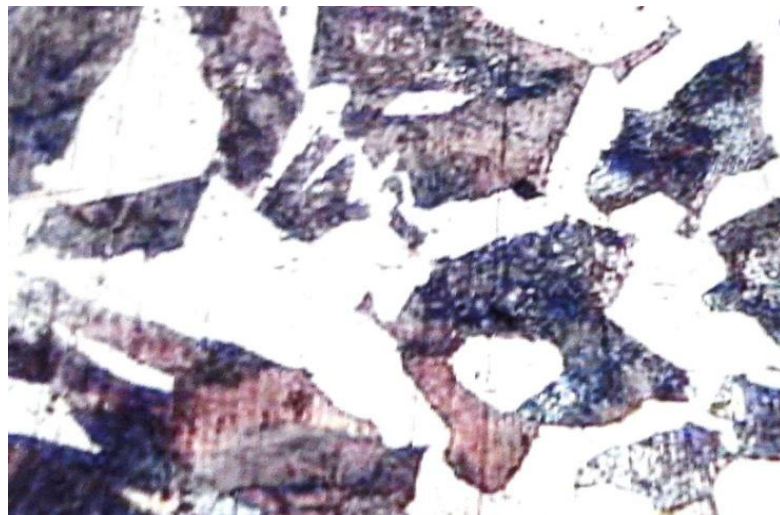
FIGURA 2.8 MICROESTRUCTURA 6 TOMADA A LA PARTE DEL FILETE DEL TORNILLO HELICOIDAL COMPUESTA POR MARTENSITA REVENIDA



FIGURA 2.9 MICROESTRUCTURA 7 TOMADA AL PIÑÓN RECTO DE CAJA DE REDUCCIÓN ACOPLADO AL MANDO MANUAL COMPUESTA POR FERRITA Y PERLITA



FIGURA 2.10 MICROESTRUCTURA 8 MATERIAL DEL EJE PRINCIPAL DE MANDO ACOPLADO AL TORNILLO HELICOIDAL COMPUESTA POR FERRITA Y PERLITA



**FIGURA 2.11 MICROESTRUCTURA 10 TOMADA AL MATERIAL DE
PIÑÓN DE MANDO MANUAL COMPUESTA POR FERRITA Y
PERLITA**

2.2 Evaluación del estado de las compuertas

Las Compuertas se encuentran ubicadas en el ramal del Estero Salado, que se encuentra frente al Barrio Orellana, junto a la Universidad de Guayaquil a un lado de la Planta Clorinadora en las calles Tungurahua y Malecón del Salado.



FIGURA 2.12 ESTADO DE ABANDONO DE LA COMPUERTA



FIGURA 2.13 VISTA DELAS COMPUERTAS CON LOS OPERADORES SIN FUNCIONAMIENTO

El área de estudio es de aproximadamente una hectárea y el área donde se encuentran ubicadas las compuertas tiene una longitud de 160m por 60m de ancho con un cuerpo de agua de aproximadamente 24000 metros cúbicos.

El segmento está vinculado al estero salado a través de una estructura hidráulica, ubicada en la esquina noreste del tramo. La estructura hidráulica está compuesta por una pared vertical de hormigón armado con las compuertas cóncavas de hierro fundido situado en la parte inferior de la estructura. Las compuertas permanecen cerradas y solo se abren para permitir el vaciado del tramo.

En la parte superior frontal de la estructura hay dos orificios de forma rectangular orientados horizontalmente de 3,00 m de ancho por 0.66 m de alto. Estos están separados longitudinalmente por un tabique divisorio de 0.64 m de ancho. La estructura está conectada con el estero salado a través de un conducto cerrado, ubicado por debajo del nivel del terreno. El segmento recibe aportes de aguas lluvias y de aguas servidas a través de 3 colectores pluviales. Dos colectores pluviales descargan en el lado este del tramo y el otro colector descarga en el lado sur.

Al subir la marea, el nivel del agua en el estero sobrepasa el borde inferior de los orificios de la estructura hidráulica y el agua del estero ingresa al ramal Universidad del Parque Estrada.

La estructura de hormigón que soportaba las compuertas se encontraban en buen estado, debido a que el hormigón había sido elaborado por durabilidad y no por resistencia, ya que se había considerado que iba a estar expuesto a los ataques de sulfatos que contienen las aguas saladas de esteros.

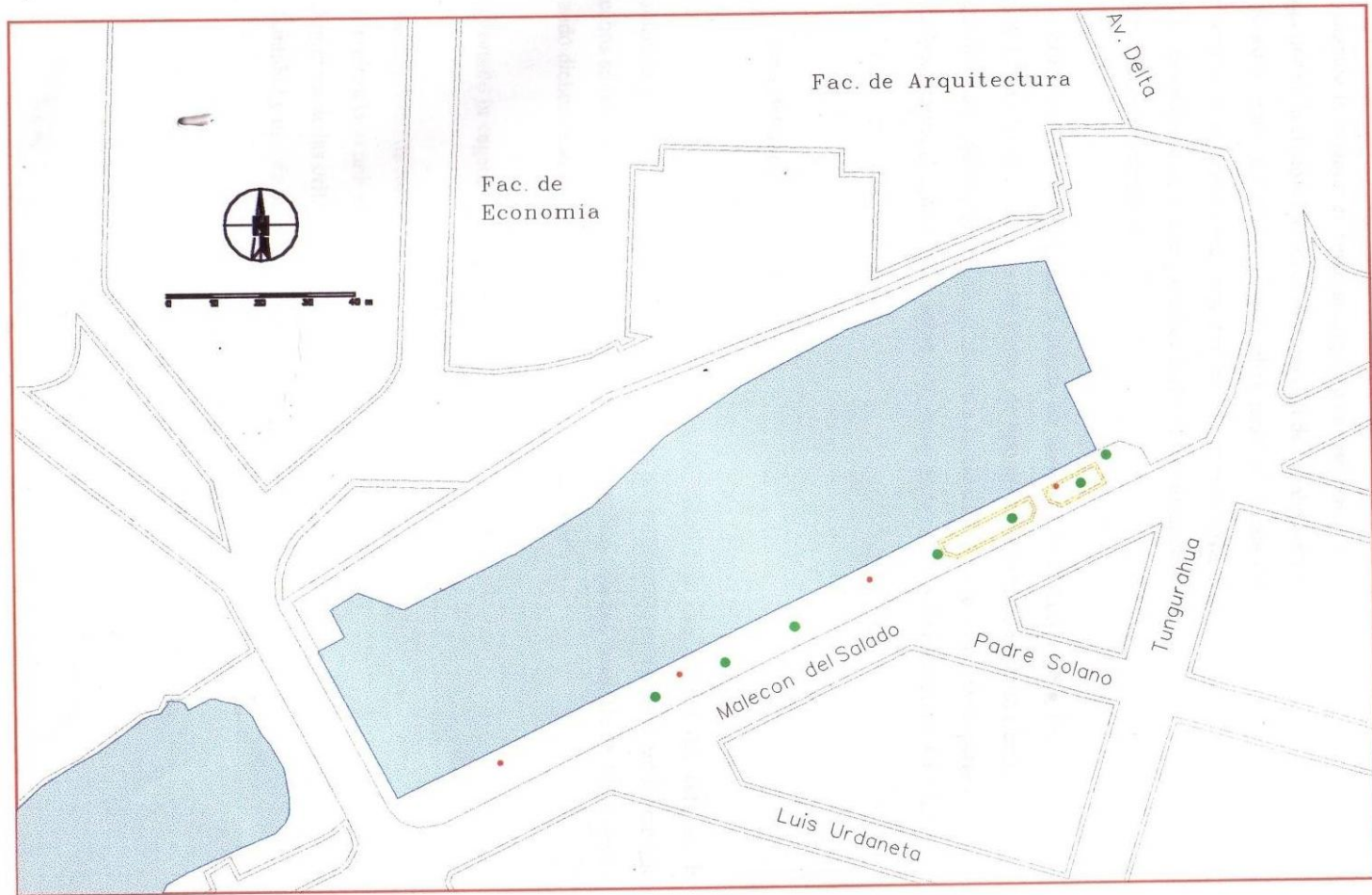


FIGURA 2.14 ÁREA DEL PROYECTO PILOTO

La losa superior se encontraba deteriorada por efectos de abrasión, la cual debía ser reparada.



FIGURA 2.15 VISTA DE LA ACUMULACIÓN DEL LODO – DETERIORO DE PERFILES METÁLICOS

Estado de Partes Mecánicas:

Dentro del mecanismo de izamiento se detectó:

- Los tornillos sinfines incompletos, inservibles.
- Las aristas de los filetes corroídas y desgastadas, inservibles.
- El acoplamiento a rótula con las compuertas sin funcionamiento solidario con la compuerta por efecto del ataque corrosivo inservible.
- El sistema de engranaje de piñones cónicos con ejes a 90 grados se hallaron incompletos, hay que completarlos.
- Los dientes de los piñones corroídos inservibles.

- Manivelas deterioradas.
- El piñón horizontal tipo planetario contenido en la parte superior de la carcasa se encontraba con elementos faltantes (collarines), dientes rotos desgastados y corroídos, inservibles.
- Soportes de las guías de deslizamiento incompletas y totalmente corroídas, hay que reemplazarlos.
- Las guías de deslizamiento incompletas y no utilizables, por reemplazar.
- Marcos perimetrales metálicos empotrados a los orificios del tabique frontal del hormigón totalmente corroídos, por reemplazar.

El Estado de las Compuertas de Hierro Fundido

Compuertas metálicas de hierro gris cubiertas totalmente de óxido, las aristas de los canales y los canales de deslizamientos incompletos, quebradas en mal estado. Sabiendo que son piezas fundidas y que este material tiene buena resistencia a la corrosión en agua de mar, especialmente si tiene matriz ferrítica, se pone en consideración realizar una limpieza por medio de chorro de arena, para establecer la pérdida de espesor por corrosión y de acuerdo con los resultados tomar la decisión de rehabilitarlas o construir nuevas compuertas.

En base a los análisis metalográfico, se estableció que la corrosión era superficial y la disminución del espesor de la placa metálica no era significativa en relación al espesor resistente de cargas hidráulicas, por lo tanto, se decidió rehabilitar las compuertas; decisión con la que estuvo de acuerdo la Consultora.

A continuación se exponen planos de las partes integrales de las compuertas. (Ver Planos en Apéndice).

Características Técnicas de las Compuertas:

- Cantidad: 2 unidades de iguales formas y medidas
- Marca: Calco
- Modelo: #173
- Fabricación: Los Ángeles U.S.A.
- Forma: Cuadrada con 23cm de concavidad
- Medidas: Alto: 160 cm, Ancho: 160 cm
- Espesor Planchaje: 2 cm
- Ancho Marcos Perimetrales: 6.7cm
- Profundidad Canales Laterales: 3.8cm
- Ancho Canal: 2.5cm
- Guías:

- Tres a cada lado en la parte anterior
- Dos a cada lado en la parte posterior
- Material: Hierro fundido
- Diámetro del Eje: 5.08cm
- Rosca: ACME de 29° cuadrada
- Filete: 0.03 cm x 0.03 cm de profundidad
- Paso: 0.625 cm
- Hilos: 4x2.54cm

Presiones Hidráulicas:

La máxima presión hidráulica a la que están sometidas las compuertas en su punto más bajo a una columna de agua de 3.00 metros (en condiciones de aguaje) es de 1.341100 kg/cm² de acuerdo a la tabla de presiones calculada tomando como referencia el peso específico de 1.027 kg/m³ del agua de mar a una presión atmosférica de 1.033 kg/cm² y una presión de 1.248670 kg/cm² a 2.10 metros correspondiente al punto medio de las compuertas. (Ver Anexo Tabla de Presiones).

Mecanismo:

Engranaje de volante con tornillo de potencia que convierte el movimiento angular en movimiento lineal, transmitiendo la fuerza necesaria para levantar las compuertas, mediante un acoplamiento a

rótula, ubicado en la parte superior central de ésta, reforzada con un tabique de 10cm de ancho x 44cm de alto.

Realizado el análisis y la evaluación para la rehabilitación del sistema y las compuertas se pusieron a consideración las siguientes alternativas:

Alternativa A: *Cambiar el Sistema Totalmente.*

Significaba diseñar y construir un nuevo sistema de compuertas, el que aparte de su costo, tomaría mucho tiempo en entrar en funcionamiento.

Alternativa B: *Reparar el Sistema Original*

Se realizaría utilizando y reparando las piezas y engranajes mecánicos originales cuyas piezas estaban incompletas

Alternativa C: *Modificar el Sistema Original*

Consistía en modificar el mecanismo de izamiento y cierre original, esto es engranajes con volantes tornillos sin fin con articulaciones a rótula por una polea soportada en una estructura metálica tipo torre y reconstruir las compuertas recuperables en un 80%. Se optó por seleccionar esta última alternativa debido a que el costo de reparación y tiempo de ejecución, eran significativamente inferiores a las alternativas A y B.

2.3 Características del sistema instalado

Soportes

Cuatro perfiles en L de hierro dulce a cada lado de cada compuerta de 10x10x2cmx25cm, soldados a una placa base de 30x10x2cm con 2 perforaciones de 2.7cm, anclados al hormigón con pernos de expansión inoxidable de 2.54cm de diámetro x 10.00cm de largo.

Rieles

Dos perfiles L de hierro dulce a cada lado de cada compuerta de 10x10x2cm

Poleas

Dos unidades, una en cada compuerta con una capacidad de 2 Ton cada una.

Tipo: Tecele con cadena de 1/4"

Torres

Dos unidades, una por cada compuerta

Tipo: Pirámide truncada

Estructura: Perfiles en L de hierro dulce de 3.8x3.8cm

Altura: 1.50 m Base: 50x50 cm

2.4 Cronograma de ejecución de la obra

Proceso de Ejecución

Habiéndose hecho el desbroce y retirado los escombros y desechos de toda índole, esto es: plásticos, maderas, orgánicos, etc. según foto, se procedió al desmontaje de la estructura, cortando previamente parte de la cornisa de hormigón, acotando y señalando la ubicación de las piezas y obteniendo muestras para el respectivo análisis metalográfico.



FIGURA 2.18 DESMONTAJE DE LAS COMPUERTAS



FIGURA 2.19 REPARACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Las compuertas fueron sometidas a limpieza por medio del sistema de arenado a presión, conocido como sandblasting y protegidas del ambiente corrosivo mediante la aplicación de las siguientes pinturas marinas de la marca HEMPEL: HEMPADUR MASTIC *45880 y HEMPADUR MASTIC *45881.



FIGURA 2.20 COMPUERTAS REHABILITADAS OPERACIÓN DE SANBLASTING Y PINTURA EPÓXICA

A continuación, se procedió a rellenar y maquinar aristas y canales desgastados siguiendo los procesos de soldadura recomendados por el fabricante INDURA, como sigue:

Se utilizó electrodos de clasificación AWS-ASTM E ST en sus primeras capas, la denominación comercial de este producto es: AIRCO 77 y terminando con electrodos de clasificación AWS-ASTM E-Ni-CL, con la denominación comercial AIRCO 375, las características técnicas están descritas en el Anexo de electrodos INDURA.

En las secciones en que se encontraron apreciables desprendimientos de material, especialmente en los vértices inferiores de las compuertas, se procedió a implantar postizos de hierro dulce,

soldándolos con electrodos de la clasificación AWS: E-Ni-Fe-CL con denominación comercial NICKEL 55 para materiales disimiles.



FIGURA 2.21 PROCESO DE REHABILITACIÓN EN MARCHA

Simultáneamente se prepararon los perfiles estructurales con las consideraciones de los ataques corrosivos a los que estarían sometidos y conociendo algunos métodos para minimizar la corrosión marina como: la producción de óxidos y fosfatos sobre la superficie; aplicación de pinturas protectoras; transformación del estado pasivo del metal y recubrimiento del metal con zinc, estaño, plomo, níquel y cobre. Se escogió este último, es decir, el proceso de galvanizado.

Listos los elementos y materiales, y reconstruida parte de la cornisa de hormigón, se procedió al montaje de las compuertas., instalando primeramente las placas bases de los soportes de las guías soldadas con electrodos con clasificación AWS E6011 empernadas a la pared frontal del tabique de hormigón.

Alineados los soportes se bajaron las compuertas armadas con sus respectivos perfiles - guía de desplazamiento, utilizando una grúa de brazos hidráulicos con capacidad de 3 toneladas.

Se continuó con el montaje y alineación de las torres tronco piramidales de estructura metálica, que alojarían las poleas que levantan las compuertas individualmente para finalmente proceder a la corrección de fallas y estanqueidad. Sellándolas mediante la aplicación de antiadherentes a base de níquel que combina la resistencia a presiones extremas y a la corrosión que facilita el deslizamiento, evitando el agarrotamiento e inhibiendo la herrumbre.



FIGURA 2.22 COMPUERTAS ENSAMBLADAS



FIGURA 2.23 CRONOGRAMAS DE ACTIVIDADES

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

3.1 Plan de manejo ambiental del proyecto

Programa de manejo de escombros, material reutilizable, material reciclable y basuras

Descripción:

Este programa consiste en el conjunto de medidas tendientes a manejar adecuadamente los escombros, material reutilizable, material reciclable y basuras que se generen dentro de los procesos constructivos de las obras del proyecto del Malecón del Salado, evitando que éstos se dispersen inadecuadamente en el cuerpo hídrico circundante.

Las medidas de manejo se deben desarrollar de acuerdo con la normatividad ambiental vigente y las disposiciones de la dirección de Aseo Urbano de la M. I. Municipalidad de Guayaquil.

Impactos ambientales a mitigar

Los principales impactos a manejar serán:

- Generación y aporte de sólidos en redes de alcantarillado sanitario y pluvial
- Molestias a los peatones y usuarios de los sitios donde se desarrollan las obras, por obstrucción total y/o parcial del espacio público (calles, veredas)
- Alteración del paisaje
- Deslizamiento de materiales

Medidas de manejo

1. Una vez, generado el escombros, éste debe ser retirado inmediatamente del frente de la obra y transportado a los sitios autorizados para su disposición final.
2. En los casos en que el volumen de escombros no supere los 3 m³, éstos se podrán recoger y almacenar en los contenedores móviles para su posterior traslado a los sitios autorizados.

3. Se prohíbe la utilización de zonas verdes para la disposición temporal de materiales sobrantes producto de las actividades constructivas del proyecto.
4. Los vehículos destinados al transporte de escombros no deben ser llenados por encima de su capacidad (a ras con el borde superior más bajo del volquete), la carga debe ir cubierta y deben movilizarse siguiendo las rutas establecidas. Las volquetas deben contar con identificación en las puertas laterales, que acredite el contrato al que pertenecen, empresa contratante, número del contrato, número telefónico de atención de quejas y reclamos y nombre del contratista. El contratista deberá limpiar la vía de acceso de los vehículos de carga como mínimo 2 veces al día, de manera que garantice la no generación de aportes de material particulado a las redes de alcantarillado y de partículas suspendidas a la atmósfera.
5. El contratista deberá garantizar la limpieza de las llantas de todos los vehículos que salgan de la obra.
6. El contratista deberá contar con una brigada de limpieza que cuente con su respectivo distintivo, dedicada a las labores de orden y limpieza del área general de la obra, limpieza de vías aledañas a la obra y mantenimiento de la señalización y del cerramiento de la obra.

7. Los materiales sobrantes a recuperar almacenados temporalmente en el frente de trabajo, no pueden interferir con el tráfico peatonal y/o vehicular, deben ser protegidos contra la acción erosiva del agua, aire y su contaminación. La protección de los materiales se hará con elementos tales como plástico, lonas impermeables o mallas, asegurando su permanencia, o mediante la utilización de contenedores móviles de baja capacidad de almacenamiento.
8. El material orgánico removido por las necesidades de la obra y los restos de vegetación removida, debe disponerse en sitios definidos en cada bloque de trabajo, hasta su movilización fuera del sitio de obra.
9. Si se requiere la ubicación de patios de almacenamiento temporal para el manejo del material reciclable de excavación incluyendo sedimentos, es requisito que el sitio elegido esté provisto de canales perimetrales con sus respectivas estructuras para el control de sedimentos, este sedimento se le debe dar el mismo tratamiento dado a los escombros. Se evitará que los sedimentos se desagreguen en el cuerpo hídrico.
10. Los trabajos de excavación y pilotaje se adelantarán únicamente en jornada diurna. En caso de trabajo nocturno, se requiere permiso otorgado por la administradora de la obra, para lo cual un representante debe permanecer en el sitio de trabajo.

11. Las actividades relacionadas con las excavaciones, que pueden afectar al tránsito, requieren ser adelantadas con las respectivas medidas de señalización.

12. El contratista deberá realizar semanalmente una evaluación del impacto visual que la obra está generando en su entorno.

Programa de manejo de obras de concreto y materiales de construcción

Descripción:

Este programa consiste en el conjunto de medidas tendientes a controlar los efectos ambientales ocasionados por el manejo de agregados, materiales para construcción y concretos durante el desarrollo de la obra civil del proyecto.

Impactos a mitigar:

Los principales impactos a mitigar son:

- Generación y aporte de sólidos en redes de alcantarillado o al estero adyacente.
- Molestias a los peatones y usuarios de los sitios donde se desarrollan las obras por la obstrucción total y/o parcial del espacio público
- Ocupación y deterioro del espacio público

Medidas de manejo para obras de concreto

1. Cuando se requiera adelantar la mezcla de concreto en el sitio de la obra, ésta debe realizarse sobre una plataforma metálica, de tal forma que el lugar permanezca en óptimas condiciones. (Se prohíbe realizar la mezcla directamente sobre el suelo o sobre las zonas duras existentes).
2. En caso de derrame de mezcla de concreto, ésta se deberá recoger y disponer de manera inmediata. La zona donde se presentó el derrame se debe limpiar de tal forma que no exista evidencia del vertimiento presentado.
3. Se recomienda usar encofrado metálico en los casos posibles.
4. Cuando se utilice adhesivos, cuando se trabaja con pavimentos flexibles, el calentamiento de estas mezclas debe llevarse a cabo en una parrilla portátil. Se prohíbe utilizar como combustible para la parrilla portátil, la madera y el aceite usado. El combustible que se utilice no debe tener contacto directo con el suelo.
5. Se prohíbe el lavado de mixers en el frente de la obra.

Medidas de manejo de arena, triturados y materiales de construcción

1. Se debe manejar en el frente de la obra los materiales necesarios para una jornada laboral (1 día). El resto de materiales deben

permanecer en los patios de almacenamiento, fuera del frente de obra.

2. En los casos en los que el material tenga que ser suministrado directamente en el sitio de trabajo, el contratista deberá coordinar con las empresas subcontratistas la ubicación de estos materiales en el frente de obra, de tal forma que estos materiales sean apilados en sitios que no generen obstrucción del flujo peatonal y vehicular.
3. Todo el material de construcción depositado a cielo abierto en los frentes de obra debe estar protegido por barreras para evitar su dispersión.
4. Los contenedores deben estar ubicados en un sitio estratégico de tal forma que sean de fácil acceso y al mismo tiempo no interfieran con el tráfico vehicular y peatonal, ni provoquen afectaciones al estero.

Programa de manejo de residuos líquidos, combustibles, aceites y sustancias químicas

Descripción:

Este programa consiste en la formulación de medidas de manejo ambiental dirigidas a disponer en forma adecuada el combustible, sustancias químicas y residuos líquidos.

Impactos a mitigar:

- Aporte de sólidos al estero
- Contaminación de aguas superficiales
- Generación de olores
- Contaminación de suelos por hidrocarburos

Medidas de manejo

1. Se prohíbe el lavado, reparación de vehículos y mantenimiento colectivo de vehículos y maquinaria sobre el área de la obra. Esta actividad debe realizarse fuera del área del proyecto.
2. En caso de requerirse abastecimiento de combustible para la maquinaria pesada en el frente de la obra, esto se debe realizar mediante la utilización de un carro cisterna, que cumpla con las normas para transporte de sustancias peligrosas y la norma INEN 2000-06.
3. Durante el abastecimiento se debe seguir el siguiente procedimiento:
 - Parquear el vehículo donde no cause interferencia, de tal forma que quede en posición de salida rápida.

- Garantizar la presencia de un extintor de incendio cerca del sitio donde se realiza el abastecimiento.
 - Verificar que no haya fuentes de ignición en los alrededores, tales como cigarrillos encendidos, llamas, etc.
 - Verificar el perfecto acople de las mangueras.
 - El operador debe ubicarse donde pueda ver los puntos de llenado y en posición de rápido acceso a la bomba.
 - En caso de derrame o incendio seguir los procedimientos del plan de contingencia.
 - Reportar inmediatamente al jefe de obra cualquier derrame o contaminación de producto.
4. De requerirse mantenimiento de la maquinaria pesada (engrases y chequeo de niveles de aceite y líquidos), se colocará polietileno que cubra la totalidad del área donde se realizará esta actividad, de forma tal que se evite la contaminación del suelo por derrames accidentales. De realizarse mantenimiento se deberá reportar el día y el sitio donde tuvo lugar y las razones que lo exigieron.
5. Cuando se presenten derrames accidentales de combustible sobre el suelo, éste se removerá inmediatamente. Si el volumen derramado es superior a 5 galones, debe trasladarse el suelo removido a un sitio especializado para su tratamiento y la zona

afectada debe ser restaurada de forma inmediata. Cantidades remanentes pequeñas, pueden ser recogidas con polvo absorbente, trapos, aserrín, arena, etc.

La limpieza final puede hacerse con agua y si se desea, con detergente evitando los vertidos al estero adyacente. La disposición de los trapos, aserrín, arena, debe ser segura, para evitar la acumulación de vapores en otro sitio, generando un nuevo riesgo. Cuando se trate de combustibles no volátiles, se usará paño absorbente, aserrín o arena, para cantidades pequeñas. Se reportará al jefe de obra los derrames ocurridos definiendo el día, el sitio donde tuvo lugar, las razones que así lo exigieran y las actividades que se implementaron.

6. Se prohíbe el almacenamiento temporal de combustibles en los frentes de la obra.
7. Se prohíbe vertimientos de aceites usados y demás materiales a las redes de alcantarillado o su disposición directamente sobre el suelo al estero.
8. Durante las labores constructivas se realizará un diagnóstico del estado de los sumideros presentes en el área de trabajo y de encontrarse obstrucciones o taponamientos en la red de alcantarillado sanitario o pluvial, se debe efectuar una labor de

coordinación con INTERAGUA con el fin de dar solución al problema presentado.

9. Los aceites usados deben disponerse en tanques de 55 galones y serán entregados a empresas que usen estos aceites como combustible alternativo, evitando en todo momento el derrame de los mismos sobre las áreas de trabajo.

Programa de manejo de aguas superficiales (Estero Salado)

Descripción:

Este programa consiste en el planteamiento de medidas de control y manejo de aguas superficiales y/o redes de alcantarillado que pueden verse afectadas por la construcción de las obras. Especial énfasis se asigna a la conservación de la calidad del agua del Estero Salado.

Impactos a mitigar:

Aporte de sólidos incluyendo basura a la red de alcantarillado o al Estero Salado durante las obras a ejecutarse y durante la operación del sitio como área de recreación.

Medidas de manejo

1. El contratista de la obra deberá tomar las medidas descritas en el programa 7.2 para garantizar que el cemento, limos o arcillas, no

tenga como receptor final la red de alcantarillado sanitario o pluvial o el Estero Salado.

2. El contratista deberá asumir como mínimo la limpieza diaria de los sumideros ubicados en el área de la obra.
3. Se prohíbe todo vertimiento de residuo líquido a las calles, calzadas, canales y cuerpos de agua adyacente.
4. En la fase de operación del proyecto, se deberá mantener control de las acciones que en sitios aledaños al Estero Salado pudieran ejecutar los visitantes de los sitios de recreación y lo propietarios y usuarios de los sitios de expendio de comidas.
5. Se deberá mantener un registro de la calidad del agua la misma que será monitoreada cada 3 meses considerando los parámetros físicos-químicos básicos determinados en el EIA del proyecto (pH, sólidos suspendidos, DBO₅, DQO, aceites y grasas).

Programa de manejo de la vegetación primaria existente

(manglar)

Descripción

La conservación de los remanentes de manglar en las riberas del Estero Salado es una condición de manejo ambiental de carácter obligatorio según la normativa ambiental vigente, de ahí que este plan se propone entre otros aspectos a suministrar algunas herramientas de conservación del manglar en la zona del proyecto de mejoramiento del Malecón del Salado.

Impactos a mitigar:

Afectaciones a la vegetación primaria de la zona estuarina en el tramo correspondiente al Malecón del Salado por tala de manglar o por destrucción de las especies faunísticas que habitan en él.

Medidas de manejo

1. Evitar la tala de manglar, construyendo la infraestructura necesaria sin afectar de ninguna manera el recurso.
2. Los árboles deberán ser identificados mediante letreros que expliquen su especie y su importancia, lo que redundará en el atractivo paisajístico del Malecón.

Programa de manejo de maquinaria y equipos

Descripción:

Este programa consiste en la implementación de medidas que mitiguen el impacto generado por la operación de la maquinaria en los frentes de obra del proyecto.

Identificación de impactos:

Los principales impactos que se originan por esta actividad son:

- Generación de ruido
- Emisión de gases y partículas a la atmósfera
- Derrame de grasas y aceites
- Alteración de la circulación peatonal y vehicular
- Incremento de riesgo de accidentalidad
- Contaminación de aguas superficiales y suelos por derrames de aceites y combustibles
- Vibración en viviendas y sitios de recreación generadas por el paso de maquinaria pesada

Medidas de manejo:

1. En las zonas aledañas a instituciones (Colegio Nacional Vicente Rocafuerte, Universidad de Guayaquil, Guayaquil Tennis Club) el ruido continuo que supere el nivel de ruido permisible, se realizará bajo el ciclo de 2 horas continuas (máximo), seguidas de 2 horas de

descanso. El núcleo institucional afectado deberá ser notificado previamente del ciclo de ruido adoptado.

2. El mantenimiento de los vehículos debe considerar la perfecta combustión de los motores, el ajuste de los componentes mecánicos, el balanceo y la calibración de las llantas.
3. En los vehículos a diesel el tubo de escape debe evacuar a una altura mínima de 3 metros.
4. Se recomienda a los contratistas emplear en la construcción de obras, vehículos de modelos recientes, con el objeto de evitar emisiones atmosféricas que sobrepasen los límites permisibles. Así mismo se deben cumplir los requerimientos sobre el control de contaminación del aire.
5. Se debe realizar mantenimiento a la maquinaria en centros autorizados (cambio de aceite y limpieza de filtros) cada 200 horas de trabajo de la misma, llevando un registro del mismo. Se prohíbe la realización de este mantenimiento en los frentes de la obra.
6. Cuando se adelanten trabajos en horarios nocturnos, no se podrá utilizar equipo que produzca ruido por fuera de los niveles sonoros permitidos para la zona, tales como compresores, martillos neumáticos, etc.

3.2 Costo del proyecto de rehabilitación

En los precios unitarios estaban incluidos los gastos generales, imprevistos y utilidad.

El tiempo de ejecución plantado fue de 30 días calendario, pero el tiempo real fue 23 días.

TABLA 9
COSTO DEL PROYECTO DE REHABILITACIÓN

ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
1	Elaboración de Planos	lamina	10	50,00	500,00
2	Remoción de losa	m ³	2,5	20,00	50,00
3	Limpieza y desalojo	gl.	1	100,00	100,00
4	Losa de hormigón armado	m ³	3	300,00	900,00
5	Hormigón ciclópeo	m ³	0,6	120,00	72,00
6	Construcción de guías	u	4	540,00	2.160,00
7	Instalación de guías	u	4	40,00	160,00
8	Rehabilitación de compuertas	u	2	700,00	1.400,00

9	Instalación de compuertas	u	2	100,00	200,00
10	Rehabilitación del mecanismo	u	2	400,00	800,00
TOTAL				US\$	6.342,00

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Con la rehabilitación de las compuertas se alcanzó el objetivo primordial de represar el cuerpo de agua, para mantener el nivel que puedan funcionar los aireadores y para que la M. I. Municipalidad de Guayaquil logre las metas planteadas en el Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado.
- Las compuertas fueron recuperadas en su totalidad para una proyección de vida útil de 50 años, esta proyección se hace en base

a que se utilizaron los mismos métodos de ingeniería que fueron utilizados originalmente.

- Los resultados colaterales obtenidos son exitosos, ya que ahora se usa como laboratorio experimental con parámetros reales de reproducción de manglares, especies bio acuáticas, monitoreo de la calidad de agua y grado de contaminación de la misma por los efectos de las aguas servidas domésticas, industriales y desechos sólidos que descargan sobre este cuerpo de agua.
- A este proyecto se añade el de Integración paisajista, arquitectónica y de recreación. Esta integración permite la utilización, en forma adecuada, del Estero recuperado, esta acción municipal ha representado un área para varias actividades económicas, tales como: pequeños mercados y áreas de contemplación en forma natural y como parques.

Recomendaciones:

- Se recomienda a corto plazo métodos de protección anticorrosiva a las estructuras metálicas de las compuertas, para prolongar la vida útil, en este caso, protección catódica, adicional al galvanizado existente.

- El sistema de operación de las compuertas puede ser mejorado convirtiéndolo de manual a eléctrico a mediano plazo.
- Como medida de prevención se debe realizar limpieza periódica del cuerpo de agua y en las áreas circundantes a las compuertas, para evitar que la sedimentación impida la operación normal de las mismas.