

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

*DISEÑO DEL SISTEMA EXTERNO DE APROVISIONAMIENTO DE
AGUA DE MAR PARA EL NUEVO EDIFICIO DE ACUICULTURA
DEL CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION
SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.*

TESIS
que para obtener el título de
OCEANOLOGO
presenta:
GERMAN ANTONIO BRAVO CORREA

Ensenada, B.C. a 5 de septiembre de 1994.

RESUMEN

Se propone que el Sistema Externo de Agua de Mar para el nuevo edificio de Acuicultura del C.I.C.E.S.E. establezca la toma en el faro de Punta Morro, con dirección NW (perpendicular al oleaje dominante); la bocatoma estaría a 150m con respecto a la línea de costa, a una profundidad de 3m y el material empleado deberá ser una aleación Cu-Ni; la tubería de la toma será de Polietileno de Alta Densidad, sujeta por arneses metálicos, los cuales se fijarán a pivotes que penetrarán al basalto barrenado, mínimo, 1.5m. Se proponen 5 etapas que incluirán dos estaciones de bombeo para que el edificio reciba 1,100gal/min a 65m de altura y 600m de distancia a la primera caseta de bombeo. Las capacidades para las bombas fueron: en la primera 115Hp, en la segunda 120Hp. Se incluye un resumen de la información oceanológica disponible sobre Punta Morro.

**DISEÑO DEL SISTEMA EXTERNO DE APROVISIONAMIENTO DE
AGUA DE MAR PARA EL NUEVO EDIFICIO DE ACUICULTURA DEL
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y EDUCACION SUPERIOR
DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.**

TESIS
presentada por:
Germán Antonio Bravo Correa

Aprobada por:



M.C. Francisco Suárez Vidal
Presidente del jurado



M.C. Ramón Luna Hernández
Sinodal Propietario



Ing. Antonio García Yáñez
Sinodal Propietario

DEDICATORIA.

a Don Genaro Correa García
padre, abuelo, maestro, amigo

AGRADECIMIENTOS.

Estaba ahí y en los caminos.
 Atardecía
 y la magia de las nubes,
 golpeadas por esa luz agonizante,
 daba esa paz a mi alma,
 esa tranquilidad que proporciona el éxito,
 el haber alcanzado una meta
 que llegó a parecer irrealizable.
 Ya no hay imposibles,
 a seguir
 con la frente muy en alto.
 No más mediocridad,
 no más complejos.
 Avante,
 con bríos.

Idea,
 que debe seguir,
 crecer,
 fructificar,
 y morir
 para dar vida a otras ideas,
 mucho más
 claras que ella.

Este ÑOKI con semestres de añejamiento no quiere mostrarse ingrato, por tanto hace público el hecho de que este trabajo es el fruto de muchos, no de uno solo.

Así mix, te agradezco lector morbosos, porque desempolvaste este ejemplar de su letargo en el estante, no me importa que el motivo haya sido "a ver que escribió este c...anijo".

Agradezco al C.I.C.E.S.E. el apoyo (económico y logístico), invaluable para poder llevar a cabo las inquietudes de un pasante de oceanólogo.

Gracias a mi *alma matrastra*, la U.A.B.C., por la ayuda.

A mi *ALMA MATER*, la **Facultad de Ciencias Marinas**, por existir; porque me formó, no sólo me retacó de información. En ella conocí otros aspectos de la vida, en ella convergieron los caminos de personas muy valiosas. Puedo decir con firmeza que 8 años no fueron en balde, declaro orgulloso que soy OCEANOLOGO, puedo presumir que de la carrera obtuve amigos verdaderos.

Agradezco las facilidades otorgadas por Abulones Cultivados, El Stephen Birch Aquarium, Scripps Institution of Oceanography y la Cooperativa Bahía Falsa durante las visitas a sus sistemas de agua de mar.

M.C. Francisco Suárez Vidal, primero en el salón de clases, luego en la confabulación del proyecto para continuar en la cristalización de la tesis, su confianza en mi potencialidad, su interdisciplina y la frase "nos gustan los retos", todo fueron motivos, apoyos férreos para alguien que se va abriendo brecha en esta jungla. No hay algo que logre retribuir todo eso.

Dr. Luis Fernando Bückle Ramírez, mi "papá" en el Departamento de Acuicultura. De no haber sido por la condición que pidió para asesorarme en la tesis, esta no hubiese adquirido la personalidad que la distingue. Su confianza, entusiasmo, su gusto por lo bien hecho apuntalaron los cimientos de la tesis, así como los de mi autoestima. Gracias Doc.

Al M.C. Ramón Luna Hernández, por haber aceptado ser sinodal, por el tiempo que dedicó a las revisiones y por su sentido didáctico.

Al Ing. Antonio García Yáñez porque aceptó a un oceanólogo para darle asesorías, por la información "top secret" que facilitó en un principio y por tener la disposición para que los trabajos costeros se hagan en interdisciplina.

Lo escéptico del juicio del M.C. Carlos Granados para con el primer anteproyecto que le presentamos a evaluar, desencadenó la realización de algo que resultó MIL veces mejor, gracias profe.

En esa búsqueda por complacer al comité de titulación me ayudaron enormidades: Apango, Rigo, Ing. Uribe, Antonio Silva, Conal, García Esquivel, Carlos Suárez, Héctor González y la M.C. Claudia Farfán quien fue la que me depositó en las manos del Doc.

De no haber sido por las pláticas y consejos de Víctor Gendrop seguiría entre "las patas de los caballos".

Quiero agradecer a la tropa que me ayudó, en especial a la de las siguientes instituciones: **C.I.C.E.S.E.:** Lupita Fuentes (disculpa la lata), Ma. Elena Corona (por las porras), Pancho Valenzuela (eres un ejemplo a seguir), Norber (este alumno se te va), César (scanner). **U.A.B.C.:** Memo Avila, Calderón (almacén de buceo), Yepiz, Mary (papeleo primeros semestre). Lorena (papeleo en la fase del caos y la salida), Rosario (trámites de Titulación), Pedro Martínez.

Patrocinadores: Bravo Internacional, Doña Tere, Teléfonos de México, Lic. Sra. de Morachis, Cooperativa Bahía Falsa, Abulones Cultivados, Papas & Beer, Viva Tequila, Up Side Down, balneario El Palomar, Bananas Club, Colegio Ensenada, Instituto Cultural Inglés.

Pancho Aranda, tus clases de primero y segundo lograron que no desertaré, pues al parecer la oceanología valía la pena. Profe Dieguez y Dora

Waumann, su ritmo de trabajo y exigencia los extrañé toda la carrera; gracias porque alguna vez me pidieron fuera su becario. Maestra Graciela gracias por recordarme que en esta vida hay que ser rectos, justos, chambeadores.

ÑOKIS, generación XXXI, fundadores, esos revoltosos de la tarde a quienes todos los profes se querían enchorar y que nadie lo logró. Ustedes son la mejor definición de lo que significa ser oceanólogo. Johny, Tony, El Huevo, Panchito, Chava, David, El Oax, El León, Beto, Humberto, Gerardo, El Pino, el Huey, El Sarape, Tanahara, Paco gracias por su amistad y compañerismo, por haber hecho menos duro el cambio de vida. A los Ñokis dilatados Osso, Pisos. A los agregados, Pablo, Tribi, Daleth, Lalo, Atún Lira, Magno, Miguela la ramera, Meche

A las generaciones que me adoptaron unos instantes: Vale Madres, Farzantes, Gebomaquitos, Ahogados. De ellos saludos a: Devessa, Pepe Sandoval, Marta, Dr. Mösso, Chucky. A la Pocilga de Adonis (Falo, Gordo, Mierda, Felipe), al equipo "Pedal y Fibra", a mis compañeros del area de geología y los de biología.

A mis nenaz: *Fierroto, Karla Schiwnn, Laura Bridgestone y Cynthia TREK*, en ustedes he tenido los placeres más sublimes. Gracias Jorge Guerra por inculcarme ese vicio.

En las mediciones topográficas los alumnos de primer semestre (sept.93) fueron de gran ayuda. Transparencias franja de estudio, Luis Manuel Guzmán. Las fotos aéreas, el Octavio Meillón. Fotos submarinas, Oc. Manuel Villalobos. Buceo, Francisco Becerril; misión alfa Tatis, Vaquero, Fray Coco, Julio; misión beta Bece, Angelo, Checo, Jocelyn, Meiners, Daniel, Aída, Francisca. Software, impresión, mi primo. Trabajos varios, Daniel Avila Mulia. A todos ellos una porra.

A Juana Reyes por el empujón. Siempre confió en sus nietos. Ella me dió más de lo que recibió de mí. Te extraño abuelita.

Sin el apoyo de mi familia no estaría aquí.

A mi Papá, que me enseñó que en esta vida no todo es color de rosa, y que hay que ser más cabrón que bonito. Te quiero mucho jefe.

A mi Mamá por su amor, su ejemplo, su amistad y su lucha. Te quiero mucho jefecita linda.

A mi Nana, los pellizcos, jalones de pelo, regañadas, no fueron en balde. Tu cariño en mi infancia lo llevo por siempre en el corazón.

A mis hermanos, Mauricio, Arturo, Fernando, Pilar Francina, para que nunca se rompa el lazo que nos une. Gracias por esperar.

A mis carnales: Poncho, Gabriel, Fito y el Cocayo.

A Luis Fernando Bravo Santizo, por ser eslabón que fortaleció la unión familiar.

A mis primos, Mónica, Juan Carlos, Jazmín, Tania, Paquito, Armando, David Alfonso, Sofía y Galia.

A mis tíos, Estela, Celia, Francisco, Armando, Lucha, Gela, Genaro, Ana, Adolfo Melenas, Melesio Vikingo, Marcela, Malena, Jovita e Isabel.

A mis sobrinos, Mónica, Adrián, Oscar Ossiel, Sara, Oscar Emiliano, Alan David y Johny Jr., porque le han dado a mis primos y amigos el motivo para superarse con más ahínco.

A los que me acompañaron en el sprint, Luigi, fam. Guzmán, Daniel, Chava, Checo, Tatis, Gordito.

INDICE

página.

I.- INTRODUCCION.....	1
II.- ANTECEDENTES.....	8
II.1.- Sistemas externos de agua de mar en el extranjero.....	8
II.2.- Sistemas externos de agua de mar en la región	11
II.3.- Máquinas hidráulicas.....	13
II.4.- Elección del lugar de la toma.....	17
II.5.- Area de estudio.....	18
III.-OBJETIVOS.	
III.1.- Objetivo general.....	21
III.2.- Objetivos particulares.....	21
IV.- MATERIALES Y METODO.....	22
IV.1.- Evaluación de la bocatoma.....	25
IV.2.- Eficientizar tubería de la toma.....	25
IV.3.- Diseño hidráulico.....	29
IV.4.- Especificaciones en el diseño hidráulico.....	31
IV.5.- Evaluación de Playitas como receptor del drenaje de agua de mar. Alternativas.....	32
V.- RESULTADOS.	
V.1.- Puesta a prueba de la bocatoma.....	32
V.2.- Eficientizar tubería de la toma.....	38
V.3.- Diseño hidráulico.	
V.3.1.- Determinación del gasto.....	44
V.3.2.- Diseño de etapas.....	44
V.3.3.- Memorias de cálculo.....	45
V.4.- Especificaciones. Drenaje.....	55
VI.- DISCUSIONES.	
VI.2.1.- Elección del lugar de la toma.....	57
VI.3.- Diseño hidráulico.....	58
VI.4.- Especificaciones.....	59
VI.4.1.- Consideraciones oceanológicas para la cons- trucción del S.E.A.M.....	60
VI.6.- Recomendaciones.....	66
VII.- CONCLUSIONES.....	67
VIII.- LITERATURA CITADA.....	68

LISTA DE TABLAS

página.

TABLA I.- Características generales del sistema de captación de agua de mar para el nuevo edificio de Acuicultura (Bücker, com.pers.).....	3
TABLA II.- Sistema de circuito cerrado en Acuicultura: ventajas y desventajas (Valenzuela, com. pers.).....	6
TABLA III.- Calendario de actividades.....	24
TABLA IV.- Plan de buceo. Misión Beta.....	28
TABLA V.- Calidad preliminar de agua en niveles de producción para aplicaciones marinas (tomado de Huguenin y Colt, 1989).....	33
TABLA VI.- Características generales de Bahía de Todos Santos.....	34
TABLA VII.- Características oceanológicas en el cuadrante de estudio..	38

LISTA DE FIGURAS

página.

- Fig. 1.- Sistema de Agua de Mar del Woods Hole Oceanographic
Oceanographic Institution's Environmental Systems Laboratory
(tomado de Huguenin, 1975)..... 10
- Fig. 2.- Macrolocalización del área de estudio (tomado de Salazar-
González, 1990)..... 19
- Fig. 3.- Fotografía aérea (tomada en octubre de 1991) con la microlo-
calización del cuadrante de estudio..... 20
- Fig.4.- Fotografía aérea del cuadrante de estudio (tomada en agosto
de 1992) con la ubicación del canal natural..... 23
- Fig. 5.- Trayectorias potenciales para el proyecto Forza 5..... 27
- Fig. 6.- Distribución de la corriente litoral en la parte Norte de la
Bahía de Todos Santos. Los puntos negros indican las estacio-
nes de muestreo (tomado de Aranda-Manteca, 1983)..... 42
- Fig. 7.- Distribución por zonas de influencia de contaminación por
materia orgánica, en base a la suma total de veces con
parámetros afectados, con datos de superficie y de fondo
de cada estación (tomado de Rivera-Duarte, 1984)..... 43
- Fig. 8.- Diagrama de Moody (tomado de Mataix, 1982)..... 48

I. INTRODUCCION

En 1980 fue creada en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C. (C.I.C.E.S.E.) la sección de Acuicultura (C.I.C.E.S.E., 1981) constituida en la actualidad como uno de los Departamentos que forman a la División de Oceanología. Posee un Sistema de Agua de Mar (S.A.M.) cerrado cuyo filtro biológico tiene una capacidad máxima de depuración de 300.8 l/min (75.64gal/min) y un volumen máximo de recirculación de 227.1 l/min (60.0gal/min) impulsado por una potencia de bombeo de $\frac{3}{4}$ HP hacia el laboratorio húmedo central de 56.0 m² de superficie (Bücker et al., 1990). El laboratorio fue diseñado para realizar esencialmente "investigación básica para conocer las variables fundamentales necesarias para el desarrollo de biotecnologías", por lo cual se hacen "investigaciones en aspectos como reproducción, desarrollo de larvas y juveniles, nutrición, ecofisiología, estudios histológicos y energéticos entre otros, en animales y plantas, marinas y dulceacuícolas." (Bücker et al., op. cit.). Este sistema con cerca de 12 años de trabajar ininterrumpidamente, ubicado a 3 km. de la costa y reabasteciéndose del S.A.M. de la Universidad Autónoma de Baja California (U.A.B.C.), pronto llegará al término de su vida útil. A finales de 1994 un edificio nuevo albergará al Departamento de Acuicultura en el domicilio del C.I.C.E.S.E. del kilómetro 107 de la carretera Tijuana-Ensenada. Esta obra civil forma parte del programa *Consolidación de la Infraestructura Física* de la

institución (Suárez, com.pers.) y obedece a la necesidad de tener instalaciones más amplias para disponer de mayores volúmenes de agua de mar, extender las líneas de investigación y continuar formando recursos humanos bajo una visión integral (Bücker, com. pers.).

El diseño arquitectónico del mencionado inmueble contempla, entre otros, 300 m² para el laboratorio húmedo central bajo techo y tres plataformas de concreto con una superficie total promedio de 600 m² para la estanquería al aire libre, todo ello a 65 m sobre el nivel medio del mar. Las principales solicitudes del Departamento de Acuicultura son que el sistema hidráulico que tenga esta infraestructura sea del tipo abierto, con la capacidad de convertirse a sistema cerrado en caso de una emergencia, con un gasto máximo de de 250 m³/h (4,166.67 l/min; 1,100.00 gal/min) y que el agua entre por gravedad a las instalaciones (Tabla I).

El crecimiento pujante del Departamento y la ampliación de las líneas de investigación, tanto en el tipo de organismos (peces marinos, camarón, etcétera) como en las áreas de trabajo (genética, patología, desarrollo de biotecnias), han incrementado el volumen de agua de mar proyectado para las nuevas instalaciones, así como el grado de flexibilidad que permita darle al líquido características químicas específicas. Lo anterior justifica la construcción de un S.A.M. abierto, más no resuelve el problema de sacar el agua de la bahía para llevarla hasta 65m de altura S.N.M.M..

TABLA I.- Características generales del sistema de captación de agua de mar para el nuevo edificio de Acuicultura (Bückle, com. pers.).

1	Consumo de agua de mar 1 100gal/min=250m ³ /h=4 166.67l/min.
2	Bocatoma de agua con protector contra arena y partículas grandes.
3	Extensión de dos tuberías PVC (probablemente de 3 pulgadas de diámetro) para que cada motobomba autosuccione independientemente el agua de mar.
4	Cada motobomba de succión tendrá una tubería independiente de desfogue con llave de paso, para hacer funcionar la motobomba libremente y evitar el desagüe prematuro.
5	Cada sistema de succión tendrá manómetro.
6	En la caseta de bombeo deberán funcionar o poder activarse dos motobombas, independientemente la tercera motobomba de reserva podrá reemplazar a cualquiera de las anteriores. La caseta deberá tener un teclado para cambiar las motobombas.
7	Dentro de las caseta debe haber agua dulce para la limpieza , y para llenar motobombas. Deberá tener también corriente 110 volts.
8	La caseta debe estar protegida al máximo contra la humedad ambiental con la posibilidad de circular aire en el verano, cuando aumente la temperatura ambiental.
9	Los controles de las motobombas deberán tener una extensión hasta el edificio para comprobar el estado de funcionamiento, esto incluirá una alarma.
10	Los ductos eléctricos que se ubiquen con las tuberías de succión deberán guardar al menos 1 ft (30.48cm) de distancia para evitar parte de la acción del campo magnético.
11	Prefiltrado del agua de mar para eliminar partículas y materia orgánica mayor antes de entrar al estanque del cerro.
12	Estanque embudo de captación y recirculación continua de agua de mar con posibilidades de vaciar el fondo para eliminar las partículas mayores precipitadas.
13	El estanque deberá estar a una altura sobre el nivel medio del mar mayor que la del inmueble para que el agua sea suministrada con ayuda de la gravedad.
14	Los estanques de recepción de agua deberán ser cubiertos internamente, para evitar el contacto agua de mar-concreto, con: a) sellador de concreto b) pintura epóxica de color blanco
15	Todos los estanques necesitarán acceso para comprobar su estado de limpieza.
16	Una tubería de al menos 6 pulgadas retornará el agua de mar a la costa.
17	El sistema del drenaje de agua de mar deberá tener una pila grande de sedimentación con "bypass".
18	Sistema de limpieza de las tuberías de succión con aire a alta presión.
19	Retrolavado a alta presión para limpiar las tuberías de alimentación a partir del estanque que se ubicará en el cerro.
20	Sistema para limpiar la tubería de agua de mar que retorna al cuerpo de agua.
21	Corriente eléctrica 440volts. Todos los sistemas deberán estar aterrizados.
22	El tiempo de vida útil de todo el sistema deberá ser de 25 años.

El S.A.M. se define como un conjunto, de máquinas, vías de conducción, dispositivos, aparatos y recipientes de contención, que funciona para extraer, conducir, acondicionar, distribuir y desechar agua marina. Su tamaño y complejidad están en función del uso y distribución que se le dará al fluido, así como de la dificultad en la conducción desde la fuente hasta las instalaciones que recibirán el servicio. Los de mayor tamaño se utilizan en el negocio de la generación de energía (nucleoeléctricas, termoeléctricas) y en desalinizadoras. Los S.A.M. para uso acuicultural son en esencia sistemas hidráulicos con los que se generan las condiciones de vida bajo las cuales se ha planeado mantener a organismos marinos, y según el manejo que se le de al agua podrán ser de dos tipos: abierto y cerrado.

El de tipo *abierto* se caracteriza por tener flujo continuo, esto es, teóricamente el volumen de agua que entra al sistema es igual al de salida. Claramente se divide en dos subsistemas hidráulicos: externo e interno. El externo (que en este trabajo se mencionará como Sistema Externo de Agua de Mar) está formado básicamente por: la toma, o entrada de agua de mar, integrada por dos elementos que son la *bocatoma* que está en la parte inicial ya que en ella se encuentran dispositivos mecánicos de protección (como la válvula de pie, malla, y otros) para evitar la acolmatación y la entrada de organismos y partículas mayores al circuito, además de favorecer un flujo unidireccional, el segundo elemento es *la tubería de succión*; en seguida están las máquinas que añaden energía al agua, que en el 90%

de los casos son bombas centrífugas (Wheaton, 1977). Sigue la sección de acondicionamiento de las características físicas del fluido, ya sea por medio de aparatos o por dispositivos (sedimentación, filtración); el recipiente de contención (libre a la atmósfera o presurizado) para distribuir a el fluido hacia donde sea requerido y conectarse al subsistema interno. Al último está el drenaje, encauzado hacia el cuerpo costero del cual fue extraída el agua de mar, el cual dispondrá o no de un sistema para tratar las aguas antes de regresarlas a la fuente según el grado de modificación de las características originales del agua y a la legislación ambiental de la localidad. El subsistema Interno abarca por una parte el acondicionamiento más refinado del fluido a través de filtros mecánicos de diversos tamaños de grano de filtración, rayos ultravioleta, ozonizadores, intercambiadores de calor, y por otra la distribución del agua de mar en el (los) laboratorio(s) húmedo(s) [instalaciones equivalentes a los "invernaderos" de las investigaciones en agronomía].

El de tipo *cerrado* se caracteriza por tener una recirculación total y requerir de un abastecimiento periódico del agua marina en función del porcentaje de pérdidas de fluido durante los procesos de utilización y recirculación. Tiene los dos subsistemas pero no posee toma, ni drenaje externo, aunque las líneas de distribución y los procesos de acondicionamiento son mucho más complejos que los del abierto.

El trabajar con un S.A.M. cerrado permite controlar muchas de las variables físicas y químicas en el agua (Tabla II), pero quedan

restringidos los grupos de organismos con los que se puede trabajar, a causa de los requerimientos que cada uno de ellos tiene de espacio y calidad del agua. Un S.A.M. de flujo continuo incrementa las superficies potenciales de experimentación, con lo que se facilita cultivar organismos como peces marinos, abulón, camarón, langosta, entre otros.

TABLA II.- Sistemas de circuito cerrado en Acuicultura: ventajas y desventajas (Valenzuela, com. pers.).

Los Filtros biológicos se consideran un método satisfactorio para mantener la calidad del agua en sistemas de acuicultura cerrados.

Las VENTAJAS son:

1. Habilidad para controlar y optimizar condiciones de cultivo.
2. Están libres de competencia con depredadores naturales.
3. Menos competencia con actividades marinas.
4. Pueden establecerse alejados del mar.
5. Son independientes de efectos de la naturaleza.

Las DESVENTAJAS son:

1. Necesitan gran capacidad de almacenamiento y filtración, además de alcalinizadores y esterilizadores.
2. Al cabo de un período de recirculación se acumulan en el agua los nitratos, el pH decrece, las bacterias se incrementan y la concentración de los elementos traza disminuye.
3. Requiere de un control riguroso para mantener constantes las características del agua, porque las poblaciones bacteriales en el filtro biológico son muy sensibles a perturbaciones ambientales y a la cantidad de metabolitos (relacionados con la biomasa que está haciendo uso del servicio), limitando con esto la flexibilidad en la investigación.
4. La naturaleza secuencial en las reacciones del filtro biológico conlleva a que pequeñas perturbaciones en una parte del sistema puedan irse acumulando hasta generar una cadena de eventos indeseables que, se traducirían en un rompimiento de todas las funciones del ciclo.

Al diseñar un S.A.M. se debe considerar primero si la actividad acuícola va a estar orientada al comercio o a la investigación (Huguenin y Colt, 1989, Allen et al., 1982). También es necesario visualizar las especies con las cuales se desea trabajar para calcular la capacidad hidráulica (inicial y futura), y definir la magnitud en el manejo del agua de mar, entre otros aspectos.

En los sistemas de tipo abierto la toma de agua de mar es la columna principal que sostiene a toda la estructura hidráulica. En el litoral del Pacífico de B.C. el mantenimiento y construcción de tomas de agua de mar ha sido difícil, fundamentalmente porque la mayor parte de la costa es rocosa, lo que ha impedido enterrar la tubería en la zona intermareal para protegerla del embate de las olas, el movimiento de fragmentos de roca, las corrientes de fondo y el transporte litoral. En consecuencia, desarrollar en esta zona del país un S.A.M. abierto que proporcione agua de calidad, para el tipo de infraestructura acuícola requerida por el C.I.C.E.S.E., constituye una parte medular que absorberá un alto porcentaje de la inversión total. Un proceso adecuado en el diseño y toma de decisiones del subsistema externo es crucial, para garantizar el funcionamiento de todo el conjunto.

II. ANTECEDENTES

El agua es la materia prima para toda actividad acuicultural porque en torno a sus características cualitativas y cuantitativas se definen aspectos esenciales, como por ejemplo la(s) especie(s) a cultivar, el sistema de cultivo, especificaciones en la infraestructura, y otros. Para todo laboratorio de acuicultura, ya sea del sector productivo o del científico, el aprovisionamiento de agua debe ser continuo, eficiente y en condiciones normales debe haber una garantía de que el líquido recibido en las instalaciones posea las mismas características de concentración de oxígeno, temperatura, salinidad, nutrientes, pH, de la zona de la cual fue extraído (Bücker, com. pers.).

II.1.- Sistemas externos de agua de mar en el extranjero.

Según Huguenin y Colt (1989) los trabajos sobre S.A.M. son escasos, porque la mayor parte de este conocimiento ha sido generado por el método de "prueba y error", lo que ha propiciado que se cometan las mismas fallas una y otra vez al momento de llevar a cabo un desarrollo acuicultural. Los pocos diseños publicados responden a requerimientos muy particulares de consumo de agua, tipo de costa, finalidad de la infraestructura. Por ejemplo, Ebert et al. (1974) describen un S.A.M. de tipo abierto ubicado en la parte central del litoral californiano (costa oeste de E.U.A.), que proporciona 150.0 gal/min (600.0 l/min), mientras que Huguenin (1975) desarrolla el S.A.M. abierto

para el *Woods Hole Oceanographic Institution's Environmental Systems Laboratory* (Fig. 1) con una capacidad de 600.0 gal/min (2,400.0 l/min). Aunque existen diferencias entre ambos proyectos como es la finalidad de la infraestructura, el tipo de costa, la cantidad de agua en movimiento, entre otros, ambos trabajos coinciden en la metodología para la elección del tipo de bomba, el tipo de material de la tubería, la distribución general del sistema hidráulico externo. Esta información deberá tomarse entonces como una guía para eliminar errores y reducir tiempo en la planeación de instalaciones acuícolas.

Las estrategias para eficientizar la toma han sido: en playas arenosas, enterrar la tubería hasta pasar la zona de rompientes (Huguenin y Colt, op.cit.), la construcción de pozos o el aprovechamiento de obras costeras (Scripps Institution of Oceanography); en playas rocosas, uso de tubo de PVC dentro de un tubo de acero inoxidable (Ebert et al., op. cit.), tubería de material flexible asentada sobre el sustrato por medio de arneses metálicos (Daniel, 1986) o dinamitar para construir un "canal de llamada".

En Chile, donde las condiciones oceanológicas son muy parecidas a las de Bahía de Todos Santos (B.T.S.), han usado canales naturales para instalar en medio de ellos tubería de succión (Bücker, com.pers.), protegiéndola de los efectos del oleaje. Además

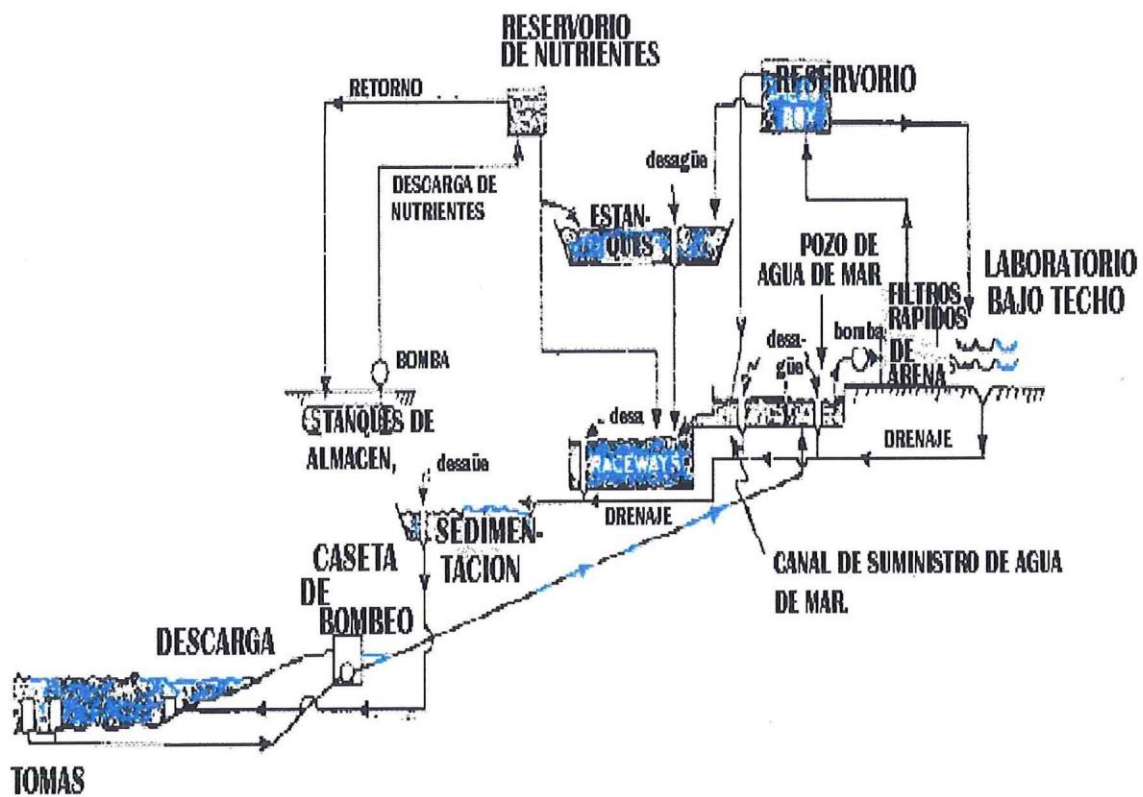


Fig. 1.- Sistema de Agua de Mar del Woods Hole Oceanographic Institution's Environmental Systems Laboratory (tomado de Huguenin, 1975).

para disipar la energía de las olas que inciden directamente (como ocurre en tormenta) permitieron la colonización de epibiontes sobre las líneas de Cloruro de Polivinil (PVC).

II.2.- Sistemas externos de agua de mar en la región.

En México el cultivo de organismos marinos es una actividad relativamente nueva, hasta hace algunos años era practicada principalmente por cooperativas, organismos gubernamentales y dependencias educativas. No se ha publicado información sobre los S.A.M. nacionales de tipo abierto, por lo que la investigación se debe realizar a través de entrevistas y visitas.

El estado de Baja California (B.C.), además de tener muy pocas bahías, se caracteriza por tener costas rocosas, en su mayor parte, con cantiles y muy pocas playas arenosas. Esta particularidad repercute sobre todo en las infraestructuras acuiculturales que trabajan con sistema abierto, porque: dificulta la funcionalidad de las partes que constituyen a las bocatomas, sobre todo la obstrucción de las válvulas de pie (popularmente conocidas como "pichanchas"); tramos de la tubería de la toma se rompen por la acción del oleaje; las corrientes de fondo modifican la trayectoria de la tubería sumergida, y otros. Gran parte del fracaso de las tomas de agua se ha debido a la rigidez del material empleado, como la tubería de PVC que no amortigua el golpe de las olas, o por cubrir los tubos con una mezcla de concreto y cantos rodados sin haberlos lavado con agua dulce (la salinidad evita que el

cemento convencional cuaje bien (Guardado-France, com. Pers.)), armaduras que resultaron contraproducentes al convertirse en "proyectiles" del oleaje.

Un prototipo experimental de bocATOMA tuvo éxito en la localidad *Las Pulgas* (playa rocosa, expuesta al océano), al sur del puerto de Ensenada, en donde académicos de la U.A.B.C. hicieron pruebas preliminares para establecer un cultivo de camarón. El prototipo tenía la forma de un vaso invertido y era una derivación del usado en el C.I.C.T.U.S. en Sonora (Granados, com. pers.). Desafortunadamente no han publicado sus resultados, pero se sabe que la construcción e instalación fueron relativamente sencillas, y que trabajó eficientemente durante un año, sin azolvarse, resistiendo el embate de fenómenos naturales.

En B.C. existen tres Sistemas Externos de Agua de Mar (S.E.A.M.) para uso acuícola: el de la Sociedad Cooperativa Bahía Falsa en San Quintín dedicado al cultivo de ostión, el de la Secretaría de Pesca (SEPECA) en el ejido Eréndira (concesionado a la empresa Abulones Cultivados S.A. de C.V.), y el del plantel Ensenada de la U.A.B.C., orientado a la investigación.

El de San Quintín se ubica en una laguna costera y surte de agua de mar a un laboratorio de producción de semilla de ostión, el cual trabaja de 2 a 3 meses al año (en verano, cuando los progenitores están

maduros). Aunque es un sistema rústico no ha tenido problemas funcionales importantes (García-Esquivel, com.pers.).

El de SEPESCA se localiza en una playa rocosa expuesta al Océano Pacífico. El proyecto inicial era muy ambicioso pero no pudo concretarse a causa de que carecía de un diseño de toma de agua de mar que permitiera a las líneas de succión resistir el embate de las olas así como evitar azolvarse con el transporte litoral, principalmente. Antes de otorgar la concesión del laboratorio, SEPESCA utilizó dinamita para crear un canal (solución al problema del embate de las olas) y una poza de entremareas lo suficientemente grande y profunda (solución para contrarrestar el azolvamiento) con el fin de proporcionar los volúmenes de agua planeados. Abulones Cultivados se hizo cargo del diseño y construcción del sistema hidráulico.

El de la U.A.B.C. está dentro de la Bahía de Todos Santos (B.T.S.) en Punta Morro. Por el momento utilizan la toma de emergencia mientras se construye una nueva, la cual, en orden de prioridad, proporcionará servicios a: el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.), la Facultad de Ciencias Marinas (**F.C.M.**) y a la Facultad de Ciencias (F.C.).

II.3.- Máquinas Hidráulicas.

Según Pashkov y Dolqachev (1985) las máquinas hidráulicas se dividen en dos: turbinas y bombas. Ellos definen a las bombas hidráulicas como "dispositivos en los cuales se realiza la transmisión de

la energía de un sólido en movimiento a un líquido", entonces las bombas son "máquinas destinadas para crear el flujo de un fluido".

En base al principio de funcionamiento que tengan se dividen en dos (Pashkov y Dolqachev, op.cit., Mataix, 1982): *volumétricas*, ceden energía al fluido en forma de presión, y *dinámicas* en donde la energía es transmitida al fluido a través de las aletas de un rodete o impulsor, estas se dividen en dos (Pashkov y Dolqachev, op.cit.) axiales y centrífugas. Una **bomba centrífuga** imparte energía en forma de velocidad y esta es transformada ampliamente hacia energía en forma de presión conforme el líquido se aleja de la bomba (Goulds Pump Inc, 1973).

En el estudio de los fluidos en movimiento se asume que estos son incompresibles y que están formados por un gran número de unidades o elementos. El flujo de un fluido puede ser: LAMINAR, en el que cada elemento se mueve con la misma velocidad y dirección con respecto a los otros elementos resultando un movimiento en capas, este flujo se ve favorecido cuando hay velocidades bajas, tuberías de diámetro pequeño y un fluido con viscosidad alta; el otro régimen es el TURBULENTO, caracterizado por el movimiento de los elementos a través de las líneas de corriente generándose remolinos, lo favorece velocidades altas a través de tubería de gran diámetro, la disipación de la energía es mucho más intensa. Según Wheaton (op.cit.) la mayoría de

los flujos en acuicultura son turbulentos a causa de que grandes velocidades disminuyen los costos de la plomería.

Cuando el flujo se da dentro de un conducto cerrado, con distintas secciones, la masa del fluido que pasa por la primera sección debe ser la misma que fluya por la segunda, pues no hay otro lugar por el que se desplace. Este principio se expresa matemáticamente como la Ecuación de Continuidad:

$$V_1A_1 = V_2A_2$$

donde, V_1 :velocidad en la sección 1

A_1 :area sección 1

Todas las formas de energía involucradas en un sistema de flujo de líquido pueden ser expresadas en términos de *pies*, o *metros*, de *líquido*. La energía total de un elemento del fluido será igual a la suma de la energía potencial y la cinética. Bernoulli aplicó la ley de la conservación de la energía a la energía total en un conducto cerrado, obteniendo una ecuación cuya forma práctica es la siguiente:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + \text{entrada de energía} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \text{perdidas menores} + \text{perdidas primarias}$$

donde,

Z_1 :posición 1 con respecto al plano de referencia

P_1 :presión en la sección 1

γ :peso específico del fluido

V_1 :velocidad en la sección 1

g :gravedad

Hay dos clases de conductos para transportar fluidos: el abierto (canales), presenta una superficie libre y formas irregulares, el fluido no está bajo presión; el cerrado (tuberías) en donde el fluido se encuentra bajo presión. Las pérdidas de carga (presión) en las tuberías son de dos tipos *primarias* (o de fricción) y *secundarias* (o menores). Las primarias son pérdidas de superficie (Mataix, op.cit.) en el contacto del fluido con las paredes de la tubería y el rozamiento de las partículas entre sí (en régimen turbulento); las secundarias son pérdidas de forma que tienen lugar en los puntos de transición (estrechamientos o expansiones) y en toda clase de accesorios (codos, válvulas, etcétera).

La ecuación general para el cálculo de la potencia de bombeo es:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{n}$$

donde, P: potencia= kgm/s

γ : peso específico del fluido= N/m³

Q: gasto= m³

H: carga= m

n: eficiencia de la bomba

El Número de Reynolds es la relación entre las fuerzas inerciales y las viscosas en un fluido. Se usa para definir el régimen de flujo, si el valor está por debajo de 2000 es un flujo LAMINAR, si está entre 2000 y 4000 se trata de un flujo altamente inestable (el cual siempre se evita en

los sistemas hidráulicos), un valor por arriba de 4000 indica un régimen TURBULENTO.

Allen et al. (1984) mencionan que las motobombas y los sistemas de transporte de agua son los mecanismos de control del medio ambiente central de todos los sistemas acuiculturales. Las dimensiones del sistema de transporte y del equipo, así como la estimación de los costos, dependerá del flujo, biológicamente determinado, para funcionar dentro de los límites definidos para el sistema de cultivo (Allen et al., op.cit.). En general la información que se requiere en los cálculos hidráulicos es la siguiente: el gasto, la temperatura del agua, la gravedad específica, el tipo de material de la tubería (rugosidad relativa del material), los coeficientes de fricción de los accesorios, longitud de la toma y la descarga, características del terreno (tipo de suelo, nivelación con perfil), viscosidad cinemática, peso específico del agua (a una temperatura y salinidad dadas), carga estática en la descarga y en la succión.

II.4.- Elección del lugar de la toma.

En este trabajo, en el tópico "elección del lugar más propicio para establecer la toma" la calidad del agua de mar no fue tema de discusión, porque para mejorarla significativamente tendría que provenir de una zona con surgencias y alejada de asentamientos urbanos, situación que se da a varios kilómetros de distancia del inmueble, como por ejemplo Punta San Miguel (Argote et al., 1975).

Económicamente la Acuicultura es una actividad de alto riesgo, pero si se desarrolla bajo una planeación interdisciplinaria en la que se contemplen el mayor número de imponderables puede retribuir con creces la inversión inicial.

II.5.- Area de estudio.

Baja California forma parte de los Estados Unidos Mexicanos y es el estado fronterizo con los Estados Unidos de América cuyo litoral es el Océano Pacífico y el Golfo de California. En la costa Oeste de dicho estado se localiza la Bahía de Todos Santos entre los 31° 40' y 31° 55' latitud norte, y entre los 116° 36' y 116° 50' longitud oeste (Fig. 2). La zona de estudio se ubicó en la parte Norte de la bahía (de Punta San Miguel al rompeolas del puerto de Ensenada), específicamente en un cuadrante cuyos límites geográficos fueron: entre los 31°51'22.50" y 31°52'11.25" latitud Norte y entre los 116°39'43.57" y 116°40'20.55" longitud Oeste. Dicho cuadrante comprende desde el faro en Punta Morro hasta el extremo Sur (llamado "Punta Papagayo") de la playa de bolsillo "Playitas" y desde el nuevo edificio de Acuicultura del C.I.C.E.S.E. hasta la isobata de los 10m (Fig. 3).

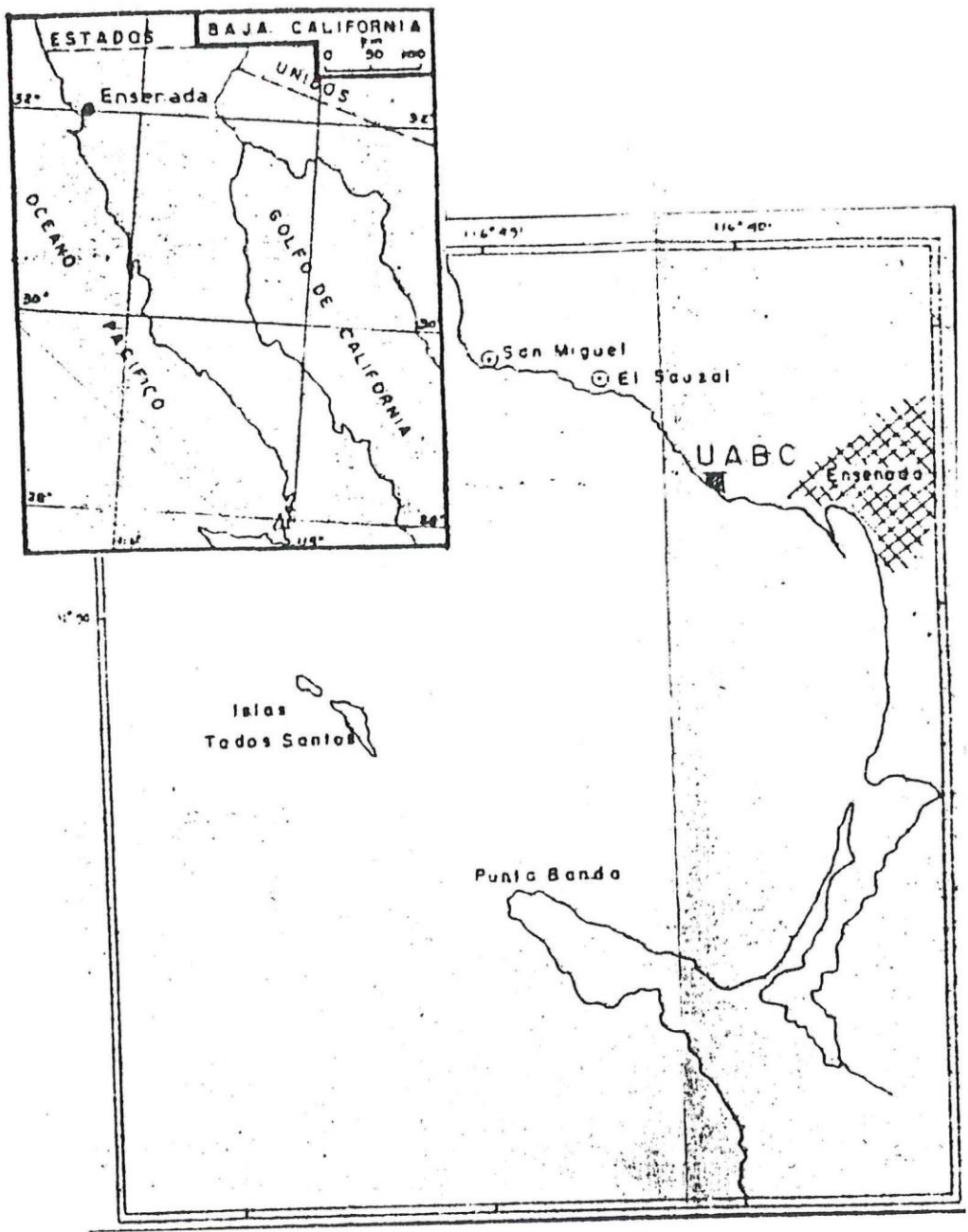


Fig. 2.- Macrolocalización del área de estudio (tomado de Salazar-González, 1990).



Fig. 3.- Fotografía aérea (tomada en octubre de 1991) con la microlocalización del cuadrante de estudio.

III. OBJETIVOS

III.1.- Objetivo General.

El tipo de obras civiles como la que se está construyendo para el Departamento de Acuicultura del C.I.C.E.S.E. tiene la necesidad de disponer de información para tomar decisiones adecuadas en una escala de tiempo real. Es por ello que en este trabajo se plantean los siguientes objetivos para que, desde un punto de vista oceanológico, sea la referencia para la construcción del sistema externo de agua de mar que se requiere en el kilómetro 107 de la carretera Tijuana-Ensenada:

III.2.- Objetivos particulares.

1. Poner a prueba un diseño de bocatoma.
2. Eficientizar la tubería que va de la bocatoma a la bomba, para que sea a prueba de fenómenos naturales.
3. Proponer el diseño hidráulico óptimo para el Sistema Externo de aprovisionamiento de Agua de Mar del nuevo edificio de Acuicultura del C.I.C.E.S.E..
4. Dar las especificaciones para la realización del diseño propuesto.
5. Evaluar a la playa de bolsillo "Playitas" como receptor del drenaje de agua de mar.

IV. MATERIALES Y METODO

A partir de una visita de prospección a la franja de estudio (Tabla III) se localizó una canal natural en la playa que está frente a las instalaciones acuícolas del I.I.O. (Fig. 4) a una distancia de 30m de la base del cantil. En base a la experiencia de los colegas chilenos y bajo la hipótesis de que a los 10m de profundidad las características del agua resienten menos la influencia de factores externos (Argote et al., op.cit.), se proyectaron varias actividades en torno a dicha zanja, entre las que destacaban: a partir de la base del cantil tender a lo largo del canal una tubería de PVC de 1 pulgada de diámetro, continuar la trayectoria hasta la isobata de los 10m, instalar ahí el prototipo de bocatoma usado en "Las Pulgas" y desde la línea de costa usar una motobomba portátil para extraer el fluido. Hubo que realizar varias modificaciones al método original (contenido en el anteproyecto #760) a causa del dinamismo que se observó en la zona, errores en los cálculos preliminares y una subestimación en la cotización del experimento.

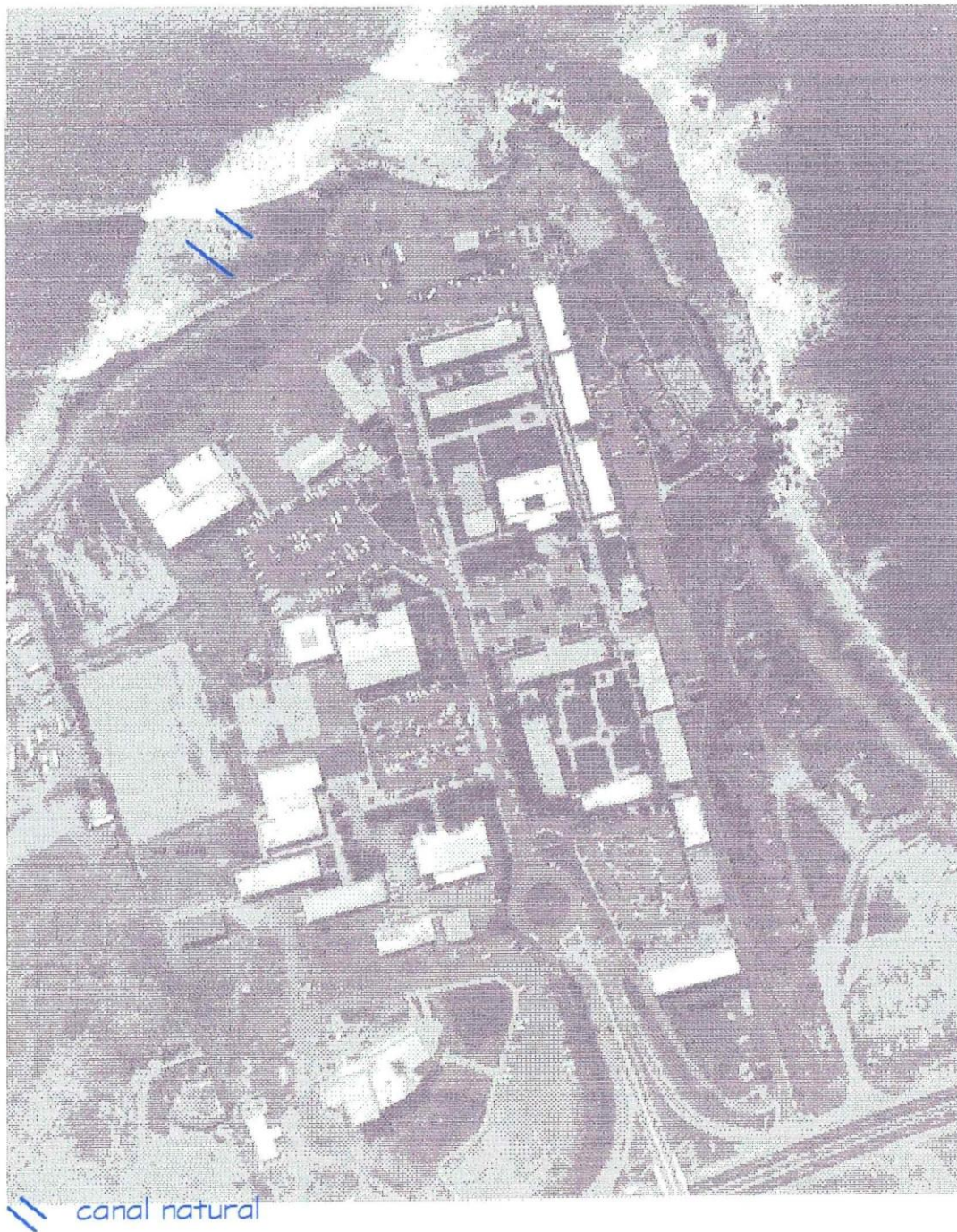


Fig. 4.- Fotografía aérea del cuadrante de estudio (tomada en agosto de 1992) con la ubicación del canal natural.

TABLA III.- Calendario de actividades.

Fecha	Actividad	Contexto
25/mayo 93	* visita de prospección a la franja de estudio	finales primavera transición energía
06/julio 93	* fotografía franja de estudio	verano baja energía
16/octubre 93	* fotografía franja de estudio a las 16:34hs * configuración costera, transecto PuntaMorro-límites U.A.B.C * revisión de cálculos para el experimento de bombeo * Cancelación actividades relacionadas con la zanja * Revaluación para determinar otra zona para experimento de un prototipo propio	marea baja: -1ft otoño transición energía Se confirma la noticia de la construcción de una marina en Playitas
07/noviembre/ 93	* buceo científico, Misión Alfa * análisis teórico puesta a prueba de la bocatoma * cotización experimento del prototipo * Cancelación experimento puesta a prueba del prototipo de toma	Cantil de Playitas alterado. Balsa a mitad de la playa para estudios de mecánica de suelos
29/enero 94	* fotografía zona de estudio * fotografía trayectoria Ceprodet, panorámica del C.I.C.E.S.E. * análisis fotografías aéreas * Cálculos hidráulicos previos para esbozo trayectoria de tubería. Análisis a batimetría	invierno alta energía Construcción camino de acceso hacia la base de lo que será el rompeolas. Inicio del entubamiento de la descarga del dren pluvial de Playitas
04/marzo 94	* visita al sistema de agua de mar de U.C.S.D. en La Joya, CA, E.U.A. * nivelación con perfil, trayectoria tubería por Ceprodet * Cálculos hidráulicos de las 2 propuestas	finales invierno Suspensión de la construcción del rompeolas
05/marzo 94	* visita a los sistemas de agua de mar de la Cooperativa Bahía Falsa en San Quintín y el de SEPESCA en el ejido Eréndira * Integración de la revisión bibliográfica con el resultado de las investigaciones de campo	finales invierno
18/marzo 94	* fotografía zona de estudio * fotografía sistema de agua de mar U.A.B.C. * fotografía trayectoria Faro * fotografía al edificio de Acuicultura en construcción	primavera transición energía
	* revisión de cálculos * determinar especificaciones * permisos gubernamentales	reinicio construcción rompeolas
junio/94	* Buceo Científico, Misión Beta	Marea roja en fase declinal

TABLA III.- (continuación)...

	<ul style="list-style-type: none">* Evaluación sinodales* Entrevista con directores de las escuelas y facultad del plantel Ensenada de la U.A.B.C.* Toma de decisiones	
--	--	--

IV. 1.- Evaluación de la bocanoma.

Los elementos de la toma deben ser: eficientes, fáciles de instalar, accesibles la mayor parte del año para darle mantenimiento, versátiles para resistir fenómenos naturales. Se realizó una revisión bibliográfica sobre los diseños que estén funcionando para uso acuicultural, para definir la que se adecuara mejor a esta localidad.

IV.2.- Eficientizar tubería de la toma.

Parte de la metodología para encontrar el diseño óptimo fue la elección del lugar para establecer la línea de alimentación. De tal manera que además de que favorezca el resistir fenómenos naturales, permita que la instalación sea fácil, el mantenimiento accesible la mayor parte del año.

Para monitorear las características generales de la zona a lo largo de un ciclo anual, se tomaron fotografías durante la marea más baja de cada estación del año. Con la información de la sesión de verano se verificó la orientación, la longitud, y el ancho de la zanja, así como la posición con respecto a los drenajes de la U.A.B.C.

En otoño se determinó la configuración costera, auxiliados por el departamento de Geología de la **F.C.M.**, por medio del método de radiaciones, usando teodolitos marca *Keuffel & Essel Co.* modelo Paragon, con precisión 0.5 segundos, comprendido el transecto desde el límite de los terrenos de la U.A.B.C. con el campo turístico "King's Coronita" hasta la toma de respaldo en Punta Morro (Fig. 4). En el plano se fueron marcando los puntos más sobresalientes del terreno.

Se procedió a revisar la información obtenida de las sesiones fotográficas, la configuración costera y la consulta bibliográfica de trabajos hechos en el cuadrante de estudio. De esa ponderación se establecieron tres zonas potenciales para establecer la toma: en el rompeolas de la marina, frente al campo de baseball de la U.A.B.C. y frente al faro de Punta Morro (Fig. 5).

En referencia a las tres trayectorias para la tubería de alimentación, se realizaron los cálculos hidráulicos correspondientes, y todo se conjuntó al momento de ponderar la opción que fuera técnica y económicamente viable.

Con el asesoramiento y participación del Departamento de Buceo de la **F.C.M.** se realizaron dos buceos científicos, cuyos planes están contenidos en la Tabla IV.

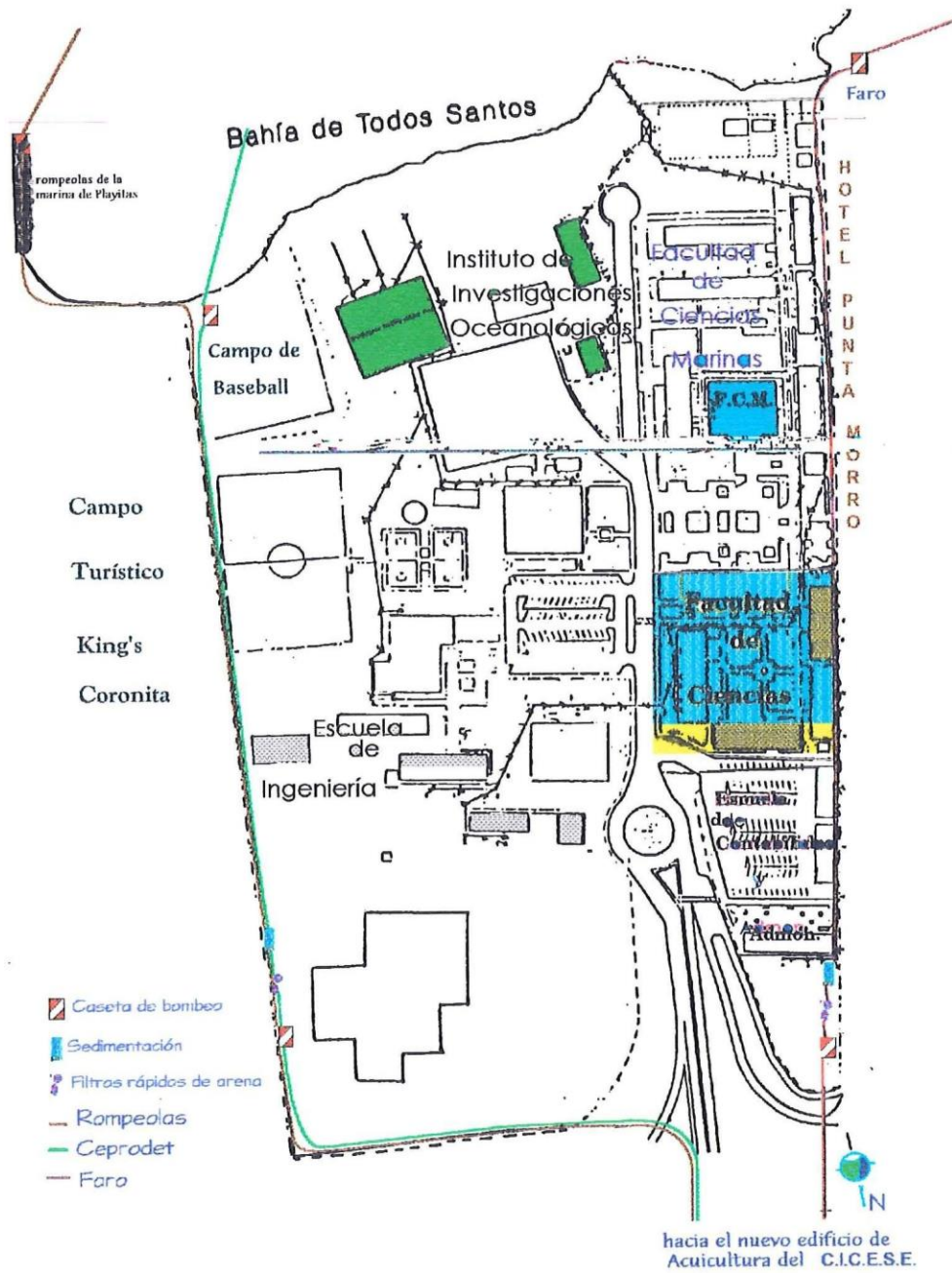


Fig. 5.- Trayectorias potenciales para el proyecto Forza 5.

TABLA V.- Plan de buceo de la misión Beta.

Bravo-Correa & Becerril-Bobadilla	MISION B E T A
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Describir de manera general el transecto que va del Faro en Punta Morro hasta los 150m de distancia perpendicular al tren de oleaje. Medir la profundidad y fotografiar 2. Medir la profundidad que hay a los 150m perpendiculares a la línea de costa, fotografiar. De ahí buscar la isobata de los 10m describiendo el transecto y fotografiar el punto 3. Fotografiar la tubería y la bocatoma que está en Playitas.
Personal	<ul style="list-style-type: none"> • 2 parejas en autónomo • 1 persona en libre, como apoyo • 4 personas en 2 equipos para las mediciones en tierra
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • 4 tanques de acero inoxidable, de 2 300lb/pulg² • 4 chalecos compensadores • 4 reguladores con manómetro • 2 profundímetros de mano • 1 brújula • 1 cámara fotográfica NIKONOS-V • 1 strobo • 1 rollo de diapositivas especial para fotografía submarina • Equipo básico de buceo (personal) • Trajes de neopreno de ¼pulg (personal) • 1 boya • 2 teodolitos Keuffel & Esser Co., modelo Paragon, precisión 0.5 segundos • 1 cinta métrica
Plan de Buceo	

IV.3.- Diseño hidráulico.

Con los datos de la batimetría, configuración costera y la información bibliográfica se realizaron los primeros cálculos de las capacidades de bombeo según una conjunción de los métodos descritos por Wheaton (op.cit.), Goulds Pump (op.cit.), Mataix (op.cit.), Huguenin y Colt (op.cit.) que a continuación se describe:

Ecuación de continuidad aplicada en tuberías,

$$Q = V \times A$$

donde,

V: velocidad de flujo

Q: gasto

A: area de la tubería= πr^2

Cálculo de la potencia de bombeo.

Del Goulds Pump Manual (op.cit.), cálculo de la -potencia de bombeo:

$$\text{bhp} = \frac{\text{gpm} * \text{TDH} * \text{Sp.Gr.}}{3960 * \text{Ef.}}$$

donde,

bhp=brake horse power=potencia en caballos de fuerza

gpm=galones por minuto

TDH=Total Dynamic Head=Carga total dinámica

Sp.Gr.=Gravedad específica del fluido

Ef.=eficiencia de la bomba

Mezcla del Goulds (op.cit.), Huguenin y Colt (op.cit.):

$$\text{bhp} = \frac{Q * \text{TDH} * S}{550 * \text{Ef.}}$$

donde,

Q=gasto= pies/s

TDH= carga total dinámica= pies

S= peso específico del fluido= lbf/ft³

Cuando la fuente de agua está debajo de la bomba, y abierta a la atmósfera:

$$TDH=hd+hs$$

donde,

TDH: Carga Total Dinámica (ft, m)

hd: carga en la descarga

hs: carga en la succión

Cuando la fuente está arriba, abierta a la atmósfera:

$$TDH=hd-hs$$

hd= carga estática en la descarga + pérdida total por fricción en la tubería de descarga

hs= elevación de succión estática + carga total por fricción en la tubería de succión

pérdida total por fricción = [pérdidas primarias+pérdidas secundarias]

Cálculo de Pérdidas primarias.

$$\text{pé rdidas por fricción} = ff \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

donde,

ff :factor de fricción

L:longitud de la tubería

V:velocidad de flujo

D:diámetro de la tubería

g:gravedad

El factor de fricción se determina relacionando en el diagrama de Moody (Fig. 8) el Número de Reynolds con la rugosidad absoluta.

Número de Reynolds = $\frac{DV}{\nu}$ en el eje de las X

donde,

ν : viscosidad cinemática del fluido

Rugosidad relativa = $\frac{\epsilon}{D}$ en el eje derecho de las Y

donde,

ϵ : rugosidad absoluta del material de la tubería

Pérdidas secundarias.

$$\text{Pérdidas secundarias} = \sum k \frac{V^2}{2g}$$

donde, k: coeficiente de fricción

g: gravedad

Cálculo de la presión dentro de la tubería.

$$P = \frac{H * Sp. Gr.}{2.31}$$

donde,

P = presión = lb/pulg²

H = carga = pies

Sp.Gr. = gravedad específica = $-\frac{\gamma}{\gamma_w}$

γ = peso específico del fluido

γ_w = peso específico del agua dulce a esa temperatura

IV.4.- Especificaciones en el diseño hidráulico.

Se realizó una revisión bibliográfica sobre las estrategias en la construcción de tomas de agua de mar, motobombas, procesos de pretratamiento, suministro de agua a las instalaciones, buscando la que se adecuará más a las condiciones de la zona de estudio. Se juntó la mayor cantidad de material gráfico: fotografías aéreas, planos, dibujos, etc.

IV.5.- Evaluación de Playitas como receptor de drenaje de agua de mar. Alternativas.

El entubamiento del escurrimiento pluvial que desembocaba en "Playitas" quitó todas las posibilidades de que ese cuerpo de agua fuese receptor del drenaje de agua de mar. Se realizó entonces una revisión bibliográfica sobre las características en el diámetro, ubicación, tratamientos, de los drenes provenientes de uso acuicultural. Con ayuda de esta información, el patrón de corrientes del cuadrante y la propuesta de trayectoria más factible se determinó la ruta y la ubicación de la descarga.

V. RESULTADOS

V.1.- Puesta a prueba de la bocanoma.

La sesión fotográfica del inicio de otoño y las observaciones en el campo revelaron un movimiento de fragmentos de roca entre la base del cantil y el inicio del canal. Por ser época de transición de energía no se esperaba encontrar tales manifestaciones de acción sobre el sustrato. Este hecho aunado a los resultados en la revisión del cálculo del sistema hidráulico del experimento definieron la suspensión total de toda actividad relacionada con el canal natural.

V.1.1.- Investigación bibliográfica.

TABLA V.- Calidad preliminar de agua en niveles de producción para aplicaciones marinas (tomado de Huguenin y Colt, 1989).

PARAMETRO	VALOR
Amonia (excepto para plantas)	<ul style="list-style-type: none">• Investigación < 1.0µg/l NH₃-N• Producción < 10.0µg/l NH₃-N• Holding, poca o nula alimentación < 40.0µg/l NH₃-N
Nitrito	< 0.10mg/l NO ₂ -N
Oxígeno disuelto (excepto para plantas)	> 6.0mg/l
Presión total de gas	< 20.0mmHg
Dióxido de carbono (excepto para plantas)	< 10.0mg/l CO ₂
Sulfuro de Hidrógeno	< 1.0µg/l como H ₂ S
Cloruro Residual	< 1.0µg/l
pH	< 7.9-8.2
Temperatura	Depende del estadio de vida y las especies, -1 a 40°C
Salinidad	Depende del estadio de vida y de las especies, 1 a 40g/kg

TABLA V.- (continuación)...

Metales	
Cadmio	< 3.0µg/l
Cromo	< 25.0µg/l
Cobre	< 3.0µg/l
Hierro	< 100.0µg/l
Mercurio	< 0.1µg/l
Manganeso	< 25.0µg/l
Niquel	< 5.0µg/l
Lead	<4.0µg/l
Zinc	<25.0µg/l

TABLA VI.- Características generales de Bahía de Todos Santos.

Parámetro	Valores Período de medición. Comentarios	Autor	Año
Topografía	En general tiene profundidades promedio de 30m.	Carrillo-Bibriezca.	1993
	La bahía tiene dos entradas bien diferenciadas en su topografía submarina con una división constituida por dos islas pequeñas al W. La entrada al NW es de 12km de ancho, tiene una profundidad menor de 50m y a mitad de la sección algunos bajos de hasta 6m. La entrada SW, de 6km de ancho, tiene pendientes pronunciadas. Las isobatas mayores a 50m son irregulares y solo a partir de las isobatas de 15m tienden a ser paralelas a la línea de costa, especialmente en el margen E, constituido por playas arenosas,	Rivera-Fernández.	1981
Hidrología	Las aguas de la bahía son parte del sistema de la CORRIENTE DE CALIFORNIA (frías y poco salinas). Presentan además eventos de SURGENCIA, de aguas frías y ricas en nutrientes, anuales durante primavera y verano (Mancilla y Martínez, 1991).	Carrillo-Bibriezca.	1993
	El área norte de B.T.S. presenta una mayor influencia de las aguas de la zona exterior, en comparación con la zona Sur.	Argote et al..	1975
Metereología	Tipo mediterráneo, donde los veranos son tibios, al compararlo con localidades de la misma latitud. Las características del clima dominante son controladas por el centro de alta presión semipermanente en el Pacífico Norte subtropical, que durante el VERANO se hace más intenso y	Carrillo-Bibriezca.	1993

	<p>migra hacia el norte, restringiendo las escasas tormentas que se desarrollan en la región. En INVIERNO se debilita regresando al sur permitiendo la entrada de <u>tormentas</u> a esta zona (US Navy, 1983).</p> <p>A causa de la Corriente de California se da la presencia de la capa atmosférica marina, cuyo espesor es aproximadamente de 300m y donde presenta una inversión del orden de 10° afectando el movimiento vertical del aire, las nubes y los vientos en la baja atmósfera (Dorman, 1991).</p> <p>La temperatura ambiental media anual es de 16.6°C.</p> <p style="text-align: center;">máx. = 36.0°C mín. = 3.0°C</p> <p>La humedad relativa es de 73%. La evaporación anual : 1,344.49mm La precipitación anual : 300.0mm (Estación climatológica No. 16 de la SARH, 1989)</p>	Salazar-González.	1990
Viento	<p>Dominantes del NW con velocidades promedio de 4m/s teniéndose mayor variación en otoño e invierno.</p> <p>SANTA ANA, son vientos secos ocasionales del NE, con velocidades típicas de 7 a 11m/s y con humedad relativa del 30% o menos, acompañados de temperaturas que por lo general son 9°C mayor que el promedio mensual (de Vidini, 1974)</p>	Alvárez-Sánchez.	1977
		Carrillo-Bibriezca	1993
Brisa	<p>Es un sistema de brisa típico.</p> <p>La brisa marina es en promedio 2 veces más intensa que la terrestre y más persistente. Existe una dependencia entre la dirección de la brisa marina y la dirección de la línea de costa.</p>	Carrillo-Bibriezca.	1993
		Reyes y Parés.	1983
Corrientes	<p>La dirección predominante de las corrientes en B.T.S. se presenta como 2 giros: uno a partir de Punta San Miguel hacia el rompeolas del puerto de Ensenada, y el otro de Punta Banda hacia la boca del Estero.</p> <p>El sentido de la circulación en B.T.S. está fuertemente afectado por la dirección de los</p>	Alvárez-Sánchez,	1971
		Argote et al.,	1975
		Aranda-Manteca,	1983
		Hernández-Walls,	1986
		Ahumada-Sempoal.	1993
	Argote et al.	1975	

	vientos locales. La corriente en la región noroeste de la B.T.S. tiene una magnitud promedio de 55.4cm/s en verano (oleaje del SW) y de 98.3cm/s en invierno (oleaje del W y del NW).	Ahumada-Sempoal.	1993
Temperatura	Máx: 20°C agosto Mín. 14°C marzo anual la temperatura se incrementa del centro de B.T.S. hacia la línea de costa mayo	Alvarez-Sánchez. Millán-Núñez y Rivas-Lozano.	1971 1988
Capa de mezcla	0.5 a 3.0m de profundidad anual	Alvarez-Sánchez.	1971
Termoclina	mayor profundidad en VERANO anual	Cabrera-Muro.	1971
Salinidad	10m= 33.52-33.58g/kg 30m= 33.50-33.44g/kg Las mediciones se realizaron desde el exterior de la bahía hasta la isobata de los 30m. octubre	Argote et al.	1975
[Clorofila]	decrece del centro de B.T.S. hacia la línea de costa mayo	Millán-Núñez y Rivas-Lozano.	1988
[Nitratos + Nitritos]	fueron mayores en la parte norte, en el sur fueron no detectables 0m = de 0.0 a 8.95µMol 10m= de 0.0 a 8.95µMol 30m= de 6.21 a 8.96µMol mayo	Millán-Núñez y Rivas-Lozano.	1988
[Fosfatos]	0m = de 0.0 a 1.87µMol 10m= de 0.0 a 0.74µMol 30m= de 0.16 a 1.80µMol mayo	Millán-Núñez y Rivas-Lozano.	1988
[Sulfatos]	0m= de 0.10 a 0.50µMol 10m= de 0.08 a 0.76µMol 30m= de 0.56 a 1.22µMol mayo	Millán-Núñez y Rivas-Lozano.	1988
Contaminación bacteriológica	Ocurre solo en las partes N y central de la bahía. Las principales fuentes son las descargas domésticas de los campos turísticos, las aguas negras de la población de Ensenada via el arroyo El Gallo (periódicamente) y los desechos industriales de las plantas procesadoras de pescado combinadas con desechos domésticos en	Sañudo-Wilhelmy et al.	1984

	<p>las zonas de El Sauzal y el recinto portuario de Ensenada.</p> <p>La calidad del agua de las playas en la bahía estuvo dentro de los límites establecidos por la legislación mexicana y por el Consejo de la Comunidad Económica Europea.</p> <p>En general las áreas donde ocurren las mayores densidades están bien localizadas.</p> <p>La máxima densidad de coliformes totales se da durante la época turística, la que coincide con la de mayor producción de las plantas procesadoras (mayo-agosto).</p> <p>Las mayores concentraciones de coliformes y estreptococos fueron detectados en verano y en invierno</p>	Orozco-Borbón y Sañudo-Wilhelmy.	1988
Contaminación por materia orgánica	<p>El principal aporte proviene de la Pesquera Zapata seguida por la Pesquera del Pacífico.</p>	Segovia-Zavala, Rivera-Duarte.	1982 1984
	<p>Las condiciones más severas de contaminación son en julio y agosto.</p>	Segovia-Zavala.	1982
	<p>La distribución de los desechos está marcadamente influida por las condiciones físicas dominantes (marea, corrientes costeras, vientos) y la topografía de la zona.</p>	Arce-Duarte.	1984
	<p>El efecto contaminante se puede detectar hasta a un kilómetro fuera de la costa, siendo mayor a lo largo de ella. El cuerpo receptor marino tiene la suficiente capacidad asimilativa en su columna de agua para RECUPERAR las condiciones naturales en un ciclo anual, siendo en INVIERNO (febrero y marzo) durante este período de estudio.</p>	Rivera-Duarte.	1984
	<p>Las estaciones de Baja California no reciben influencia de las descargas de California, la corriente de California no acarrea tales contaminantes a las costas de la península.</p>	Reynoso-Nuño y Jorajuria.	1988
Tsunamis	<p>En 1957, 1960, 1964, 1968, 1975</p>	Rivera-Fernández.	1981
	<p>En 1982-83 hubo un suceso metereológico y oceanográfico de magnitud considerable</p>	Miranda-Vara.	1985

Altura de ola de diseño	De 5.50 a 5.80m en un período de recurrencia de 100 años	Miranda-Vara	1985
--------------------------------	--	--------------	------

V.2.- Eficientizar tubería de la toma.

TABLA VII.- Características oceanológicas en el cuadrante de estudio.

Parámetro	Valores <i>Período de medición. Comentarios</i>	Autor	Año
Geología	De Punta San Miguel a Punta Morro afloran rocas sedimentarias postbatolíticas de la Formación Rosario. Desde Punta Morro hasta el cerro El Vigía están expuestas rocas ígneas prebatolíticas de la Formación Alisitos. En esa zona el valor máximo de la anomalía gravimétrica es en la estación de Villa las Rosas suavizándose hacia la estación en Punta Morro. Las altas anomalías concuerdan con el afloramiento del basamento ígneo de la región. En cambio, en el sector Noroeste las anomalías son resultado del basamento más profundo, generando una cuenca que permitió la formación de la cuenca sedimentaria de El Sauzal, la cual está formada principalmente por sedimentos marinos de la formación Rosario.	Agüero-Madero.	1986
	La media del tamaño de grano atrás de la rompiente (11m de profundidad) frente a la F.C.M. es de 2.60197φ.	Méndez-Arriaga.	1982
	Está catalogada como costa semiprotegida rocosa (García y Chee, 1976).	León-Diez.	1986
	De Punta El Morro al rompeolas la costa está formada por roca ígnea extrusiva, principalmente basalto, andesita y tobas, solo interrumpida por una pequeña playa de bolsillo llamada "Playitas". En la zona Sur de Playitas la playa presenta una pendiente pronunciada y compuesta principalmente de cantos rodados, mientras que en la zona Norte se observa la playa con una pendiente suave y una franja ancha de arenas claras de forma lunada.	Aranda-Manteca.	1983

TABLA VII.- (continuación),...

Temperatura del agua	sup. = [17°, 22°C] 10m = [16.5°, 19°C] 30m = [13.5°, 18°C]	Millán-Núñez y Rivas-Lozano.	1988
Salinidad	10m = 33.54g/kg octubre	Argote et al.	1975
Oxígeno disuelto	Muestreo en un cuadrante situado en la descarga del dren principal de la U.A.B.C.: mín = 0.703mg/l máx = 3.211mg/l octubre	López-Ramírez.	1993
	Estación frente Villa las Rosas, 8.47mg/l	Segovia-Zavala.	1982
Demanda Biológica de Oxígeno	Muestreo en un cuadrante situado en la descarga del dren principal de la U.A.B.C.: mín = 0.0mg/l máx = 1.090mg/l octubre	López-Ramírez.	1993
	Estación frente Villa las Rosas, 5.25mg/l	Segovia-Zavala.	1982
Sólidos Totales Volátiles	3.896mg/l frente Villa las Rosas	Segovia-Zavala.	1982
Contaminación materia orgánica	Las aguas negras de U.A.B.C. contienen materia orgánica y agentes químicos que son descargados sin recibir tratamiento previo. Los valores encontrados rebasan los límites tolerables permisibles por legislación mexicana. Las descargas máximas son durante el período escolar.	López-Ramírez.	1993
Contaminación bacteriológica	En Punta Morro hay una calidad bacteriológica buena, en base a los rangos permisibles por legislación mexicana y el Consejo de la Comunidad Económica Europea. Moluscos provenientes de Granada Cove excedieron el límite del F.D.A.	Sañudo-Wilhelmy et al. Orozco-Borbón y Sañudo-Wilhelmy.	1984 1988
[Nitratos + Nitritos]	sup. = 8.86µMol 10m = ----- 15m = 8.87µMol mayo	Millán-Núñez y Rivas-Lozano.	1988

El anclaje es el punto más importante en el diseño porque la tubería debe pasar por entre la zona de rompientes en donde las corrientes de fondo, el oleaje, el transporte litoral, se concentran. Para este trabajo se recomienda barrenar el basalto de la playa para introducir pivotes en los que se fijarán tirantes que rodearán a la tubería de polietileno de alta densidad. Ingram (com.pers.) aconseja que la profundidad mínima del barrenado sea de 1.50m.

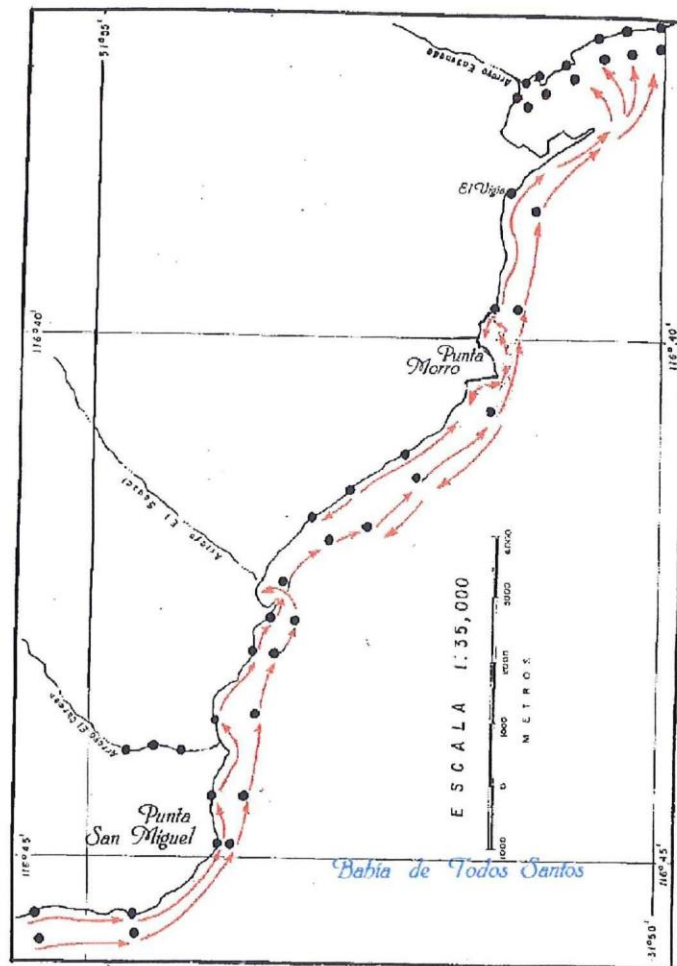


Fig. 6.- Distribución de la corriente litoral en la parte Norte de la Bahía de Todos Santos. Los puntos negros indican las estaciones de muestreo (tomado de Aranda-Manteca, 1983).

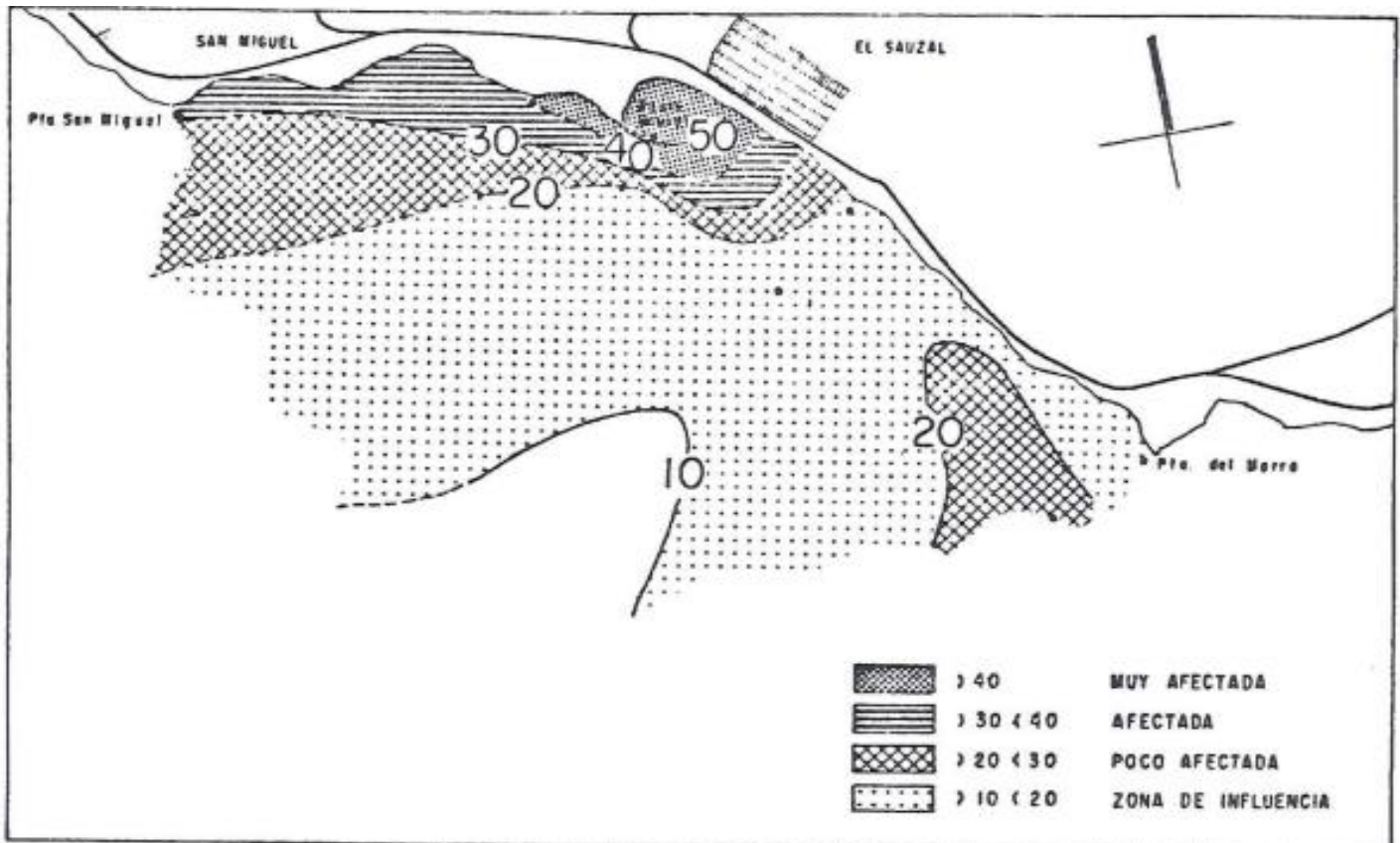


Fig. 7.- Distribución por zonas de influencia de contaminación por materia orgánica, en base a la suma total de veces con parámetros afectados, con datos de superficie y de fondo de cada estación (tomado de Rivera-Duarte, 1984).

V.3.- Diseño hidráulico.

V.3.1.- Determinación del gasto.

Para la determinación del gasto requerido se procedió a sumar el área del laboratorio húmedo más el área de las plataformas, resultando 1,120.0m². De esa cantidad se eligió el 50% para asumir que ese espacio sería ocupado por un estanque cuyo nivel de agua sea 0.5m de alto. Esta situación describiría el aprovechamiento de la capacidad máxima de la infraestructura; el área restante se designó para los pasillos, tuberías y drenaje. Entonces el estanque virtual tendría un volumen de 280.0m³ y debe ser renovado al 100% cada hora.

Con el objeto de situarse dentro del rango de las tasas de flujo usadas en S.A.M. abiertos de interés científico (Huguenin y Colt, op.cit.) se redondeó el gasto a 250.0m³/h.

V.3.2.- Diseño de etapas.

Para suplir de agua de mar al nuevo edificio de Acuicultura del C.I.C.E.S.E. se propone dividir al sistema hidráulico en 5 módulos. Al proyecto se le ha denominado **FORZA 5 ® S.E.A.M.** y consiste en lo siguiente:

- Fase I.-* Toma de agua de mar y la primera caseta de bombeo.
- Fase II.-* Trayectoria de la tubería de alimentación, drenaje de agua de mar, distribución hacia la U.A.B.C.
- Fase III.-* Estanque de sedimentación, filtros rápidos de arena, estanque reservorio para el rebombeo.
- Fase IV.-* Caseta de rebombeo, trayectoria de la tubería de alimentación, drenaje de agua de mar.

Fase V.- Estanques de alimentación, distribución hacia la
infraestructura, drenaje de agua de mar.

V.3.3.- Memorias de cálculo

MEMORIA DE CALCULO

Forza 5

Trayectoria Rompeolas

Etapa I y II

Datos

Q= 1100 gal/min= 2.4508 ft³/s

Temperatura= entre 14° y 20°C

Sp.Gr.= 1.2

D de la toma y la descarga= 6 inch.= 0.5 ft= 15.24 cm

longitud de la tubería de la descarga= 1699.558 ft

Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{2.4508 \text{ ft}^3 / \text{s}}{\pi(0.25 \text{ ft})^2} = 12.4818 \text{ ft} / \text{s}$$

V= 12.4818 ft/s

Elevación SNMMB= 29.529 ft

Longitud de la tubería de la toma= 656.2 ft

Eficiencia de la bomba= 0.75

Cálculo potencia de bombeo

$$\text{TDH} = \text{hd} + \text{hs}$$

hd=carga estática en la descarga+pérdida total de carga por fricción

pérdidas secundarias

codo 45°, radio largo k= 0.15

aplicando fórmula,

$$\text{Pérdidas secundarias} = \sum k \frac{V^2}{2g}$$

Teniendo solo 6 codos como accesorios:

$$6 \left[0.15 \left(\frac{(12.4818 \text{ ft/s})^2}{2(32.17 \text{ ft/s})} \right) \right] = 2.179 \text{ ft}$$

pérdidas primarias

$$\text{pérdidas por fricción} = ff \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$v \text{ agua de mar a } 20^\circ\text{C} = 1.1 \times 10^{-6} \text{ m/s} = 3.61 \times 10^{-6} \text{ ft/s}$$

Determinación del factor de fricción:

$$\text{Número de Reynolds} = \frac{(12.4818 \text{ ft/s})0.5 \text{ ft}}{3.61 \times 10^{-6} \text{ ft/s}} = 1728781.16 \text{ ft} = 5.27 \times 10^5 \text{ m, por tanto el flujo es}$$

turbulento.

$$\varepsilon \text{ del PVC} = 5 \times 10^{-6} \text{ cm}$$

$$\text{rugosidad relativa} = \frac{5 \times 10^{-6} \text{ cm}}{15.24 \text{ cm}} = 3.28 \times 10^{-7}$$

Del Diagrama de Moody, tomado de Mataix (1986), $ff = 0.013$

Entonces, sustituyendo:

$$\text{pérdidas primarias} = 0.013 \left(\frac{1699.558 \text{ ft}}{0.5 \text{ ft}} \right) \left[\frac{(12.4818 \text{ ft/s})^2}{2(32.17 \text{ ft/s})} \right] = 0.013(3399.116)(2.4214 \text{ ft/s}) = 106.999 \text{ ft/s}$$

Así,

$$hd = 98.43 \text{ ft} + 2.179 \text{ ft} + 106.999 \text{ ft} = 27.608 \text{ ft}$$

h_s = elevación de succión estática + carga total por fricción en la tubería de succión

pérdidas secundarias

accesorio 1 codo de 45° radio largo

$$0.15 \left[\frac{(12.4818 \text{ ft/s})^2}{2(32.17 \text{ ft/s})} \right] = 0.363$$

pérdidas mayores

$$p \acute{e} r d i d a s p i m a r i a s = 0.013 \left(\frac{656.2ft}{0.5ft} \right) \left[\frac{(12.4818ft / s)^2}{2(32.17ft^2 / s)} \right] = 41.312ft / s$$

Entonces,

$$h_s = 29.529 + [0.363 + 41.312] = 71.2046ft$$

Por lo tanto,

$$TDH = 207.608 + 71.2046 = 278.8126$$

Aplicando,

$$bhp = \frac{gpm * TDH * Sp.Gr.}{3960 * Ef.}$$

$$bhp = \frac{1100gal / min(278.8126ft)1.2}{3960 * 0.75} = 123.91HP$$

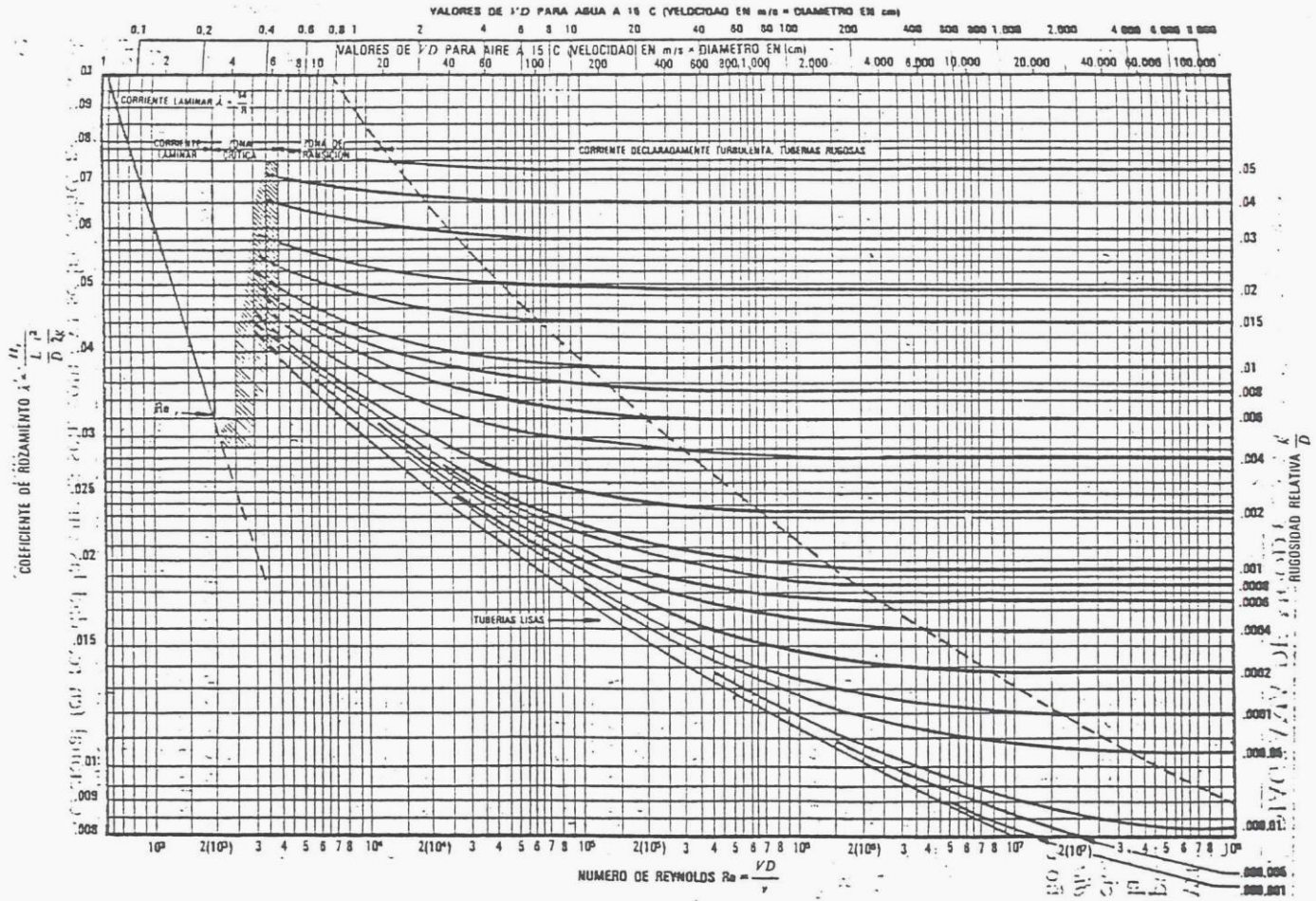


Fig. 8.- Diagrama de Moody (tomado de Mataix, 1982).

MEMORIA DE CALCULO

FORZA 5

Trayectoria Ceprodet

Etapa I y II

Datos

Q= 1100gal/min= 250m³/h= 0.0694m³/s= 4166.67l/min

Temperatura= 17°C a 22°C

Salinidad= 33.54g/kg

ρ agua de mar en océano abierto= 1021.0kg/m³

γ = 10016.01N/m³

Diámetro de tubería de succión y descarga= 6pulgadas= 0.5ft= 0.1524m

Longitud de la tubería de succión= 150m

Elevación SNMMB= 9m

Longitud de la tubería de descarga= 330m

Altura de la descarga sobre el nivel medio del mar= 28m

Cálculo de velocidad

$$v = \frac{0.0694m^3/s}{0.01824m^2} = 3.8048m/s$$

Velocidad= 3.8048m/s

Eficiencia de la bomba: 0.75

Cálculo de la potencia de bombeo

$$TDH=hd+hs$$

hd=carga estática en la descarga+carga total de fricción en la línea de descarga

pérdidas secundarias

Como la tubería de CPVC cédula 80 se vende en tramos de 10m, para proveer una línea de 330m se necesitarán 30, asumiendo 30m de accesorios y diversos.

Entonces,

30 tubos de 6 pulgadas CPVC80

30 coples de 6"

- 3 checks 6"
- 2 válvulas de puerta 6"
- 6 codos 45°, radio largo, 6"
- 1 codo 90°, regular
- 1 expansión de 3" a 6"

Como el diámetro de la tubería y la velocidad se mantienen constantes la ecuación puede expresarse de la siguiente forma:

$$\left(\sum k \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

donde,

$\sum k$ = sumatoria de los coeficientes de fricción del total de accesorios

$$\text{Coples} = 0.3(30) = 9.0$$

$$\text{Checks} = 2(3) = 6.0.$$

$$\text{Válvula de puerta} = 0.09(2) = 0.18$$

$$\text{Codos de } 45^\circ \text{, radio largo} = 0.15(6) = 0.9$$

$$\text{Codos de } 90^\circ \text{, regular} = 0.25(1) = 0.25$$

Sustituyendo:

$$h = (9.0 + 6.0 + 0.18 + 0.9 + 0.25 + 0.64) \left(\frac{(3.804 \text{ m/s})^2}{2(9.806 \text{ m/s}^2)} \right) = 16.97 \left(\frac{14.4704 \text{ m}^2/\text{s}^2}{19.612 \text{ m/s}^2} \right) = 12.52 \text{ m}$$

Pérdidas primarias.

En este caso se utilizó el valor propuesto en una tabla de Huguenin y Colt (1989) para tubería de PVC cédula 80, con rugosidad de $4.2 \times 10^{-5} \text{ ft}$, que transporta agua de mar a una temperatura de 21°C y a una velocidad de 12.3 ft/s : **por cada 100ft las pérdidas son de 6.9.**

Así

$$L = \text{longitud de la descarga} = 1082.677 \text{ ft}$$

$$\text{pérdidas primarias} = \frac{L}{100} \times 6.9 = \frac{1082.677}{100} \times 6.9 = 74.704 \text{ ft}$$

Sustituyendo,

$$h_d = 91.8635 \text{ ft} + 74.704 \text{ ft} + 41.0794 \text{ ft} = 207.6469 \text{ ft}$$

h_s = elevación de succión estática + carga total por fricción en la tubería de
 succión

Pérdidas secundarias.

Asumiendo que el Polietileno de Alta Densidad posee el mismo coeficiente de fricción (k) y que se vende en el mercado igual que el PVC80, serían:

- 15 tramos de 10 m cada uno
- 15 coples
- 1 pantalla contra sólidos mayores (bocatoma)
- 1 check
- 1 codo 90°, radio largo
- 1 codo 45°, radio largo
- 1 reductor
- 1 válvula de puerta

Como el diámetro de la tubería y la velocidad se mantienen constantes la ecuación puede expresarse de la siguiente forma:

$$\left(\sum k \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

coples= 0.3(15)= 4.5

bocatoma= 5.0(1)= 5.0

check= 2.0(1)= 2.0

codo 45°, radio largo= 0.15(1)= 0.15

codo 90°, radio largo= 0.175(1)= 0.175

reductor= 0.64(1)= 0.64

válvula puerta= 0.09(1)= 0.09

$$h = (4.5 + 5.0 + 2.0 + 0.15 + 0.175 + 0.64 + 0.09) \left(\frac{(3.804 \text{ m/s})^2}{2(9.806 \text{ m/s})} \right) = 12.555(0.7378) = 9.2635 \text{ m} = 30.392 \text{ ft}$$

Pérdidas primarias.

En base al método Huguenin,

$$h = 33.9567 \text{ ft}$$

Sustituyendo,

$$h_s = 30.3921 \text{ ft} + 14.765 \text{ ft} + 33.9567 \text{ ft} = 79.1138 \text{ ft}$$

Por tanto,

$$TDH = 207.6469 \text{ ft} + 79.1138 \text{ ft} = 286.7607 \text{ ft}$$

$$bhp = \frac{Q * TDH * S}{550 * Ef.}$$

Sustituyendo,

$$bhp = \frac{2.4508ft^3 / s * 286.7607ft * 63.966}{550 * 0.7} = 116.766hp$$

Cálculo de la gravedad específica del agua de mar, con salinidad 35g/kg y a una temperatura de 20°C,

$$Sp.Gr. = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{63.966}{62.430} = 1.0246$$

Cálculo de la presión interna en la tubería:

$$P = \frac{H * Sp.Gr.}{2.31}$$

$$P = \frac{207.6469ft * 1.0246}{2.31} = 92.1017psi \text{ en la de alimentación o descarga.}$$

$$P = \frac{79.1138ft \times 1.0246}{2.31} = 35.0909psi \text{ en la toma (succión).}$$

MEMORIA DE CALCULO

FORZA 5

Trayectoria Ceprodet

Etapa IV

Datos

Q= 1100gal/min= 250m³/h= 0.0694m³/s= 4166.67l/min

Temperatura= 17°C a 22°C

Salinidad= 33.54g/kg

ρ agua de mar en océano abierto= 1021.0kg/m³

γ= 10016.01N/m³

Diámetro de tubería de succión y descarga= 6pulg= 0.5ft= 0.1524m

Carga estática de succión=longitud tubería de succión= 17m= 55.7743 ft

Carga estática de descarga= 40.05m= 131.3976ft

Longitud de la tubería de descarga= 533.0m= 1748.6876ft

Altura de la descarga sobre el nivel medio del mar= 65.0m

Velocidad= 3.8048m/s= 12.48ft/s

Eficiencia de la bomba: 0.75

Cálculo de la potencia de bombeo

Como la fuente está por arriba del eje del impulsor:

$$TDH=hd - hs$$

hd=carga estática en la descarga+carga total de fricción en la línea de descarga

Pérdidas secundarias

53 tramos de 10 m cada uno

53 coples

3 checks

7 codos 45°, radio largo

2 válvula de puerta

1 T

Como el diámetro de la tubería y la velocidad se mantienen constantes la ecuación puede expresarse de la siguiente forma:

$$\left(\sum k\right)\left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

$$\text{coples} = 0.3(53) = 15.9$$

$$\text{check} = 2.0(3) = 6.0$$

$$\text{codo } 45^\circ, \text{ radio largo} = 0.15(7) = 1.05$$

$$\text{válvula puerta} = 0.09(2) = 0.18$$

$$T = 0.04(1) = 0.04$$

$$h = (15.9 + 1.05 + 6.0 + 0.18 + 0.04) \left(\frac{(3.804 \text{ m/s})^2}{2(9.806 \text{ m/s}^2)} \right) = 23.17(0.7378) = 17.0948 \text{ m} = 56.0854 \text{ ft}$$

Pérdidas primarias.

$L = \text{longitud de la descarga} = 1748.6876 \text{ ft}$

$$\text{pérdidas primarias} = \frac{L}{100} \times 6.9 = 17.486876 \times 6.9 = 120.6594 \text{ ft}$$

Sustituyendo,

$$hd = 131.3976 \text{ ft} + 56.0854 \text{ ft} + 120.6594 \text{ ft} = 308.1424 \text{ ft}$$

$hs = \text{elevación de succión estática} - \text{carga total por fricción en la tubería de succión}$

Pérdidas secundarias.

2 tramos de 10 m cada uno

2 coples

2 codo 90°, radio largo

1 reductor

2 válvula de puerta

Como el diámetro de la tubería y la velocidad se mantienen constantes la ecuación puede expresarse de la siguiente forma:

$$\left(\sum k \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$\text{coples} = 0.3(2) = 0.6$$

$$\text{codo } 90^\circ, \text{ radio largo} = 0.175(2) = 0.35$$

$$\text{reductor} = 0.64(1) = 0.64$$

$$\text{válvula puerta} = 0.09(2) = 0.18$$

$$h = (0.6 + 0.35 + 0.18 + 0.64) \left(\frac{(3.804 \text{ m/s})^2}{2(9.806 \text{ m/s})} \right) = 1.77(0.7378) = 1.3059 \text{ m} = 4.2844 \text{ ft}$$

Pérdidas primarias.

$L = \text{longitud de la toma} = 55.7743 \text{ ft}$

$$\text{pérdidas primarias} = \frac{L}{100} \times 6.9 = 0.557743 \times 6.9 = 3.8484 \text{ ft}$$

Entonces,

$$hs = 55.7743 \text{ ft} - [4.2844 \text{ ft} + 3.8484 \text{ ft}] = 47.6415 \text{ ft}$$

Por consiguiente,

$$\text{TDH} = 308.1424\text{ft} - 4.2844\text{ft} = 303.858 \text{ ft}$$

Sustituyendo:

$$bhp = \frac{2.4508\text{ft}^3 / \text{s} * 303.858\text{ft} * 63.966}{550 * 0.7} = 123.73\text{hp}$$

$$p = \frac{308.1424\text{ft} \times 1.0246}{2.31} = 136.676\text{psi} \text{ en la tubería de descarga.}$$

$$p = \frac{47.6415\text{ft} \times 1.0246}{2.31} = 21.13\text{psi} \text{ en la toma.}$$

La trayectoria *Faro*, cuyas memorias de cálculo no se incluyen, resultó requerir de una capacidad de bombeo de 115Hp en la etapa I y de 120Hp en la etapa IV. La pendiente en la succión es del 2%, la altura estática de descarga de 50m y la longitud de descarga es de 300m.

V.4.- Especificaciones. Drenaje.

Deberán instalarse dos tomas, dos tuberías de succión y dos de alimentación, para que exista un respaldo y para el retrolavado de la tubería por medio del uso alternado de las líneas (al no usarse se crean condiciones anaeróbicas que liquidan a los organismos; el tiempo de alternancia puede ser de 15 a 30 días). El material de las líneas será CPVC80.

El drenaje deberá ir pareado junto con las líneas de alimentación, el diámetro deberá ser minimamente dos veces mayor que el propuesto para las demás tubería (o sea de 12pulg). Para la trayectoria *Ceprodet* y la del *Faro* la descarga deberá dirigirse a la parte en donde está el drenaje de los laboratorios de la F.C.M. con el objeto de que la

corriente superficial dominante lo lleve lejos de la trayectoria de la toma. No deberá haber en el drenaje de agua de mar ningún tipo de desacelerador (para no favorecer un accidente por efecto del "golpe de ariete"), ni depósitos o desniveles que favorezcan acumulación de agua (para reducir el período de mantenimiento y la reducción exagerada del diámetro interno del conducto.

VI. DISCUSIONES

VI.2.1- Elección del lugar de la toma.

Es difícil definir el término *Calidad del agua*, según Wheaton (1977) la calidad depende del uso que se le da al líquido. Este autor dice que el agua con calidad para producir organismos será aquella que pueda soportar al organismo en cuestión y además sea capaz de mantener los parámetros sanitarios requeridos para permitir la cosecha del organismo y ser utilizado como se planeaba. La calidad del agua de mar no fue tema de discusión, porque para mejorarla significativamente tendría que provenir de una zona con surgencias y alejada de asentamientos urbanos, situación que se da a varios kilómetros de distancia del inmueble, como por ejemplo Punta San Miguel (Argote et al., 1975). Además, se ha exagerado en cuestión de los problemas de contaminación bacteriológica a lo largo de las costas de B.C. pues la contaminación de importancia ocurre solamente en áreas limitadas (Orozco-Borbón y Sañudo-Wilhelmy, 1988) y el cuadrante de estudio no se encuentra dentro de tales zonas.

El movimiento de fragmentos de roca frente al I.I.O. fue un evento inesperado por ser en época de baja energía (verano) y por ubicarse en una costa semiprottegida que no recibe la acción directa del oleaje dominante. Los fragmentos eran angulosos, más largos que anchos, por lo que se puede inferir que la fuente está cercana, quizá sea el mismo cantil. Es probable que la energía que transportó a dichos fragmentos

se haya originado por el oleaje difractado en Punta Morro, porque como se va haciendo paralelo a la línea de costa genera una corriente litoral que resulta eficiente para mover a lo largo de la playa a una masa de agua y sedimentos, este transporte se manifiesta principalmente por arrastre con un movimiento en zig-zag a lo largo de la cara de la playa (Komar, 1976, citado por Marmolejo-Lara, 1985).

El impedimento ingenieril para poner a prueba el diseño de tubería fue la carencia de un anclaje que resistiese el movimiento lateral y vertical en la zona de rompientes. Aún así se tiene confianza en que el diseño pueda servir para tubería de descarga de plantas tratadoras.

VI.3.- Diseño hidráulico

Huguenin y Colt (1989) opinan: "Desafortunadamente, ni un buen entendimiento del biólogo, ni el ingeniero solo, darán por resultado un sistema práctico. Los biólogos, por lo general, no entienden los aspectos mecánicos e hidráulicos; usualmente los ingenieros no toman en cuenta suficientemente a los requerimientos biológicos, y casi siempre ninguno de los dos considera las restricciones económicas las cuales pueden influir fuertemente en las decisiones".

De las tres trayectorias la del Faro resulta la más viable, pues es técnica y económicamente viable. La capacidad de bombeo requerida es la menor de las tres, así como el número de accesorios y tramos de tubería. Como la estación de bombeo de la etapa IV estaría en un

terreno sin desnivel, en donde construir es más sencillo que en el cerro de la propuesta Ceprodet, se facilita el control de los procesos de filtración y sedimentación, se reducen costos, además de que el drenaje de cada estanque o el del refluo de los filtros rápidos de arena estaría cerca y con pendiente hacia el mar (en el Ceprodet se tendría que construir una línea de drenaje para los estanque y los filtros, pues el drenaje de las instalaciones tendría pendiente en contra para llegar hasta ellos).

VI.4.- Especificaciones.

Justifica la existencia de un tanque de sedimentación el ahorro que se generará al reducirse el tiempo de recambio de los cartuchos de los filtros rápidos de arena y el costo de la reparación de los daños derivados de la contaminación por un fenómeno severo de Marea Roja. Así mismo, en el caso de un aporte muy alto de material terrígeno (provocado por una tormenta o un Santa Ana) se evitará el paro total del sistema al fungir como reservorio (en lo que se precipitan los sedimentos) a la vez salvará al filtro rápido de arena de una acolmatación severa.

En lo que respecta a la construcción de todos los estanques impera el aspecto económico, el cual está directamente relacionado con el tipo de suelo (si es ígneo o aluvial) y los desniveles en el terreno. Para el estanque de sedimentación (llamado *Artemia*) en la trayectoria Faro se requerirá un trabajo que permita sacar ventaja a la capa de

material de aluvión y contrarrestar los encharcamientos que se producen por estar en desnivel con respecto a la carretera Tijuana-Ensenada. Este último aspecto es muy importante porque no debe haber filtración de agua dulce para mantener constante el valor de la salinidad. El tanque de alimentación (llamado Pelicano) de donde se elevará el agua hasta los tanques del cerro deberá tener las mismas particularidades al construirlo que el Artemia, a excepción de su altura con respecto al material ígneo, que en este caso deberá permitir instalar una llave en el vértice del paraboloide para desaguar al estanque según lo considere el personal de mantenimiento.

VI.4.1.- Consideraciones oceanológicas para la construcción del S.E.A.M.

De establecerse el Sistema Externo de Agua de Mar (S.E.A.M.) en la trayectoria Rompeolas o en la Ceprodet se deberá estabilizar el cantil, desde Punta Morro hasta los linderos con el rompeolas de la marina de Playitas, pues aunque la velocidad de erosión no es alta hay puntos en los que se concentra la energía del oleaje (por ejemplo frente al nuevo edificio de cubículos para investigadores), lo que pondría en peligro las casetas y las tuberías de alimentación. Además el campo de baseball requiere una canalización de los escurrimientos pluviales, ya que la lluvia es el principal agente de erosión en ese punto de la franja costera.

No hay datos oceanológicos para profundidades menores de 20m en la costa norte de la Bahía de Todos Santos (B.T.S.). La mayor parte de

los estudios se han realizado en la parte sur y central, debido a que en esa zona hay una mayor cantidad de intereses creados, en el Sur la existencia de intentos por hacer comercial el cultivo de mejillón y en la central el impacto del puerto de Ensenada en el transporte litoral, celda litoral y contaminación de la bahía junto con la descarga de la planta tratadora de aguas.

Analizando de manera superficial la controversia surgida por la construcción del edificio en el cerro, sobre todo en el aspecto del costo del S.E.A.M. comparado con uno localizado en un lugar más cercano a la costa, se plantea como respuesta que el desembolso sería el mismo, pues el ahorro en el S.E.A.M. para la segunda opción se utilizaría para cubrir el costo del terreno. Pero, ponderando en base al cálculo del tiempo de vida útil del sistema, sin tener que realizar modificaciones costosas, sí hay desventajas para la construcción en el cerro puesto que en un lugar con las condiciones óptimas para el S.E.A.M. el agua se mantendría sin variaciones de consideración por un período de tiempo mayor de 25 años. En Punta Morro se estima una estabilidad en las características del agua de no más de 10 años.

Se ha estimado un tiempo de estabilidad tan corto en Punta Morro por varios factores. Primero, existen planes para que la zona de El Sauzal se convierta en un parque industrial. Segundo, de la zona de Punta Morro hacia el rompeolas de Ensenada el municipio ha designado

el uso de suelo para actividades turísticas, lo que traerá un incremento de actividades antropogénicas cuyos desechos darán al mar. El factor de alteración inmediata más importante lo constituye el aporte de materia orgánica de los drenajes de la U.A.B.C., desde 1993 está en marcha la construcción de una planta de tratamiento (López-Ramírez, 1993), pero el principal agente contaminante proviene de los residuos de los laboratorios. Es muy probable que esta situación se haya recrudecido con el inicio de la construcción de la planta porque hoy día el aporte es directo, no pasa por la fosa de absorción, porque el contenido químico de esas descargas afecta la funcionalidad de la planta. La U.A.B.C. aún no tiene una solución satisfactoria para el problema del manejo de esos residuos. Se detectaron concentraciones altas de Cromo en los sedimentos de la playa de la U.A.B.C. (Canino, com. pers.).

El impacto que el rompeolas de Playitas causará en las características químicas del agua será similar al que provocó el puerto de Ensenada, según Del Valle-Villorín (1985, citado por Millán Núñez y Rivas-Lozano, 1988) se incrementaron las concentraciones de nitritos+nitratos y la de los fosfatos a causa del material terrígeno.

Es necesario realizar mediciones de las concentraciones de metales pesados, pues no hay información de ese tema en la zona de estudio y su influencia en la calidad de agua es importante porque

afecta el desarrollo de larvas. Aunque Punta Morro está en la trayectoria de la corriente dominante (que viene de El Sauzal de Rodríguez) y puesto que existe una correlación muy estrecha entre elevadas concentraciones de plomo y los grandes centros poblacionales (Vidal y Acosta, 1976, Nishikawa, *com.pers.premortem*, citados por Reynoso-Nuño y Jorajuria, 1988), no es muy probable que existan grandes concentraciones de ese metal pesado en la columna de agua. Lo más seguro es que tal cantidad de plomo esté en los sedimentos de las playas aledañas al mencionado puerto, porque según Goldberg (1979, citado por Reynoso-Nuño y Jorajuria, *op.cit.*) en el contexto marino los procesos que reducen la contaminación por los metales pesados se da en las mismas aguas costeras, cerca de donde son descargadas; además los sedimentos absorben gran parte de los metales descargados lo cual ocurre en el área adjunta a una depositación (Bruland et al., 1979, citado por Reynoso-Nuño y Jorajuria, *op.cit.*). Este proceso se explica por la adhesión de los metales a la superficie de las partículas, confirmado por los gradientes bien marcados en los sedimentos adjuntos a una descarga (Katz y Kaplan, 1981, citado por Reynoso-Nuño y Jorajuria, *op.cit.*).

De los resultados del análisis habrá que distinguir entre los metales de origen sedimentario (aluminio y manganeso) y los de origen contaminante (plata y plomo) (Reynoso-Nuño y Jorajuria, *op.cit.*). Así mismo hay que evaluar con cuidado la posible existencia de concentraciones altas de Cadmio (Cd) porque en las aguas de Baja

California su presencia incide en los ciclos biogeoquímicos pues en el contexto marino hay una correlación muy estrecha entre las concentraciones de ese metal con los procesos que envuelven la regeneración de fosfatos y nitratos (Martin y Broenkow, 1975; Martin et al., 1976; Knaver y Martin, 1981, todos citados por Reynoso-Nuño y Jorajuria,op.cit.). Al parecer el microplancton en B.C. bioacumula Cd en cantidades mayores que las comunidades planctónicas de las costas de California y este proceso es independiente de los fenómenos de surgencia y las descargas industriales (Knaver y Martin, 1981, citado por Reynoso-Nuño y Jorajuria,op.cit.). Debido a lo anterior se recomienda ser cautelosos al usar referencias estadounidenses para los valores de concentración límite de metales pesados en aguas para uso acuicultural.

Construir la toma en el rompeolas de la marina de Playitas tendría más desventajas que ventajas. En primer lugar la turbidez es alta en condiciones de energía baja, imaginemos en una tormenta la cantidad de sedimentos en suspensión que habrá alrededor de la obra costera, eso sin contar el aporte del dren pluvial que ha sido encauzado hacia fuera de la playa de bolsillo. Además, el tráfico de embarcaciones traerá un incremento en las concentraciones de hidrocarburos y metales pesados (estos derivados de las pinturas especiales que usan para evitar epibiontes). Por otra parte, se incrementa la factibilidad de

que ocurra una ruptura de la tubería por el arrastre de las anclas, en caso de que alguna embarcación tenga una emergencia o esté midiendo el fondo. Otro aspecto de consideración será saber si la configuración que se le dará a la Marina evitará los posibles efectos de resonancia que provocarían las ondas de un evento sísmico o las de un tsunami (Rivera-Fernández, 1981). Esto es importante pues la caseta se construiría sobre la estructura más afectada por los efectos ya citados.

El tiempo de vida que tiene el faro de Punta Morro puede ser considerado un indicador de la protección que brindan las rocas que están frente a él (en orientación perpendicular al oleaje dominante). El valor de riesgo por daño de tormenta sería bajo comparado con el de los cantiles de la U.A.B.C..

En condiciones de tormenta las olas de pendiente grande mueven arena hacia la playa (Shore Protection Manual, 1977).

El fenómeno de *El Niño* además de traer aguas más cálidas y especies no reportadas, provoca según Millán-Núñez y Rivas-Lozano (1988) una disminución en la concentración de nutrientes y en la de la clorofila *a*, así mismo se eleva la concentración de dinoflagelados en comparación con la de las diatomeas.

En el evento de Santa Ana soplan vientos con dirección hacia el mar (en la zona Norte de B.T.S.). Este tipo de vientos pueden producir, según el Shore Protection Manual (1977), corrientes superficiales en esa dirección y una corriente de fondo hacia la playa la cual puede

transportar arena hacia la misma. Esto se traduciría en un aumento de la cantidad de sedimentos en suspensión, y en función a la magnitud del fenómeno se modificará la profundidad de la capa de mezcla hecho que favorece . El daño potencial estaría dado por el surgimiento de un evento de Marea Roja (Orellana, com. pers.).

V.6.- Recomendaciones.

Se recomienda considerar en el diseño formal a la playa del campo turístico Granada Cove para ubicar la tubería de la toma. En este proyecto no se tomó en cuenta por estar fuera del cuadrante de estudio.

Se recomienda construir unas escaleras de acceso a la banqueta del puente que cruza la carretera frente U.A.B.C. para que pueda ser de uso peatonal.

VII. CONCLUSIONES

- * Utilizar diseño propuesto por Huguenin y Huguenin (1989), material aleación especial.
- * Se propone utilizar tubería de polietileno de alta densidad para la tubería de la toma, con un diámetro de 6 pulgadas, y que en su instalación la trayectoria sea perpendicular al tren de oleaje dominante (dirección noroeste). El lugar para instalar la toma sería en el Faro de Punta Morro.
- * El diseño hidráulico de la trayectoria Faro deberá comprender de dos estaciones de bombeo, en la primera una motobomba de 115 HP, de doble succión, 3550 r. p. m., cuya capacidad máxima es de 1100 gal/min; cada una con su toma, cuyo diámetro de tubería será de 6 pulgadas. En la segunda estación, una motobomba de 120HP, tipo ,horizontal, 3550 r.p. m. La presión en la tubería de la toma sería de 35.0909psi, mientras que en la línea de alimentación será de 127.1926psi.
- * No es posible que la playa de bolsillo "Playitas" sea cuerpo receptor del drenaje de agua de mar.

REFERENCIAS.

- Agüero-Madero, G.A.**, 1986, *Características estructurales de la Bahía Todos Santos y Areas Costeras Adyacentes*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Ahumada-Sempoal, M.A.**, 1993, *Corrientes litorales inducidas por oleaje en la Bahía de Todos Santos, B. C.*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Allen, P.G./ Botsford, L.W./ Schaar, A.M./ Johnson, W.E.**, 1984, *Bioeconomics of Aquaculture*; Elsevier Science Publishers B.V., printed in the Netherlands.
- Alvarez-Sánchez, L.G.**, 1971, *Medición de corrientes superficiales en la Bahía de Todos Santos, B.C.*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Alvarez-Sánchez, L.G./ Hernández-Walls, R./ Durazo-Arvizu, R.**, 1988, *Patrones de deriva de trazadores lagrangianos en la Bahía de Todos Santos*; *Ciencias Marinas*, 14(4): 135-162.
- Aranda-Manteca, F.J.**, 1983, *Estudio de minerales pesados como trazadores de la corriente litoral en la Bahía de Todos Santos, B.C.*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Arce-Duarte, F.A.**, 1984, *Efectos de contaminación orgánica en la zona costera de la Bahía de Todos Santos, B.C.*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Argote, M.L./ Amador, A./ Morales, C.**, 1975, *Distribución de los parámetros salinidad y temperatura y tendencias de la circulación en la Bahía de Todos Santos, B.C.*. Memorias de la primera reunión de los Centros de Investigación de Baja California y la Institución Scripps de Oceanografía, impreso en México.

- Cabrera-Muro, H.R.**, 1971, *Distribución de temperatura en la Bahía de Todos Santos*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Carrillo-Bibriezca, L.**, 1993, *Cambios de temperatura en la Bahía de Todos Santos durante otoño-invierno 91-92*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- C.I.C.E.S.E.**, 1981, *Discusiones internas sobre labores de investigación y docencia*, Coordinación Académica del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, impreso en México.
- Daniel, T.H.**, 1986, *Operational experience with the cold water pipe at the natural energy laboratory of Hawaii*, Oceans Conference Record, printed in U.S.A.
- De Alba-Pérez**, 1985, *Colonización de un sustrato duro artificial por organismos marinos bentónicos*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Dexter, S.C.**, 1979, *Handbook of Oceanographic Engineering Materials*, John Wiley and Sons, printed in U.S.A..
- Ebert, E.E./ Haseline, A.W./ Kelly, R.O.**, 1974, *Seawater system design and operations of the Marine culture laboratory, Granite canyon*; California Fish and Game, 60(1): 4-14.
- Goulds Pump Inc.**, 1973, *Goulds Pump Manual*, printed in U.S.A.
- Hernández-Walls, R.**, 1986, *Circulación inducida por el viento en la zona costera*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Huguenin, J.E.**, 1975, *Development of a Marine Aquaculture Research facility*; Aquaculture, 5(2): 135-150.
- Huguenin, J.E./ Colt, J.**, 1989, *Design and operating guide for aquaculture seawater systems*; Elsevier Science Publishers B.V., printed in the Netherlands.

- Huguenin, J.E./ Huguenin, S.S.**, 1984, *Materials and Design Considerations for Small Seawater Intake Screens*, Marine Technology Society Journal, 18(4): 35-41.
- León-Diez**, 1986, *Resultantes mecánicas y biológicas del diseño estructural: Estudio de colonias de Phragmatomorpha californica (FEWKES) (POLYCHAETA: SABELLARIIDAE) en el intermareal rocoso de Ensenada, B.C.*. Tesis de maestría, C.I.C.E.S.E., México.
- López-Ramírez, P.E.**, 1993, *Variaciones diurnas de algunos efectos producidos por la descarga del material orgánico introducido por la U.A.B.C. unidad Ensenada, en la línea de costa cercana al efluente, durante noviembre de 1992*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Marmolejo-Lara, M.**, 1985, *Control de azolvamiento en una obra de toma de agua marina*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Mataix, C.**, 1982, *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*; 2ª edición, editorial HARLA, impreso en México.
- Méndez-Arriaga, M.A.**, 1982, *Determinación del transporte litoral predominante en la Bahía de Todos Santos, Baja California*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Millán-Núñez, R./ Rivas-Lozano, A.M.**, 1988, *Nutrientes y clorofilas en la Bahía de Todos Santos (mayo 1983)*; Ciencias Marinas, 14(4): 23-42.
- Miranda-Vara, J.I.**, 1985, *Modelo estadístico de valores extremos para Ensenada, B.C.*; informe memoria para licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Orozco-Borbón, M.V./ Sañudo-Wilhelmy, S.A.**, 1988, *Estudio de coliformes, estreptococos y bacterias patógenas a lo largo de la costa de Baja California*; Ciencias Marinas, 14(3): 1-8.
- Pashkov, N.N./ Dolqachev, F.M.**, 1985, *Hidráulica y máquinas hidráulicas*; Editorial Mir, impreso en la U.R.S.S.

- Rivera-Duarte, I.**, 1984, *Comportamiento de los contaminantes derivados de la Industria Pesquera, en la región de El Sauzal, Bahía de Todos Santos, B.C.*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Rivera-Fernández, N.Y.**, 1981, *Obtención de los períodos de resonancia de la Bahía de Todos Santos*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Reynoso-Nuño, H.E./ Jorajuria, A.**, 1988, *Distibución de metales pesados en la costa occidental de la península de Baja California, usando Mytilus californianus como organismos centinelas*; Ciencias Marinas, 14(4): 101-116.
- Salazar-González, 1990**, *Proyecto de ampliación y mejoramiento del sistema sanitario de la unidad Ensenada de la U.A.B.C.*. Tesis de licenciatura, Escuela de Ingeniería, U.A.B.C., México.
- Sañudo-Wilhelmy, S.A./ Morales-Yáñez, A./ Vargas-Flores, J.A.**, 1984, *Contaminación fecal en la Bahía de Ensenada, Baja California, México*; Ciencias Marinas, 10(1): 7-17.
- Segovia-Zavala, J.A.**, 1982, *Estudio de contaminación por materia orgánica en la zona industrial de El Sauzal, B.C.*. Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., México.
- Wheaton, F.W.**, 1977, *Aquacultural engineering*; John Wiley & Sons, printed in U.S.A.