



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA

**REQUERIMIENTOS TECNICOS PARA EL MEJORAMIENTO
DE LA CONSTRUCCION DE GRANJAS CAMARONICOLAS
EN LA REGION DE ESCUINAPA, SINALOA.**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

INGENIERIA CIVIL – CONSTRUCCION
P R E S E N T A:

CESAR ANIBAL SIMENTAL CARDENAS

TUTOR:

ING. OSCAR ENRIQUE MARTINEZ JURADO



2008

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, por el apoyo incondicional en cada paso de mi vida.

A mis profesores y sinodales, por su ayuda en la realización de este trabajo.

A todas las personas que facilitaron la información necesaria para este trabajo.

Índice.

Introducción	1
I. Marco teórico	8
I.1. Descripción geográfica del municipio de Escuinapa, Sin. y su potencial para la camaronicultura.....	8
I.2. Metodologías desarrolladas en el diseño de las granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.....	14
I.3. Consideraciones técnicas en el diseño de las granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.....	18
I.4. Conclusiones capitulares.....	23
II. Análisis específico de las granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin	24
II.1. Construcción de granjas camaronícolas en el municipio de Escuinapa, Sin.....	24
II.2. Resultados obtenidos en base a diseños tradicionales.....	29
II.3. Conclusiones capitulares.....	37
III. Diagnóstico y propuestas	38
III.1. Principales causas al problema de un mal diseño de granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.....	38

III.2. Principales soluciones al problema de un mal diseño de granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.....	91
III.3. Conclusiones capitulares.....	112
IV. Conclusiones y recomendaciones	113
IV.1. Conclusiones.....	113
IV.2. Recomendaciones.....	115
Bibliografía.....	119



Introducción.

La acuicultura de camarón o camaricultura, se basa en la utilización de tecnologías aplicadas en ciertos lugares que propician su existencia para producir camarón.

Se sabe que a lo largo de los últimos 30 años se han alcanzado importantes niveles de producción a nivel mundial. Particularmente en México, el estado de Sinaloa ocupa uno de los primeros lugares en la producción de camarón, gracias al hecho de la compatibilidad de los recursos naturales disponibles, entre otros factores.

La camaricultura es una actividad en la cual existen problemas de diseño, construcción y operación de las granjas. Sin embargo, aún así se presentan condiciones propicias para producir con buenos márgenes de rentabilidad en los tres tipos de cultivo. A saber, los tres tipos de cultivo son: sistema extensivo, sistema semi-intensivo y sistema intensivo.

Las diferencias entre estos modelos radican en el nivel tecnológico aplicado, la intensidad y frecuencia del suministro de los insumos básicos que permiten incrementar la productividad y, fundamentalmente, en el control que se establece sobre las variables que inciden directa o indirectamente sobre el desarrollo de los cultivos.

Ésta investigación considera en mayor parte el tipo de cultivo denominado sistema semi-intensivo por ser el más usado tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Sin embargo, por consideraciones en cuanto a producciones también se toma en cuenta el sistema intensivo, ya que produce más por unidad de área y además la infraestructura de las granjas con estos dos tipos de cultivo no difiere mucho.

Como se mencionó anteriormente, algunos de los principales problemas en el cultivo de camarón se deben a que todavía se repiten errores de diseño y construcción, que difícilmente se presentarían de existir mayor interés y canales adecuados para difundir las limitaciones y los avances de la camaricultura en México.



Tal vez lo anterior se deba a que, por ser una actividad desarrollada en el ámbito privado, no exista motivación para evitar a otros los problemas propios.

Ésta problemática de la actividad ha ocasionado que muchas de las granjas construidas hayan dejado de operar en los últimos años.

Problemática.

En la mayoría de los proyectos, no solo de Escuinapa, si no de todo el Estado de Sinaloa, no se realizaron los estudios preliminares para seleccionar los sitios de ubicación de la granja. En algunos casos la metodología para la selección de estos sitios se ha aplicado de manera incompleta.

Las condiciones hidrológicas y climatológicas no se han considerado apropiadamente en la mayoría de los casos, por lo que existe un gran número de granjas que pueden realizar un solo ciclo completo de operación al año en comparación con otras de otros países que realizan hasta tres ciclos de cultivo. Asimismo, en la mayor parte de los casos, los riesgos climatológicos son dejados al azar, ubicando algunas granjas en lugares poco apropiados para este tipo de proyectos, sin tomar las debidas precauciones para evitar daños a la infraestructura de las granjas durante la época de lluvias.

Los diseños de la mayoría de las granjas son copias de los desarrollados en otros países, particularmente Ecuador, Panamá y el Sureste Asiático. Algunas veces se imita a las granjas vecinas. Existen pocos diseños realizados en función a las características del sitio de ubicación de proyecto. Así pues, los resultados en la eficiencia de las granjas son variables, dada la falta de uniformidad en la construcción de los estanques, derivada de una planeación inadecuada y el escaso mantenimiento.

Los principales problemas que se encuentran en la construcción son las fallas de nivel entre los estanques y los canales de salida, depresiones en los pisos de los estanques y mal diseño de los sistemas de desagüe, todo lo cual afecta sensiblemente la velocidad y el costo de las cosechas.



Además, existen en algunos casos deficiencias en la compactación de bordos y caminos, lo que a mediano plazo afectará la operación u ocasionará fuertes gastos de mantenimiento.

Al inicio del desarrollo de la camaronicultura en Sinaloa, no existían compañías constructoras con experiencia en la construcción de este tipo de obras, por lo que se dió lugar a un nivel deficiente de autoconstrucción y de contratación de compañías no especializadas, habiéndose construido las granjas sin que se cumplieran las especificaciones básicas para este tipo de obras.

Los costos de mantenimiento de obra civil son elevados, y como los recursos económicos son escasos ha ocasionado que muchas de las granjas con deficiencias iniciales de construcción, continúen deteriorándose gradualmente, sobre todo en bordos y canales. La mayoría de las granjas presentan infraestructura inconclusa y por falta de recursos económicos no se realizan las adaptaciones y ampliaciones necesarias.

Otra cuestión sobre la que conviene buscar la atención de quienes realizan nuevos proyectos, se refiere a los sistemas de bombeo, ya que actualmente algunas granjas enfrentan problemas porque cuentan con bombas inadecuadas o poco eficientes. Paradójicamente, en granjas cuyas bombas son eléctricas se mostró interés por las que operan con diesel y a la inversa, por considerar en ambos casos que el sistema que no utilizan puede representar un ahorro de energía.

En el ámbito de la construcción, mucho podría ganarse si quienes participan en la misma se compenetraran con la operación de las granjas, pues es ahí donde más claramente se manifiestan los defectos y virtudes de la construcción.

Un aspecto que se ha descuidado es la supervisión de las obras, tanto por los organismos que las financian, como por los propios interesados en las granjas. Este problema se ha presentado fundamentalmente entre los grupos de productores de escasos ingresos, que por motivos económicos o de otra índole no cuentan con asistencia técnica suficiente o adecuada.



Existe una marcada variación en la disponibilidad de semilla (postlarvas), lo cual causa un desfase de la programación de las actividades de los ciclos de cultivo, desaprovechándose comúnmente el ciclo de engorda de verano.

Aún cuando la mayor parte de las granjas presenta estanques para pre-engorda, pocas realizan operaciones de este tipo por falta de disponibilidad oportuna de postlarvas, y en algunos casos por la baja calidad de aguas para manejarlas en la temporada en que se presentan. En algunas granjas se practica el sistema de guarderías, con muy alta densidad (150–350 postlarvas/m²) para asegurar la siembra del siguiente ciclo de operación. Por desconocimiento técnico no se aplican sistemáticamente los métodos apropiados de fertilización. Generalmente se fertilizan los estanques una vez al inicio del ciclo de cultivo.

No se desarrolla en las granjas un sistema de investigación para:

- Determinar la relación manejo técnico vs. rendimiento.
- Incrementar tallas de cosecha.
- Los métodos apropiados de fertilización.
- Los estudios de productividad en estanques, relacionados con calidad de agua, fertilización y alimento balanceado.
- Sanidad acuícola.

Existe la falta de un mayor nivel de experiencia en el cultivo comercial de camarones. No hay motivación para una superación técnica, debido a que no se les presentan los mecanismos adecuados para capacitarse. Se encuentran aparentemente aislados sin tener participación en la evolución gradual que tiene lugar en otras granjas de la entidad.

Se presenta la falta de entendimiento con el personal técnico debido a que manejan diferente terminología; con frecuencia tienen diferencias de criterio en el manejo de la granja.



Además, existe escaso adiestramiento para la administración y operación de granjas camaroneras, de tal manera que se logre se entienda bien lo que el técnico manifiesta.

Justificación.

La importancia de la presente investigación recae en el hecho de que todo tipo de obra debe iniciarse con una planeación adecuada, donde se procede a establecer los medios para lograr los objetivos deseados. Por consiguiente, se sabe que uno de los puntos más importantes es el diseño, en donde se hace evidente el conocer en su totalidad los requerimientos técnicos para llevar a cabo dicho diseño.

La carencia de conocimientos técnicos pertinentes al diseño de granjas camarónicas nos puede llevar a un futuro no deseado, como lo es el caso de algunas granjas puestas en marcha, las cuales han dejado de operar por las complicaciones que tarde o temprano se hacen evidentes producto de un mal diseño.

Un buen diseño se verá reflejado en la eficiencia al operar la granja y en mantenimientos poco importantes así como escasos, lo cual representará la reducción de los costos de producción.

Lo anterior beneficia directamente no solo a los inversionistas interesados en la camaronicultura, si no que además beneficia al desarrollo económico del municipio en general.

Objetivos.

Como objetivo principal se tiene el proponer un esquema de requerimientos técnicos de una granja camarónica en la región de Escuinapa, Sin. para evitar y, en su caso, corregir los problemas que acarrea un mal diseño.

Como objetivo particular se contempla la identificación de los puntos clave que determinan un buen diseño teniendo en cuenta los requerimientos técnicos de las granjas camarónicas.



Otro objetivo particular consiste en la creación de una fuente de información útil para todo aquel interesado en llevar a cabo la construcción de una granja camaronícola.

Alcances.

La investigación contempla la realización de un esquema de requerimientos técnicos de una granja camaronícola para evitar los problemas que acarrea un mal diseño.

Los resultados esperados al realizar todos los estudios pertinentes a la investigación, podrán establecer un esquema en el cual se podrá contar con la información necesaria para evitar y, en su caso, corregir los problemas más comunes presentados en proyectos camaronícolas en la región de Escuinapa, Sin.

Además, se podrá contar con información tangible para proyectos futuros y similares al objeto de la presente investigación.

La propuesta de investigación considera las necesidades del camarón, entre muchas otras, y las acciones de manejo de toda la infraestructura de una granja que tienen conexión con su diseño y construcción.

Cabe señalar que la investigación está sumamente basada en la identificación de los problemas presentados y sus causas, de tal manera que, en la medida de lo posible, se puedan establecer soluciones adecuadas y sencillas, las cuales no tratarán de revolucionar el sistema tradicional de producción camaronícola, ya sea en su modalidad semi-intensiva o intensiva.

Los resultados que se pretenden alcanzar en el proyecto, como se mencionó anteriormente, son los que nos permitirán establecer alternativas de diseño para evitar al máximo los problemas inherentes a la actividad camaronícola.



Hipótesis.

Una granja camaronícola debe contar con un diseño que asegure una operación eficiente y que reduzca al máximo las acciones de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Al final, es obvio que se requerirá de cierto mantenimiento, por lo que es necesario establecer parámetros para llevarlo a cabo de una manera correcta.

Se deben realizar los estudios preliminares para determinar si es apropiada o no, la selección de los sitios de ubicación para los futuros proyectos. Dichos estudios deben llevarse a cabo de una manera completa, incluyendo pruebas de campo y laboratorio.

Los estudios previos a la selección del sitio deben, asimismo, tomar en cuenta las condiciones hidrológicas y climatológicas de cada zona geográfica de la entidad, para que la granja tenga la posibilidad de operar al menos dos ciclos de cultivo al año. En particular, se deben tomar muy en cuenta los riesgos climatológicos para lograr una ubicación apropiada en este tipo de proyectos, considerando las debidas precauciones para evitar daños a la infraestructura de las granjas durante la época de lluvias.

La planeación, antes de realizar cualquier proyecto, es de importancia vital, por lo que se debe llevar a cabo atendiendo a todos los procesos que integran a una obra de ésta índole. No obstante, una supervisión de obra mejoraría bastante los resultados en la construcción de los proyectos acuícolas.

Se debe aprovechar el avance de la tecnología. Cada parte de la granja debe construirse con las técnicas, los materiales y el equipo más recientes y comercialmente disponibles en la medida de lo posible, para evitar resultados no deseados.



I. Marco teórico.

Para poder alcanzar los objetivos que se han propuesto anteriormente, es necesario tomar en cuenta los antecedentes de la camaronicultura en la región de estudio.

Este capítulo trata acerca de dichos antecedentes que permitirán el establecimiento de ciertas recomendaciones, las cuales tomarán en cuenta la geografía y las prácticas de diseño tradicionales con que cuenta la camaronicultura en el municipio de Escuinapa, Sin.

I.1. Descripción geográfica del municipio de Escuinapa, Sin. y su potencial para la camaronicultura.

Es de suma importancia el conocer la geografía de los sitios en los cuales se llevará a cabo cualquier tipo de obra.

En este caso, la camaronicultura depende fundamentalmente de las condiciones geográficas en las cuales se llevará a cabo, pues éstas determinarán en gran parte el potencial para las actividades camaronícolas, así como también el potencial para su desarrollo.

I.1.1. Descripción geográfica.

El municipio de Escuinapa se localiza al sur del Estado de Sinaloa a los $105^{\circ}26'17''$ y $105^{\circ}55'15''$ al oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos $22^{\circ}28'00''$ y $22^{\circ}57'10''$ de latitud norte (figura 1); determina junto con el municipio de Rosario, la frontera política de Sinaloa con el Estado de Nayarit. Su superficie comprende $1,633.22 \text{ km}^2$, que representan el 2.8% del estado. Es uno de los cinco municipios más pequeños y ocupa el decimotercer lugar en extensión. Colinda al norte con el municipio de Rosario, al sur con el Estado de Nayarit, al oriente con el municipio de Rosario, y al poniente con el Océano Pacífico.

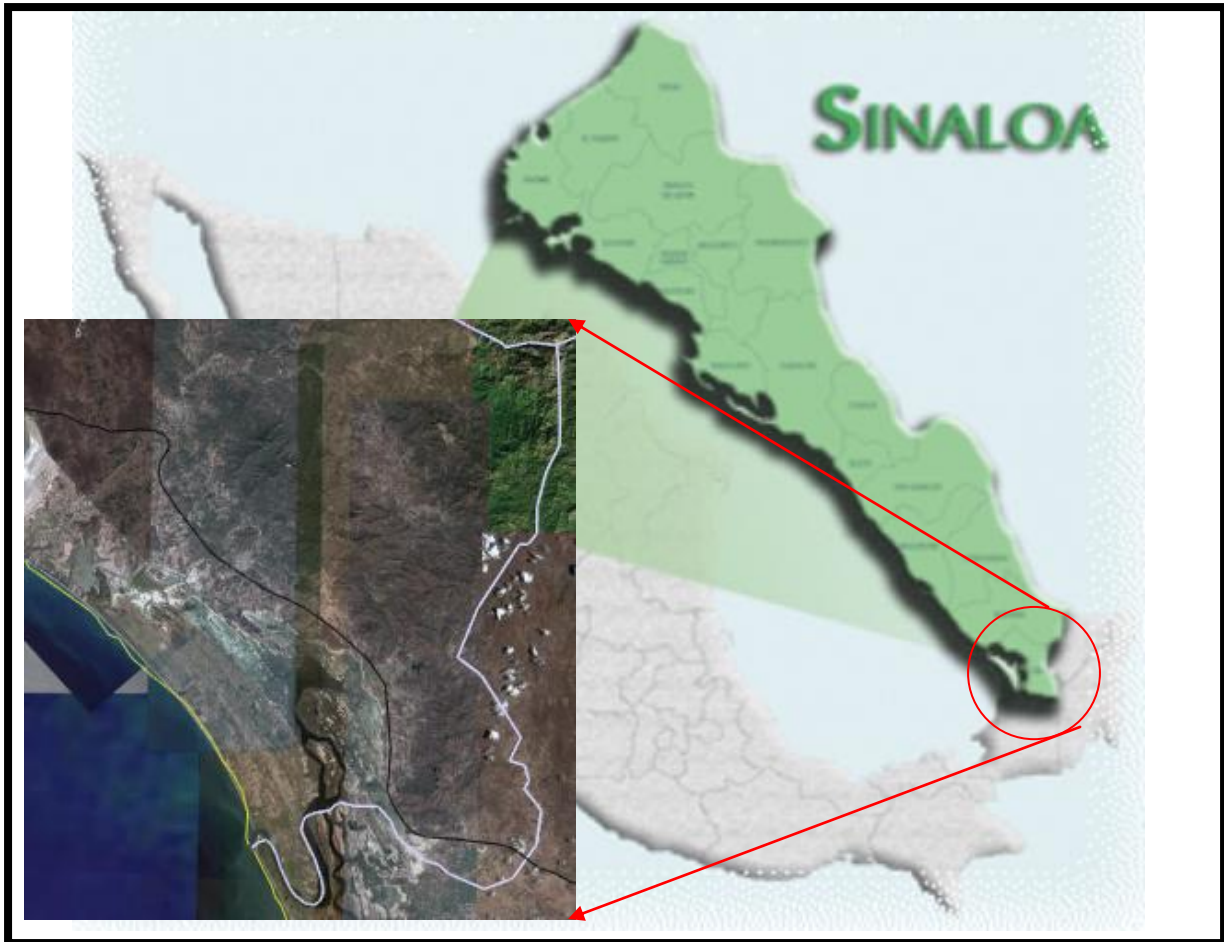


Figura 1. Localización del municipio de Escuinapa, Sin.

Escuinapa es un municipio del Estado de Sinaloa, el cual, es el estado mexicano que presenta el mayor desarrollo camaronícola en el país, atribuyéndose esta situación a una óptima localización geográfica en función de los criterios requeridos para el fomento de esta actividad como son la disponibilidad de agua, suelos, infraestructura vial y disponibilidad de postlarvas.

Oficialmente se reconoce que la camaronicultura nacional dio inicio en Sinaloa a principios de la década de los ochenta, aunque algunos autores refieren que los primeros sistemas dedicados al cultivo de camarón se construyeron en la década anterior, también en Sinaloa. En particular, para 1984, fecha en que se sitúa el inicio de la camaronicultura en el sur de Sinaloa, se tenían proyectadas 100 ha en el municipio de Escuinapa donde se tendría que aprovechar el sistema costero Teacapán-Agua Grande para fines productivos.



En la actualidad, la región en estudio cuenta con alrededor de 38 granjas de las cuales algunas han dejado de operar debido a los problemas inherentes que un mal diseño conlleva.

Esta zona se caracteriza por la presencia de diversos sistemas estuarios y fluviales lo cual ha favorecido al hecho de que en el municipio de Escuinapa se cuenta aproximadamente con el 75% de los sistemas camaronícolas instalados en el sur de Sinaloa, ocupando 2,270 ha de superficie. De esta área, aproximadamente el 40% se destina a estanquería.

La longitud de litoral del municipio de Escuinapa, es de 45 km, a lo largo de los cuales se forman 5 marismas que abarcan 18,550 ha, que representan el 11.4% de la superficie total de Escuinapa. Pertenecen a sus costas el estero de Malines y Mezcal, con una superficie inundada de 5,500 ha.

Las marismas y su extensión son las siguientes: Marisma Ancha con 4,000 ha; Los Cañales 2,000; Las Lomitas 1,500; Palmillas 9,850; Los Sábalos 1,200 y El Mezcal con 5,500 ha.

La principal isla del municipio es la del Palmito del Verde, localizada a los 105°62'06" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y los 22°40'29" de latitud norte; su longitud es de 53 km, tiene una amplitud máxima de 10 km y una mínima de 100 m.

La mayor parte de la isla está formada por antiguas líneas de costas con presencia de llanuras mixtas de inundación de limos y arcillas depositadas por procesos marinos y pluviales en manglares, así como también llanuras intermareales formadas por cantidades variables de arcillas y limos.

Su vegetación marginal la constituye el manglar (*Rhizophora Mangle*), del que sobresale el conocido candelón (*Lagularis Racemosa*), mangle dulce y puyequé (*Avicennia Nítida*). Las tres especies se encuentran asociadas y se extienden en ocasiones a más de 100 m a ambos lados del estero.

En cuanto a la edafología se refiere, en la parte occidental del municipio se encuentran suelos de tipo podzólico, que se caracterizan por su color aparentemente blanquizco, con una cubierta superior de detritus orgánico y un lecho de color café que reposa sobre el material base.



Estos suelos son de casi nula utilidad agrícola por su poca fertilidad y lo irregular de la topografía de la región, por lo que su uso radica en el aprovechamiento para pastoreo.

Sobre una pequeña parte de la porción occidental y a lo largo de la planicie costera se presentan suelos de mediana profundidad formados por gravas y conglomerados, que constituyen abanicos aluviales y depósitos de talud; en algunas partes como en la cabecera municipal y hacia el flanco sur y occidental los suelos son de tipo lateríticos (ectodinamórficos y zonales), formados por sedimentos finos como limos y arcillas, ricos en materia orgánica y propios de clima subtropical. Forman pequeños mosaicos en sus dos tipos, o sea suelos rojos y amarillos, producto de una imtemperización menos energética.

La configuración orográfica influye en forma directa en la determinación del clima, el tipo de suelos, la vegetación, en la distribución de especies zoológicas y en los asentamientos humanos.

En el municipio de Escuinapa se localizan las siguientes características: en el lindero con el municipio de Rosario se localiza la Sierra de Las Minitas, que alcanza elevaciones de 50 a 700 m, respecto al nivel del mar; en su vertiente occidental nacen los Arroyos de Escuinapa, El Verde y Palos Altos. El resto del municipio está constituido por planicies y lomeríos a lo largo de la costa.

La formación geológica de este municipio está integrada por riolitas, riodacitas, dacitas y andecitas del terciario inferior medio; existen también algunos derrames volcánicos y piroclásticos de formación andesítica, así como porciones intercaladas de limos, arcillas, gravas, abanicos aluviales, depósitos de talud y fragmentos de rocas ígneas y metamórficas.

En la porción nororiental existen formaciones geológicas de rocas andesíticas y felsíticas del cretácico tardío temprano.

Al oriente se haya una unidad constituida por conglomerado, arcosa y tobácea de tipo lítico y arenoso, con afloramiento de derrames volcánicos y piroclásticos de composición andesítica.



En la zona sur se localizan sedimentos finos, limos y arcillas, características de las llanuras mixtas de inundación que se presentan como lodos negros ricos en materia orgánica, con pequeñas intercalaciones de derrames volcánicos y piroclásticos, además de estratos tobolares con intercalaciones conglomerásticas.

En cuanto a hidrología, el Río de las Cañas es la corriente más importante del municipio, y en gran parte de su territorio sirve como límite geográfico entre Sinaloa y el Estado de Nayarit; nace en la sierra de San Francisco en el Estado de Nayarit y en su recorrido pasa por los pueblos de San Francisco del Caimán, Hacienda Vieja, La Concha, El Tigre y Pajaritos, desembocando en el Océano Pacífico donde se forma el puerto de Teacapán. Su cauce es alimentado por los arroyos de Becerros, Higuera, González, Morón, Gustón, Santa María y Barcino. Recorre 152 km y su cuenca de captación es de 451 km²; registra un escurrimiento medio anual de 107.9 millones de m³.

Como corrientes menores figuran cuatro importantes arroyos a saber: sobre la vertiente sur occidental de la sierra de Las Minitas, en la porción media, norte y sur, nacen los arroyos de Escuinapa, El Verde y Palos Altos. Por su parte, en la vertiente oriental y occidental de la Sierra de Bayona nacen los arroyos de Santa María y Agua Zarca.

El arroyo de Santa María nace en la parte oriental de la Sierra de Bayona y desemboca en el río de Las Cañas. El arroyo Agua Zarca se desplaza en dirección oeste, nace en la parte occidental de la misma sierra y toca el pueblo de Agua Zarca desembocando en el estero del Palmito del Verde.

Para la observación de las normales climatológicas del municipio se encuentra ubicada en la localidad de La Concha, a los 105°28'00" de longitud oeste y los 22°32'00" latitud norte, la estación del mismo nombre, la cual determinó de 1940 a 1980 para el municipio, una temperatura media anual de 26.0 °C máxima de 42.0 °C y mínima de 7.5 °C; se registró una precipitación media de 1,101.9 mm, un máximo de 1,284.4 y una mínima de 978.2 mm, respectivamente.



I.1.2. Potencial para la camaronicultura.

Debido a que la selección del lugar para un proyecto acuícola es uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta, entre los factores a considerar en este rubro se encuentran:

- Calidad de suelo y agua.
- Temperatura.
- Servicios auxiliares.
- Caminos de acceso.
- Topografía del terreno.

En México, el Estado de Sinaloa reúne los mejores parámetros con respecto a estos factores, ya que sus terrenos costeros son por excelencia limo-arcilloso-arenosos y tienen buena calidad química y física.

El agua dulce es suficiente en la mayoría de sus regiones; el agua salobre es adecuada y suficiente durante la mayor parte del año. Los caminos de acceso son adecuados en su mayoría, excepto en ciclo de lluvias. La temperatura es aceptable la mayor parte del año y la pendiente de sus terrenos es muy gradual.

Aunado a lo anterior, en Sinaloa han existido y existen cooperativas y grupos empresariales interesados en el desarrollo acuícola, lo cual ha originado que este estado sea uno de los principales en México, en relación con la acuicultura del camarón.



I.2. Metodologías desarrolladas en el diseño de las granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.

Se advierte que, no en todos los casos se lleva a cabo la misma metodología de diseño, pues solo las granjas que siguen siendo productivas son aquellas que siguen dicha metodología. Sin embargo, incluso algunas de estas granjas que continúan produciendo tienen fallas en algunas partes del sistema total.

Como primer paso en la planeación de un proyecto se procura tener claros los objetivos. Una vez que hayan sido aclarados se formula una propuesta para el tipo de proyecto apropiado y la escala de producción de acuerdo a las opciones disponibles, para lo cual se toma en cuenta los tipos de cultivo, todo lo concerniente a los organismos (alimentación, manejo, sanidad, etc.), el mercado y la elección del sitio.

Comúnmente, para la elección del área, se toman en cuenta los tres puntos más importantes: el terreno, el agua y los servicios.

Las consideraciones para el terreno comprenden la necesidad de un terreno impermeable con pendientes suaves lo cual facilita la construcción de los estanques. Se procura la cercanía a la fuente de abastecimiento de agua, así como la necesidad de un p.H. neutro (7-9), y suelos no ácidos sin materiales o compuestos contaminantes.

En cuanto al agua, esta debe ser de calidad y cumplir con parámetros fisicoquímicos como:

- Temperatura de 23 a 31 °C.
- Salinidad de 15 a 25 ppm.
- Oxígeno disuelto no menor a 5 ml/l.
- Debe de contar con un p.H. de 7 a 9.
- Tiene que estar libre de contaminantes industriales agrícolas o domésticos.



Los servicios son muy importantes como las vías de comunicación, las cuales deben mantener cierta cercanía con la fuente de postlarvas además de contar con disponibilidad de energía eléctrica sin problemas legales o agrarios.

En todos los casos, la tecnología a ser empleada debe ser evaluada en cuanto a su confiabilidad y posibles restricciones.

Se considera, además, el potencial de las especies a cultivar y las alternativas del tipo de cultivo para asegurar que la mejor elección ha sido hecha de acuerdo a la propuesta del proyecto.

Se hace una estimación de los niveles de riesgo y beneficios antes de proceder a la construcción de la granja y un estudio que contendrá los detalles técnicos de los procesos involucrados en el proyecto, los aspectos del mercado, la ubicación del sitio elegido, los impactos sociales y ambientales, predicciones de producción y costos estimados.

La implementación de la fase final de un proyecto usualmente se inicia con la elaboración de los planos a detalle de lo que será la granja, conteniendo las elevaciones, las zonas de excavación, la ubicación de los estanques, así como del suministro de agua y descarga, entre otros, para comenzar con las actividades de construcción del proyecto.

Se procura que la distribución y configuración de los estanques la determine el tipo de cultivo y las características del terreno (topografía, tipo de suelo y la posición de la fuente de agua).

En cultivos semi-intensivos se emplean estanques contruidos por medio de bordos en las marismas cuyas dimensiones varían de 8 a 20 ha. No se recomiendan que sean tan grandes pues se dificulta su manejo.

El puesto de bombeo se acostumbra a situarse en primera instancia, tiene que estar situado donde haya una mejor calidad de agua y tener una altura que permita bombear el agua cuando hay marea baja. La inclinación de la bomba influye directamente en la eficiencia.



Se realizan cálculos de recambios diarios y pérdidas por evaporación y filtración para determinar el tipo de bomba y el diámetro del tubo a utilizar.

El bordo perimetral recorre la totalidad de la granja, forma parte del bordo de los estanques y del canal de drenaje o descarga. Se diseñan las coronas de 4 m para permitir el tránsito de los vehículos y taludes 3:1 en suelos arcillosos.

El reservorio se diseña para tener reservas de agua que podrá ser utilizada cuando las condiciones de la fuente no sean convenientes. Se usa también como control para predadores. El volumen depende del tamaño total de los estanques por alimentar teniendo en cuenta la tasa de recambio que se haya calculado. La altura respecto a los estanques debe ser mayor para un flujo por gravedad.

El canal de drenaje, debe tener un nivel menor que los estanques con tamaño adecuado a la descarga que recibirá. Sus pendientes van de 0.1 a 0.5%.

Se procura que los estanques sean rectangulares para un correcto flujo de agua y facilidad de manejo. En estanques grandes de 10 ha o más la orientación depende de la dirección de los vientos dominantes para evitar erosión eólica y por oleaje. El fondo debe ser plano y con pendientes que van 0.1 a 1% y tirantes de agua de 0.8 a 1 m.

La altura de los bordos perimetrales o paredes quedará definida por el tirante máximo de agua con un bordo libre de 30 cm. La relación de bordos entre estanques es de 2:1 debido a que hay presión en ambos taludes.

La superficie total de estanquería depende de las metas de producción programadas y de las densidades de carga de los estanques. El número de estanques por construir depende de la superficie y de las dimensiones convenientes de cada tipo de estanque para poder distribuirlos convenientemente en el área elegida.

Se construyen estanques de engorda y precría los que alojan a las postlarvas hasta que llegan a la fase de juveniles. El área de precría es de un 10% del área de engorda.



Las compuertas de entrada y salida de agua son estructuras que se alojan en la corona de los bordos. Se construyen de concreto armado y cuentan con ranuras que dan cabida a tabloncillos que regulan el flujo del agua y a los filtros que impiden la entrada de basura y predadores, así como la salida de camarones. El conducto de la compuerta se adecua al volumen que pasa por él.

La fase de puesta en marcha inicia después de que ha concluido la construcción y el equipamiento de la granja.

Posteriormente se realizan las pruebas preoperativas, con lo que se da por finalizado el proyecto para, de esta manera, entrar en la fase de operación, en donde se espera que se logren los objetivos planeados y conforme se tenga oportunidad, se programará una fase de consolidación basada principalmente en la generación de los beneficios esperados.

En la figura 2 se presenta el croquis de una granja camaronícola tipo, con sus respectivos componentes mínimos. Cabe destacar que la figura mostrada es parte de la configuración actual de la granja “Aquastrat”, la cual se estudiará más adelante.

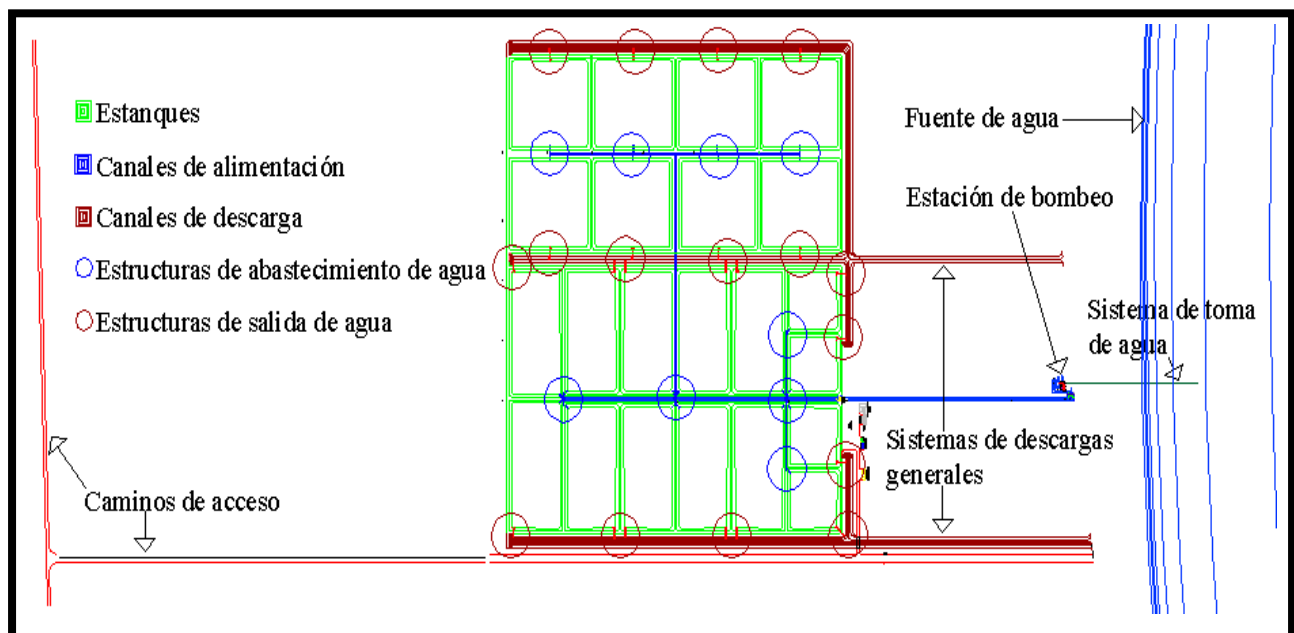


Figura 2. Croquis de una granja camaronícola tipo, con sus componentes mínimos.



I.3. Consideraciones técnicas en el diseño de las granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.

Las siguientes consideraciones técnicas fueron extraídas de proyectos ejecutivos los cuales coinciden en su mayoría, salvo en los casos donde las granjas se ubican cerca del mar, donde el estudio del comportamiento hidráulico no se realiza a excepción de los estudios de mareas únicamente.

Cabe destacar, como en el subcapítulo anterior, que estas consideraciones no se llevaron a cabo en todos los casos, pues solo aquellas granjas que siguen siendo productivas tomaron en cuenta las siguientes consideraciones cubiertas hasta cierto punto, pues los resultados obtenidos que se tratarán más adelante reflejan algunas fallas.

I.3.1. Consideraciones técnicas referentes a geotecnia.

El estudio se fundamenta en la investigación del subsuelo y en las propiedades determinadas en el laboratorio.

Se definen las condiciones geotécnicas superficiales que sirven de base para el análisis de cimentaciones someras y de bordos menores, como parte de la infraestructura necesaria para las granjas.

Los estudios de campo se realizan mediante pozos a cielo abierto (PCA) distribuidos estratégicamente. De los pozos se obtienen muestras representativas alteradas de los diferentes estratos detectados, así como material suficiente para ensayos de peso volumétrico seco máximo. Para estimar la permeabilidad del suelo superficial se realiza la prueba de Nasberg (pozos de absorción).

Los ensayos de laboratorio y campo se realizan en puntos cercanos a los PCA donde se llevan a cabo pruebas de permeabilidad utilizando el agua de la misma fuente que abastecerá a la estanquería.



Se llevan a cabo pruebas Proctor con el material de cada uno de los pozos y se obtienen los pesos volumétricos naturales y la humedad óptima.

Las muestras se ensayan para determinar el grupo SUCS al que pertenecen, el contenido de agua, límites de consistencia líquido y plástico, porcentaje de finos, el peso volumétrico seco máximo en la prueba Proctor y la humedad óptima.

En cuanto a estratigrafías y propiedades, la constitución del suelo superficial se define mediante los resultados que se desprenden de la investigación de campo y de las visitas técnicas efectuadas al lugar.

La práctica común en la selección del sitio recomienda que una filtración aceptable es de 1 a 2 cm/día, también se llega a sugerir en forma burda que un buen sitio es aquel que posee un mínimo de 20 a 30% de arcilla. Esto además de saber que los poros intersticiales serán bloqueados por la materia orgánica producida y precipitada al estanque.

Las cimentaciones superficiales se limitan a estructuras ligeras con un peso unitario medio no mayor de 2 ton/m². Se determinan capacidades de carga y se usan concretos con cemento Portland tipo V o cementos puzolánicos, además se impermeabilizan las cimentaciones con productos sintéticos.

Los bordos se construyen con un material propio del lugar, se revisa la estabilidad de los bordos basada en la cohesión y factores de seguridad superiores a 3 que involucran la influencia del oleaje y el peso volumétrico del material.

En cuanto a los caminos de acceso, se consideran los datos para el diseño como el tránsito, las características del terreno de cimentación, las características de las terracerías y capas de transición y subrasante, la superficie de rodamiento. Para su estructuración se propone una capa de 20 cm de espesor preferentemente compactada, sobre una capa subrasante de 15 cm de espesor compactada al 95% Proctor, apoyadas a su vez en una capa de transición de 45 cm de espesor compactada al 90% Proctor. Continúan hacia abajo las terracerías con la altura necesaria para igualar el nivel del bordo requerido.



I.3.2. Comportamiento hidráulico.

El comportamiento hidráulico en un cuerpo de agua aledaño a una granja es crucial para su diseño. Es muy importante conocer el volumen de agua que ingresa a un estero así como la estabilidad de la boca de dicho estero. Lo anterior permitirá establecer si existirá una interacción aceptable entre la obra y el cuerpo de agua.

I.3.2.1. Estudio hidrológico.

El estudio hidrológico comprende la determinación de la precipitación para diferentes periodos de retorno en donde se toman en cuenta los registros de las estaciones pluviométricas más cercanas al sitio analizado o bien, se hace uso de la información ya procesada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. En particular, se revisan las isoyetas correspondientes a las lluvias acumuladas en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

Después, se da cabida a la determinación de la precipitación efectiva, donde a partir de los valores de lluvia y de las características del terreno de la zona, se estima la parte de la lluvia que contribuirá al escurrimiento, es decir, la lluvia efectiva. Para ello se emplea el criterio de Chow, el cual define el valor de lluvia efectiva a través del número de escurrimientos del United States Soil Conservation Service (USSCS).

Por último se determina el área drenada, donde se delimita el área que drena al sistema lagunario en cuestión y se determina su superficie para poder calcular los volúmenes de ingreso al estero para diferentes periodos de retorno.

I.3.2.2. Funcionamiento hidráulico del estero.

Para realizar el análisis del funcionamiento hidráulico del estero en cuestión, se desarrollan modelos analíticos que reproducen la traslación de marea entre el mar y el estero. El modelo toma en cuenta el área del estero, la longitud y características del canal de acceso y características de la marea como niveles y tiempo de presentación.



Además, se hacen las siguientes suposiciones:

- En el tiempo cero el nivel del mar y el nivel del estero son iguales entre sí e iguales a cero metros en relación con el nivel medio del mar (RNMM).
- Los cambios de nivel en el estero se consideran uniformes y simultáneos en toda el área. Esta suposición es válida para un cuerpo de agua de dimensiones reducidas.
- Se considera que el área del estero es constante para cualquier nivel.

Con el fin de generar la marea tipo a utilizarse en la aplicación del modelo, se toman los datos de las tablas de predicción de mareas editadas por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

En cuanto al prisma de marea, este es la cantidad de agua que entra o sale del estero en un ciclo de marea, esto es, entre una pleamar y la bajamar siguiente, lo anterior significa que es la suma del valor absoluto de los volúmenes que se mueven por el canal de acceso, cuyo signo indica la dirección del movimiento.

El prisma se obtiene haciendo correr el modelo en un determinado tiempo con el objetivo de estabilizar los resultados obtenidos para las primeras horas, ya que estos se ven alterados a causa de la consideración de que en el tiempo cero los niveles del mar y el estero son iguales a cero.

Con el objetivo de establecer cuales son las condiciones de funcionamiento de la boca actual del estero en cuestión, se realiza una serie de análisis oceanográficos que comprenden:

- La generación del régimen de oleaje normal a través de datos de vientos.
- El análisis de refracción del oleaje.
- La cuantificación de la capacidad de transporte litoral.
- Evaluación de la estabilidad.

Para la evaluación de la estabilidad se aplica el criterio de Per Bruun el cual supone que la relación del prisma de marea en un ciclo de marea entre el transporte litoral neto anual es el parámetro de comparación para determinar la estabilidad:



$$\begin{array}{ll} \frac{\Omega}{Mn} > 200 & \text{canal estable} \\ 100 < \frac{\Omega}{Mn} < 200 & \text{estabilidad relativa} \\ \frac{\Omega}{Mn} < 200 & \text{paso por barra} \end{array}$$

I.3.3. Calidad del agua.

Se realizan muestreos insitu que consisten en la colecta de cuatro muestras de agua compuestas situadas estratégicamente.

El muestreo consiste en la toma de un volumen determinado de agua de cada una de las estaciones seleccionadas donde se determinan bacterias coliformes y detergentes, así como la obtención de parámetros fisicoquímicos.

Se lleva a cabo la determinación de los parámetros del llamado Cuadro Ambiental (temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto, p.H. y transparencia).

Se determina: turbiedad, olor, conductividad específica, dureza total, calcio, magnesio, sodio, fierro, sulfatos, cloruros, nitratos, fosfatos, sulfitos, sílice, materia orgánica, anhídrido carbónico, nitrógeno de nitritos, cloro, nitrógeno amoniacal y manganeso.

Además, se determinan también: la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, coliformes y totales, sustancias activas al azul de metileno (ABS), color, p.H., temperatura, acidez o alcalinidad, sólidos totales disueltos.



I.4. Conclusiones capitulares.

La información recavada permite establecer que Escuinapa, Sin. presenta una óptima localización geográfica en función de los criterios requeridos para el fomento de la camaronicultura.

Sin embargo, actualmente la región en estudio cuenta con alrededor de 38 granjas, de las cuales al menos 4 han dejado de operar debido a una serie de problemas, entre los cuales resaltan los derivados de un mal diseño.

Las metodologías desarrolladas en el diseño de las granjas camaronícolas no son las mismas para todas las granjas en Escuinapa. Sólo algunas pocas siguen una metodología que atiende todos los aspectos para un funcionamiento aceptable.

Algunas consideraciones técnicas en el diseño comprenden estudios geotécnicos, estudios de comportamiento hidráulico para los cuerpos de agua aledaños a las granjas y estudios de calidad de agua para el cultivo.



II. Análisis específico de las granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.

El objetivo de este capítulo es documentar los procesos constructivos que se llevan a cabo en la construcción de las granjas camaronícolas en Escuinapa, Sin. Se describen brevemente las actividades que se llevan a cabo para la construcción de cada una de las partes que conforman una unidad de producción acuícola.

Además, se describen los resultados que se han obtenido en base a diseños tradicionales desde el inicio de la camaronicultura en Escuinapa. Estos resultados comprenden los enfoques constructivo y productivo.

II.1. Construcción de granjas camaronícolas en el municipio de Escuinapa, Sin.

Una vez que la planeación ha sido completada, comienza la construcción de la granja. Algunas veces, las personas responsables del diseño son las mismas personas que construyen o contratan a constructores que no están especializados en este tipo de obras.

II.1.1. Caminos de acceso.

Primero que nada, el camino de acceso principal y los caminos internos provisionales son construidos debido a los materiales y el equipo que serán requeridos para la construcción del proyecto.

Generalmente estos caminos están en mal estado pues el único trato que se les da es el desmonte, de tal manera que la mayoría de los caminos de acceso a las granjas en Escuinapa consisten en simples terracerías que no cuentan con recubrimiento alguno las cuales presentan problemas de intransitabilidad en temporadas lluviosas.



II.1.2. Edificaciones provisionales.

Dependiendo de la escala del proyecto, el tipo, tamaño y número de los diferentes edificios como almacenes y talleres, varía considerablemente.

Estos edificios son simples y baratos, generalmente hechos de materiales prefabricados. Se los localiza en lugares principales de la obra con el tamaño suficiente para realizar las labores pertinentes.

II.1.3. Planeación del pedido de materiales y equipo.

Generalmente, la planeación del pedido de materiales y equipo no se realiza por lo que comúnmente en estos proyectos, la continuidad de la obra se ve interrumpida por los retrasos en el suministro de material y equipo.

Una carencia general consiste en que no se hace uso de la programación y el control de obra de una manera correcta.

II.1.4. Limpieza del terreno.

Antes de realizar trazos y erección alguna de las estructuras, se procede a la limpieza del terreno mediante el uso de tractores. Todo el material extraído es depositado o incinerado fuera de las áreas destinadas a la estanquería con excepción del material superficial que será empleado para la construcción de la bordería.

II.1.5. Trazos.

Una vez que se ha completado la limpieza del terreno, se procede a trazar la localización de todas las estructuras del proyecto. Generalmente se referencian en puntos localizados al exterior de la obra para evitar pérdidas de dichas referencias.



Uno de los problemas más comunes en este punto son las nivelaciones, pues, como se tratará más adelante, son muy comunes las deficiencias de una buena nivelación entre estanques y canales de salida así como también son comunes las depresiones en los pisos de los estanques.

II.1.6. Movimientos de tierra.

Todos los movimientos de tierra empleados para la construcción de bordos, canales de alimentación y drenaje, así como en la nivelación del fondo de los estanques, son llevados a cabo según planos y supervisión de los topógrafos encargados.

Comúnmente, los factores que más afectan la calidad del movimiento de tierras son:

- Condiciones locales del suelo.
- Condiciones climáticas.
- Construcción (tipo y tamaño del equipo, habilidad del operador).
- Supervisión en la construcción.

II.1.6.1. Construcción de bordos.

La construcción de bordos se realiza por medio de préstamos laterales de tierra mediante tractores. Estos tractores mueven la tierra hacia el eje de la bordería partiendo de no más 20 m atrás de la línea de donde comienza el talud (figura 3). Una mayor distancia sería contraproducente en términos de costos constructivos.

Los taludes de la bordería generalmente son 3:1 y además de estar conformados por el material del terreno, algunas veces se extrae de un banco de material el denominado “balastre” que consiste en rocas y material arcillo-arenoso.

El procedimiento es simple y consiste en el depósito del material por medio de tractores, como se ha mencionado, para que después una motoconformadora lo tienda y por último un vibrocompactador de rodillo liso pasa no más de 4 veces sobre capas de 30 cm hasta llegar a la altura deseada.

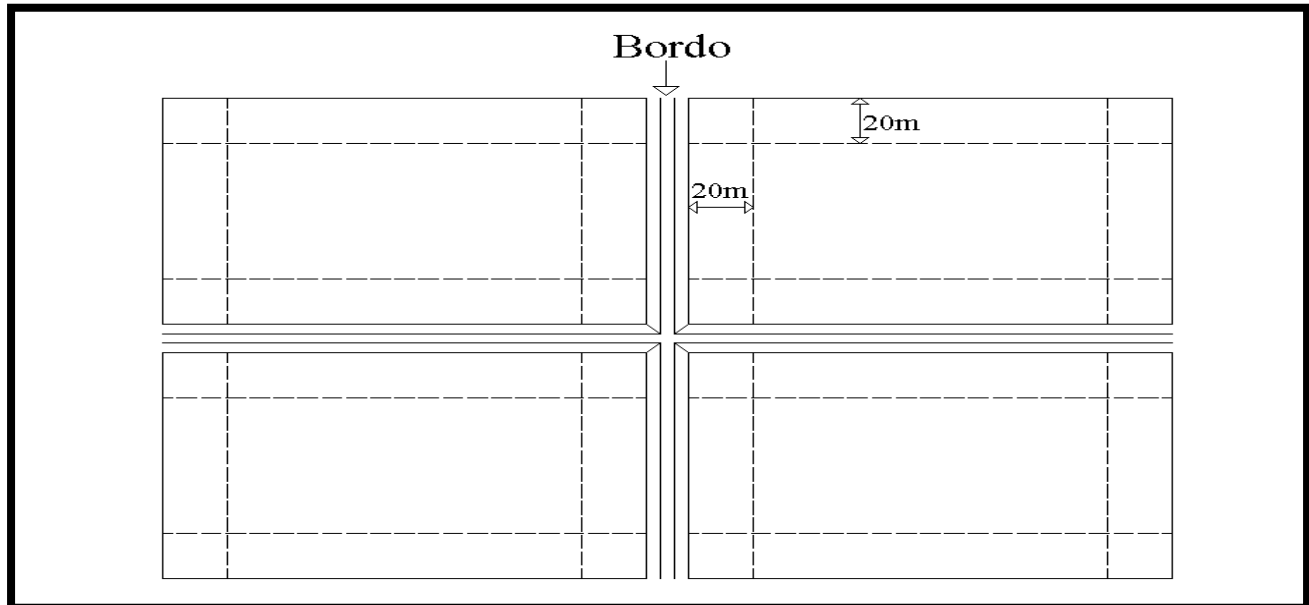


Figura 3. Movimiento de tierra para conformación de la bordería.

Cabe destacar que esta altura incluye el denominado “bordo libre” el cual se obtiene de manera correcta mediante procedimientos analíticos pero se acostumbra a utilizarse de 30 a 50 cm.

Por último, se coloca un revestimiento de gravilla en la corona del talud con una capa de 5 a 10 cm. Se asegura que se lleva a cabo el control de compactación durante el proceso, el cual se toma al 90% Proctor.

II.1.6.2. Nivelación de estanques.

La nivelación de estanques requiere de tractores y motoconformadoras. Únicamente los tractores nivelan a nivel intermedio para que las motoconformadoras lo hagan con más precisión. Se acostumbran pendientes de 1 a 2% dependiendo de la geometría de los estanques.

En algunos casos, donde el terreno de los estanques es muy arenoso, se utilizan recubrimientos plásticos o “Liners” para mantener impermeabilidad, tanto en el fondo de los estanques como en los taludes.



II.1.6.3. Construcción de canales de llamada, reservorios y canales de alimentación y descarga.

La construcción de las vías hidráulicas es muy simple, pues solamente se excava según las dimensiones de diseño. En los canales de llamada se acostumbra a utilizar dragas, y en los demás canales se utilizan excavadoras, cuyo tamaño depende de la magnitud a excavar.

Las pendientes varían según el proyecto y la nivelación es la base fundamental para el buen funcionamiento por medio de la gravedad así como también el estudio de mareas.

En algunos casos, como en las granjas localizadas a la orilla del mar, únicamente los canales de alimentación se revisten de concreto debido al terreno arenoso, de tal manera que se evitan filtraciones y se obtiene un mejor flujo hidráulico.

II.1.7. Estructuras y edificaciones.

La construcción de estructuras de entrada y salida de agua se realiza después de que la bordería adyacente a éstas esta terminada. Según la ubicación de proyecto de estas estructuras, se corta el bordo mediante el uso de retroexcavadoras de tal manera que quede un margen de por lo menos 1 m a cada lado de la estructura para trabajar cómodamente (figura 4).

Una vez hecho el corte, se procede al afine del piso dando además la pendiente necesaria. Después, se coloca una plantilla de concreto pobre para poder empezar a colocar el acero estructural.

Una vez listo el acero estructural y el cimbrado, se procede a colar el concreto. Se utilizan concretos puzolánicos para estas estructuras debido al medio de desplante. Cabe destacar que en la mayoría de los proyectos realizados, el control de calidad del concreto es casi nulo.

Cuando la estructura está lista, se procede a rellenar los cortes realizados en los taludes, así como en la parte superior de la estructura. Se rellena con el mismo material y se compacta en capas de 20 cm, la mayoría de las veces con pisones de mano.

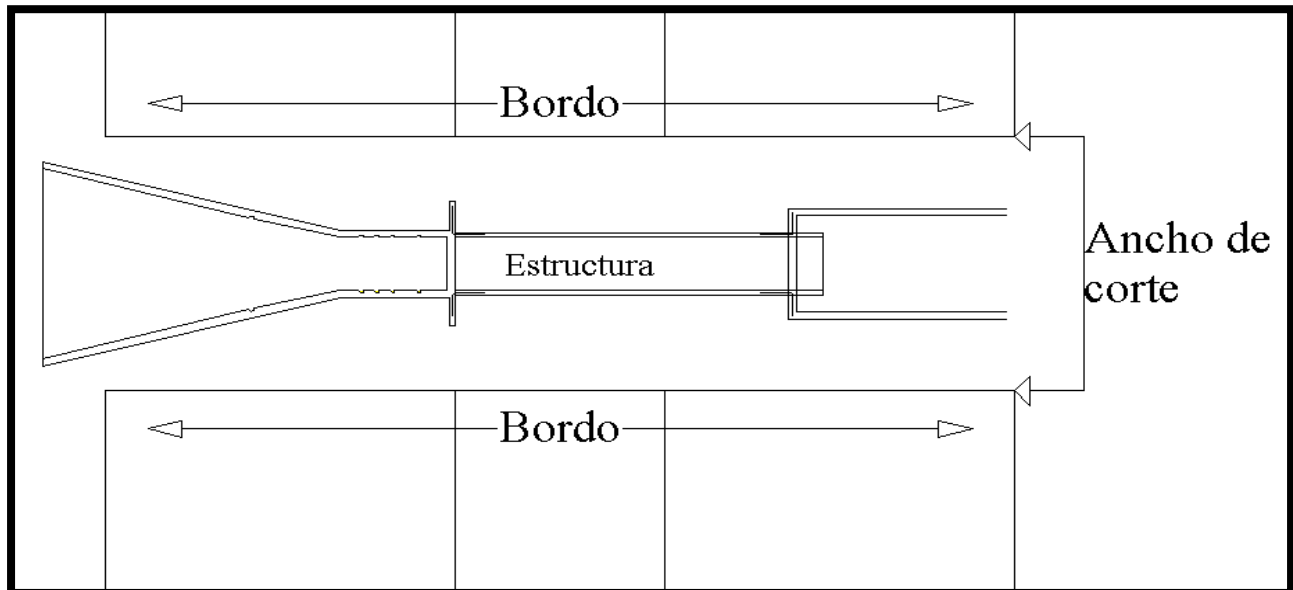


Figura 4. Corte en el bordo necesario para la construcción de la estructura.

Se afirma llevar un control en la construcción en estos rellenos, pero como se mostrará adelante, es evidente que existen deficiencias en el proceso constructivo. Las estaciones y cárcamos de bombeo se realizan de una manera similar a la anterior, con la diferencia de requerir excavaciones más profundas. Las excavaciones se realizan con taludes generalmente muy tendidos (su geometría depende de la zona de construcción), para asegurar la estabilidad de éstos mientras se lleva a cabo la construcción de las estructuras necesarias. En la mayoría de los casos se trabaja bajo el nivel freático y ha habido obras donde se han utilizado medios como “well points” para abatir el nivel freático.

En cuanto a las edificaciones para el personal de la granja como oficinas, laboratorios, habitaciones, almacenes, etc., su construcción y los materiales utilizados son iguales a los de cualquier vivienda.

II.2. Resultados obtenidos en base a diseños tradicionales.

Los resultados obtenidos reflejan el desempeño de la obra civil y las producciones de las granjas. De esta manera se pueden identificar los puntos débiles que afectan dicho desempeño.

Una vez identificados, es posible estudiarlos y establecer las recomendaciones que se verán en un capítulo posterior.



II.2.1. Resultados obtenidos desde un enfoque constructivo.

La mayoría de las granjas, no solo del sur de Sinaloa si no en todo el estado, presentan graves problemas en sus infraestructuras interior y exterior así como también en sus caminos de acceso. En la figura 5 se enlistan los principales problemas que se presentan a lo largo de la vida útil en las granjas camaronícolas.

Además, una de las razones por las cuales los precios del producto resultan altos y no competitivos en materia de exportación es debido a los altos costos de producción. Estos costos estan ligados a problemas que resultan de planeación y diseños deficientes, así como también de la baja tecnificación y automatización en los procesos productivos (figura 6).

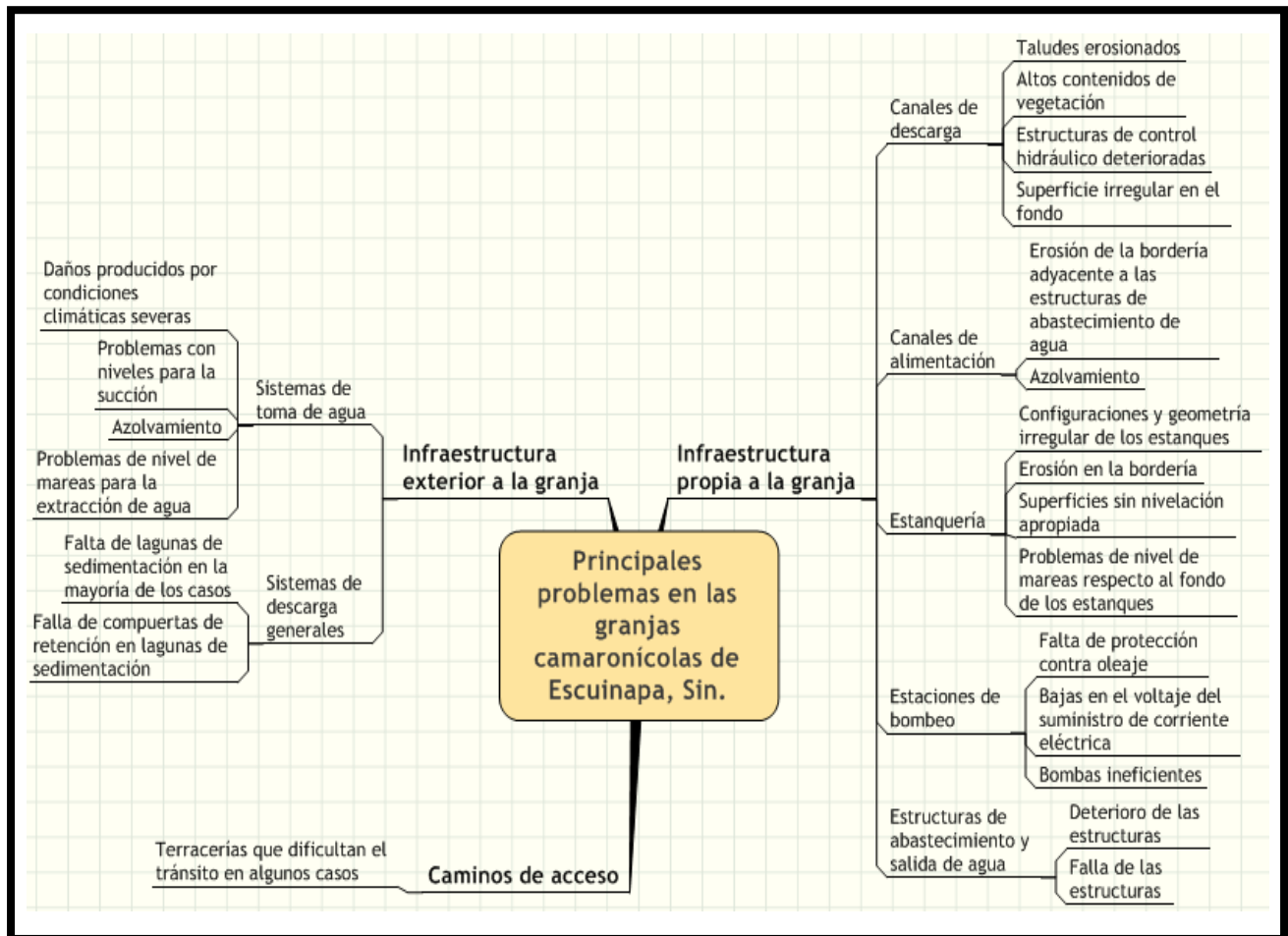


Figura 5. Principales problemas en las granjas.

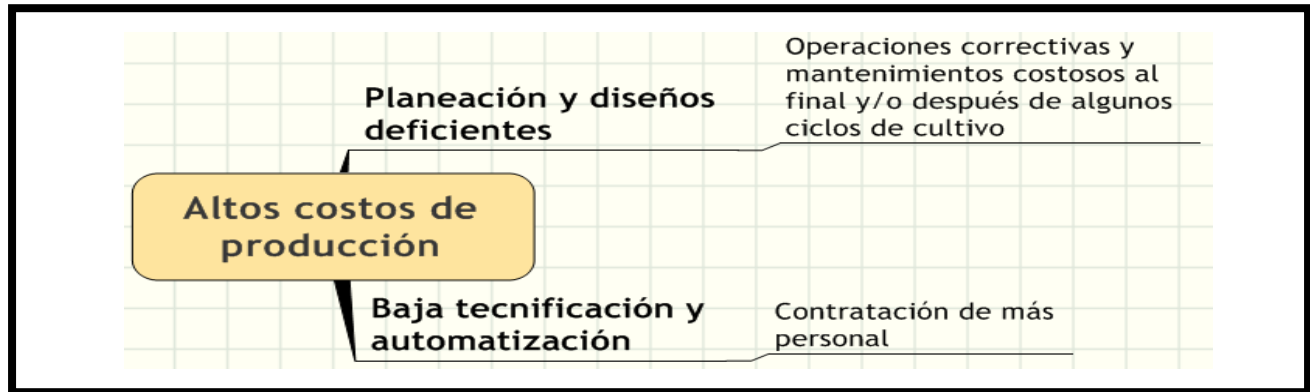


Figura 6. Razones por las cuales los costos productivos resultan altos.

II.2.1.1. Infraestructura exterior a la granja.

La infraestructura exterior a la granja es probablemente la razón más fuerte de los problemas sociales y ecológicos que presenta la camaronicultura.

II.2.1.1.1. Sistemas de toma de agua.

Los problemas sociales más comunes son el resultado de la nula planeación en cuanto a la ubicación y configuración de la mayoría de las granjas respecto de otras. Esto debido a que los canales de llamada, los cuales comunican a la fuente de agua con la granja, muchas veces se ven entorpecidos por la ubicación de otras granjas.

Otros problemas consisten en el continuo azolvamiento de los canales de llamada así como también los daños que se producen en temporadas donde el clima fuerte propicia daños a las tomas de agua de las granjas que se encuentran cerca del mar, las cuales consisten en tuberías de succión.

Otra deficiencia presentada en la mayoría de las granjas, en cuanto a sus canales de llamada, consiste en que siempre se depende de las mareas para la extracción de agua producto de una mala o nula planeación en el estudio de mareas.



II.2.1.1.2. Sistemas de descarga generales.

Las descargas generales de algunas granjas se encuentran ubicadas en cuerpos de agua, de donde otras granjas extraen agua para la alimentación de sus estanques, lo cual representa un gravísimo problema sanitario para el ejemplo de la última granja.

En cuanto a los problemas ecológicos, estos resultan de la contaminación a los cuerpos de agua producto de las descargas de las granjas, razón por la cual la acuicultura ha tenido y tendrá enemigos afines a grupos ecológicos.

Hasta la fecha, la mayoría de las granjas no presentan en su infraestructura lagunas de oxidación o de sedimentación alguna y en el caso de contar con ellas, sus diseños no son los adecuados pues deben de ser acordes a las características de cada granja, tales como volúmenes totales de descarga en cosechas o volúmenes de recambios diarios, entre otras. Además, se han tenido casos en los cuales las compuertas de control para la salida de agua en las lagunas de sedimentación han fallado.

II.2.1.2. Infraestructura propia a la granja.

La infraestructura propia a la granja es la que presenta más problemas del tipo constructivo, lo cual afecta el desempeño de cualquier granja. De igual manera, es la que genera más gastos en mantenimientos y reparaciones.

II.2.1.2.1. Canales de descarga.

Los canales de descarga presentan problemas como la erosión de sus taludes los cuales tienen que recibir mantenimiento periódico pues de lo contrario los problemas van desde presentar malos flujos hidráulicos hasta la destrucción total de cierta parte de la bordería.

Dichos mantenimientos, evitables mediante medidas geotécnicas adecuadas, son causa de la elevación de los costos de producción como se mencionó anteriormente.



Otros problemas que impiden un buen flujo del agua en los canales de descarga consisten en las superficies irregulares del fondo y la abundante vegetación tanto en taludes como en el fondo. Cabe destacar que una vegetación adecuada en los taludes previene la erosión de estos, pero hay casos en los que existen arbustos los cuales podrían ser arrancados y arrastrados propiciando la obstrucción en las compuertas de control que algunas granjas tienen en sus canales de descarga.

II.2.1.2.2. Canales de alimentación.

Los canales de alimentación, que en la gran mayoría de las granjas se conocen como reservorios por contar con características propicias para conservar reservas de agua, presentan problemas de erosión más que nada en la bordería adyacente a las estructuras de entrada de agua a los estanques lo cual representa un problema serio debido a las posibles filtraciones y consecuentes fallas de las estructuras debido a la presión del agua desalojada.

Estos reservorios comúnmente están mal diseñados ya que presentan malas nivelaciones respecto de los estanques pues el nivel del fondo del reservorio debe ser un tanto mayor que el de los estanques.

Además, estas estructuras también presentan problemas de azolvamiento lo que genera gastos en mantenimiento.

II.2.1.2.3. Estanquería.

La configuración y geometría de los estanques es de suma importancia para la operación de las granjas. Es por esto que algunas granjas presentan problemas en los recambios de agua y en la cosecha, debido a que se obliga que las estructuras de salida de agua estén mal ubicadas para estos propósitos. Problemas como la dificultad en el tránsito por la bordería para alimentación de los organismos y el monitoreo de las propiedades del agua son comunes en casos donde la configuración y geometría es muy irregular.

La erosión de la bordería es muy común debido a su mala construcción, lo cual acarrea problemas, como la dificultad para transitar sobre esta y los costosos mantenimientos.



La mala nivelación del fondo de los estanques en la mayor parte de las granjas no permite el desalojo total del agua en las cosechas, pues quedan lagunas que se tienen que secar manualmente. Aunado a esto, en dichas lagunas queda parte de la producción de organismos los cuales tienen que ser extraídos manualmente mediante redes, lo cual, una vez más, provoca la elevación de costos de producción.

Otro grave problema consiste en la mala planeación de los niveles de las mareas, pues ha habido casos en los que no se puede proceder a la cosecha, debido a que el nivel de mareas está más alto que el de los estanques ya que la cosecha se realiza por medio de la descarga total del agua y se colecta el producto en las estructuras de salida.

II.2.1.2.4. Estaciones de bombeo.

La mayoría de las granjas poseen cárcamos de bombeo que presentan problemas como falta de protección contra el oleaje, en el caso de las granjas que están relativamente cerca de la fuente de agua y las deficiencias en el suministro de energía eléctrica.

Otro problema consiste en el equipamiento de bombeo de poca eficiencia ya que muchas granjas cuentan con equipo de combustión interna y con tuberías con un ángulo de succión muy ineficiente. En algunos casos se tiende a succionar, además de agua, lodos y demás materia que obstruyen las estaciones de filtrado las cuales se tienen que limpiar frecuentemente.

II.2.1.2.5. Estructuras de abastecimiento y salida de agua.

En todas las granjas estas estructuras presentan desde deterioros moderados hasta deterioros muy severos debido a que están construidas de concreto armado y al medio en que se encuentran.

Al parecer no se aplican los materiales necesarios para su construcción, a pesar de que los encargados o dueños de las granjas aseguran el uso de cementantes puzolánicos así como tampoco se llevan a cabo adecuados controles de calidad.



Estas estructuras, para su seguridad, dependen mucho de una buena calidad de obra en los aproches en la bordería contigua a estas debido a que se han presentado casos en los cuales se filtra agua por los aproches hasta erosionarlos totalmente y como consecuencia, la presión del agua saliente ha removido a estas estructuras de su desplante.

II.2.1.3. Caminos de acceso.

Los caminos de acceso son parte de las instalaciones que comúnmente se desatienden pues la mayoría se encuentra en mal estado a excepción de aquellas granjas que corrieron con la suerte de que su ubicación estuviera contigua a alguna carretera estatal.

Debido a que simplemente consisten en terracerías sin recubrimiento alguno, los caminos de acceso se encuentran intransitables en temporadas lluviosas en la mayor parte de las granjas.

II.2.2. Resultados obtenidos desde un enfoque productivo.

Actualmente, el municipio de Escuinapa, Sin. se encuentra entre los primeros 10 municipios más productivos en la camaronicultura del Estado de Sinaloa, con un estimado de más de 1,600 ton para el año 2006 (tabla 1).

Las producciones de cada granja, reportadas ante las oficinas de SAGARPA en Escuinapa, se pueden apreciar en la tabla 4.

En cuanto a producciones nacionales, Sinaloa se encuentra entre los primeros estados más productivos, cuya producción para el año 2006 fue de más de 44,000 ton (tabla 2), gracias a su potencial en la camaronicultura.



Producción en Sinaloa para el año 2006	
Junta Local de Sanidad Acuícola	Toneladas
Ahome	11,743
Guasave Norte	4,904.6
Guasave Sur	2,271.8
Angostura	3,383.7
Navolato Norte	1,939.7
Navolato Sur	2,553.7
El Dorado	2,319.7
Cospita	1,345.3
Elota	424.8
Mazatlán-San Ignacio	908.7
Rosario	817.2
Escuinapa	1,626.7
Total	34,238.9

Tabla 1. Producciones reportadas a la Junta de Sanidad Acuícola de cada entidad.

Producciones nacionales para el año 2006	
Estado	Toneladas
Sonora	61,422
Sinaloa	44,637
Tamaulipas	20,809
Nayarit	11,957
Campeche	7,778
Otros	12,054

Tabla 2. Producciones para los principales estados en el cultivo camaronícola.

En comparativa con los principales países productores, hasta el año 2005, México ocupó el quinto lugar. En la tabla 3 se observa el comportamiento productivo de dichos países.

México ha ido aumentando sus producciones cada año, sin embargo, es evidente que en contraste con otros países se ha ido quedando rezagado.

Las causas pueden ser numerosas, pero las probabilidades de que algunas de estas causas sean las deficiencias en el diseño y en el proceso constructivo, son altas.



Producciones para los principales países camaronicultores								
País	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
China	-	-	-	100,000	200,000	605,259	735,055	808,433
Tailandia	1,307	974	656	638	60,529	132,627	251,924	299,200
Indonesia	20,698	19,348	20,106	19,703	22,049	23,391	73,371	117,769
Viet Nam	-	-	-	-	10,000	31,717	40,000	100,000
México	23,749	29,120	33,480	48,014	45,853	45,857	62,361	72,279
Brasil	7,254	16,054	25,388	40,000	60,000	90,190	75,904	63,134
Ecuador	144,000	119,700	50,110	45,269	46,735	55,500	56,300	56,300
Colombia	7,466	9,227	11,390	12,000	14,000	16,503	18,040	18,040
Venezuela	5,200	6,000	8,500	10,512	12,000	14,259	16,500	16,500
Taiwan	382	1,246	3,165	6,588	8,171	11,612	11,450	14,234

Tabla 3. Producciones internacionales.

II.3. Conclusiones capitulares.

Las entrevistas realizadas a personas afines a la camaronicultura y las visitas realizadas, permitieron constatar que la mayoría de los componentes de las granjas presentan deficiencias que merman el desempeño de éstas.

Como carencia general, se tiene la no aplicación de la programación y el control de obra de una manera correcta.

En general, la supervisión en la construcción es casi nula, por lo que, en la mayoría de los casos se obtienen resultados deficientes. Estos resultados deficientes, además de la baja tecnificación y automatización en los procesos productivos, llevan a costos de producción altos, lo cual representa una de las razones por las cuales los precios del producto resultan altos y no competitivos en materia de exportación.

El municipio de Escuinapa, Sin. se encuentra entre los primeros 10 municipios más productivos del Estado de Sinaloa. A gran escala, México ha ido aumentando sus producciones cada año. Sin embargo, el país se ha ido quedando rezagado en contraste con otros países. Una de las razones puede consistir en las deficiencias en el diseño y en los procesos constructivos en las granjas.



III. Diagnóstico y propuestas.

El diagnóstico a las granjas más representativas de Escuinapa, Sin., en términos productivos, pretende determinar las principales causas que permiten un desempeño no deseable en los procesos productivos de dichas granjas. Para llegar a este objetivo, se analizan por separado cada una de las partes que conforman a una granja.

La información obtenida es producto de visitas a las mencionadas granjas y mediante entrevistas a los propietarios y encargados de la operación de las mismas.

Por otro lado, las propuestas se basan en información bibliográfica pertinente a las soluciones particulares de cada problema. En adición, algunas de las propuestas son el resultado de recomendaciones de expertos en la construcción y operación de granjas camaronícolas.

III.1. Principales causas al problema de un mal diseño de granjas camaronícolas en el municipio de Escuinapa, Sin.

En el siguiente diagnóstico se tomó una muestra de tres granjas camaronícolas para efectos de delimitación de área de estudio.

Se tomaron en cuenta las producciones de los últimos tres años (tabla 4) para las 20 granjas que reportaron dichas producciones ante las oficinas de SAGARPA en el municipio de Escuinapa, Sin. y se procedió a analizar a las tres granjas más productivas, siendo estas:

- S.C.P.A. Aquastrat S.A. de C.V.
- S.C.P.A. Cultivadores del Sur de Sinaloa S.C.L.
- S.C.P.A. Marea Alta Comercial S.A. de C.V.



Unidad de Producción Acuícola	Producciones por año en kilogramos		
	2004	2005	2006
S.C.P.A. Acuicultura Dos Mil S.A. de C.V.	76,290	-	-
S.C.P.A. Acuícola El Coral S.C. de R.L.	12,989	14,318	8434.5
S.C.P.A. Aqualarva S.A. de C.V.	40,973	-	-
S.C.P.A. Aquastrat S.A de C.V.	256,735.5	405,312	371,545.5
S.C.P.A. Cultivadores de las Marismas S.C.L.	8,675	4,489	17,700
S.C.P.A. Cultivadores del Sur de Sinaloa S.C.L.	151,224	412,175.9	383,840.82
S.C.P.A. Ejidal Forjadores del Progreso S.C.L.	38,167	26,018	7,466
S.C.P.A. Ejidal Regino Gutiérrez Rosales S.C.L.	4,094	-	-
S.C.P.A. Ejidal Rincón de Potrerillos S.C.L.	40,254	-	42,888.5
S.C.P.A. Granja Marina Cristo Rey	-	55,114.93	77,518.7
S.C.P.A. Granjas Camaroneras de Escuinapa	36,000	5,033	-
S.C.P.A. Industrial Pioneros del Futuro S.C.L.	15,723	27,600	17,320
S.C.P.A. Juan Manuel González Cárdenas S.C. de R.L.	9,166	-	-
S.C.P.A. La Ventana S.C. de R.L.	-	-	7,000
S.C.P.A. Los Pérez de la Isla S.C. de R.L.	-	12,382	6,323
S.C.P.A. Marea Alta Comercial S.A. de C.V.	116,123.44	179,868.76	234,791
S.C.P.A. Nueva Tecnología del Pacífico	-	52,176	-
S.C.P.A. Pescadores de Tecualilla S.C.L.	6,413	-	-
S.C.P.A. Productores de El Trébol S.R.L.	-	5,000	4,700
S.C.P.A. Viveros de Camarón de Agua Dulce	33,000	53,000	15,000

Tabla 4. Producciones para las 20 granjas camaronícolas en Escuinapa, Sin.

Así pues, la probabilidad de que las otras diecisiete granjas presentaran los mismos problemas además de otros y en mayor grado, es muy alta. A continuación se presenta el estudio de cada una de estas tres granjas.

III.1.1. Granja “S.C.P.A. Aquastrat S.A. de C.V.”.

La granja “Aquastrat” opera con un sistema de producción intensivo. Actualmente, es la más productiva de la región en estudio, con una producción anual que en los últimos 3 años promedia poco más de 344,500 kg.



III.1.1.1. Datos generales.

La granja está localizada al sur de la ciudad de Escuinapa, Sin., entre los paralelos 22°40'19" y 22°39'46" latitud norte y entre los meridianos 105°49'53" y 105°49'4" longitud oeste, a una distancia de 23 km en el recorrido de la ruta (figura 7).

La totalidad de la granja cuenta con una superficie de aproximadamente 98 ha, en las cuales se encuentran distribuidos 22 estanques para la producción del camarón, entre otras instalaciones (figura 8).



Figura 7. Localización de la granja "Aquastrat".

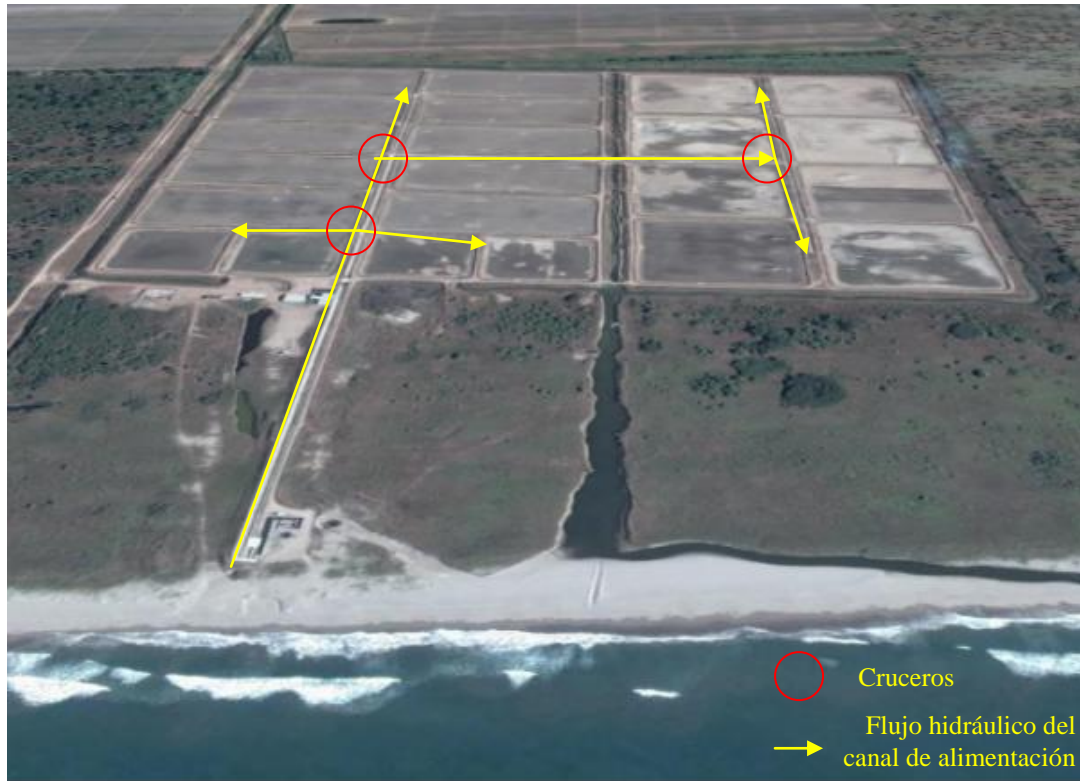


Figura 8. Vista aérea de la granja “Aquastrat”.

III.1.1.2. Instalaciones.

A continuación, se analizan por separado las infraestructuras exterior y propia a la granja.

III.1.1.2.1. Infraestructura exterior a la granja.

- **Sistema de toma de agua.** Esta unidad de producción acuícola no cuenta con lo que tradicionalmente se conoce como canal de llamada, si no que, por su cercanía a la fuente y diseño particular se cuenta con una tubería de succión con un diámetro de 36”. Dicha tubería cuenta con una longitud de 260 m, que va desde la estación de bombeo hasta el mar (figura 9).

Al final de la tubería se encuentra el denominado “manifold de succión” (figura 10). La tubería se encuentra enterrada y de cierta manera estabilizada con unas anclas que se fijan en el fondo del mar y en anillos de concreto o “muertos” los cuales se colocan en la tubería (figura 11).

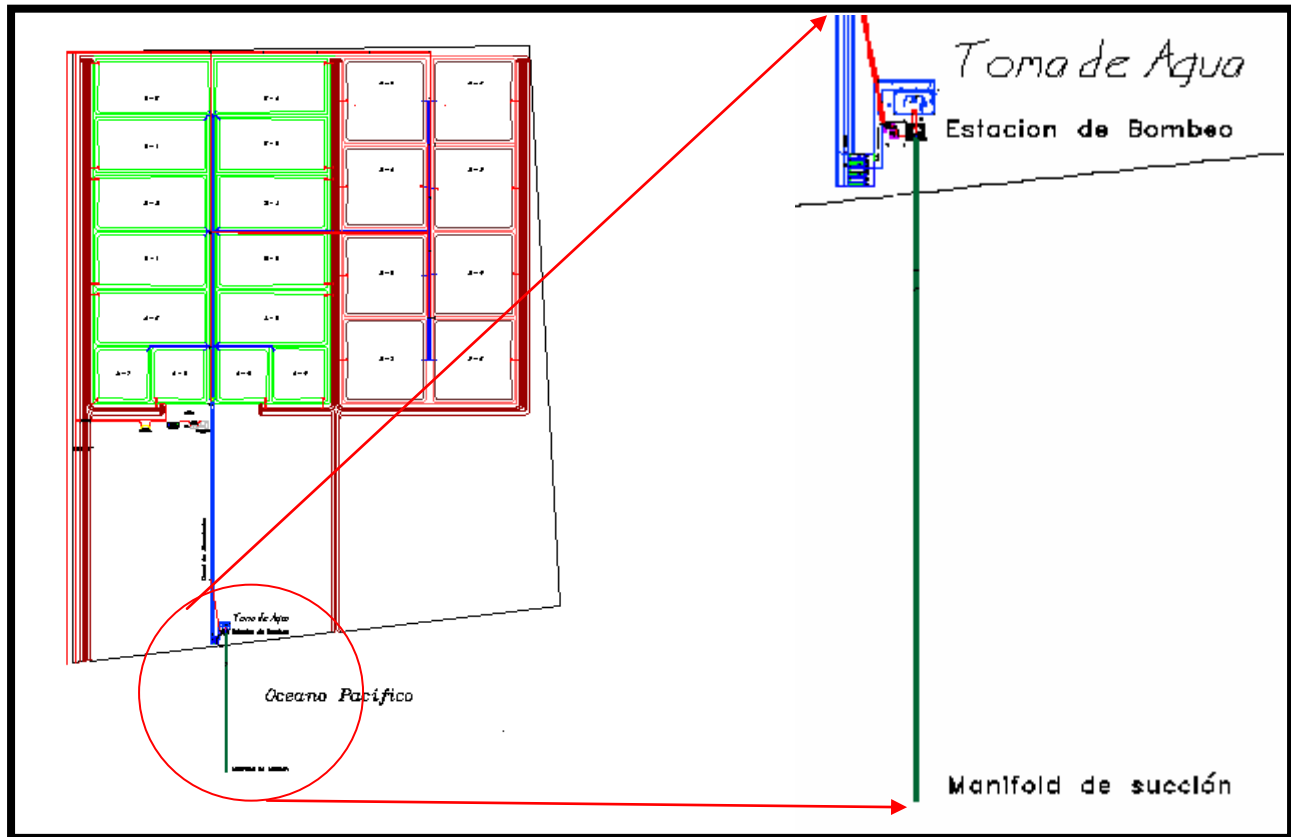


Figura 9. Detalle de la tubería de succión.

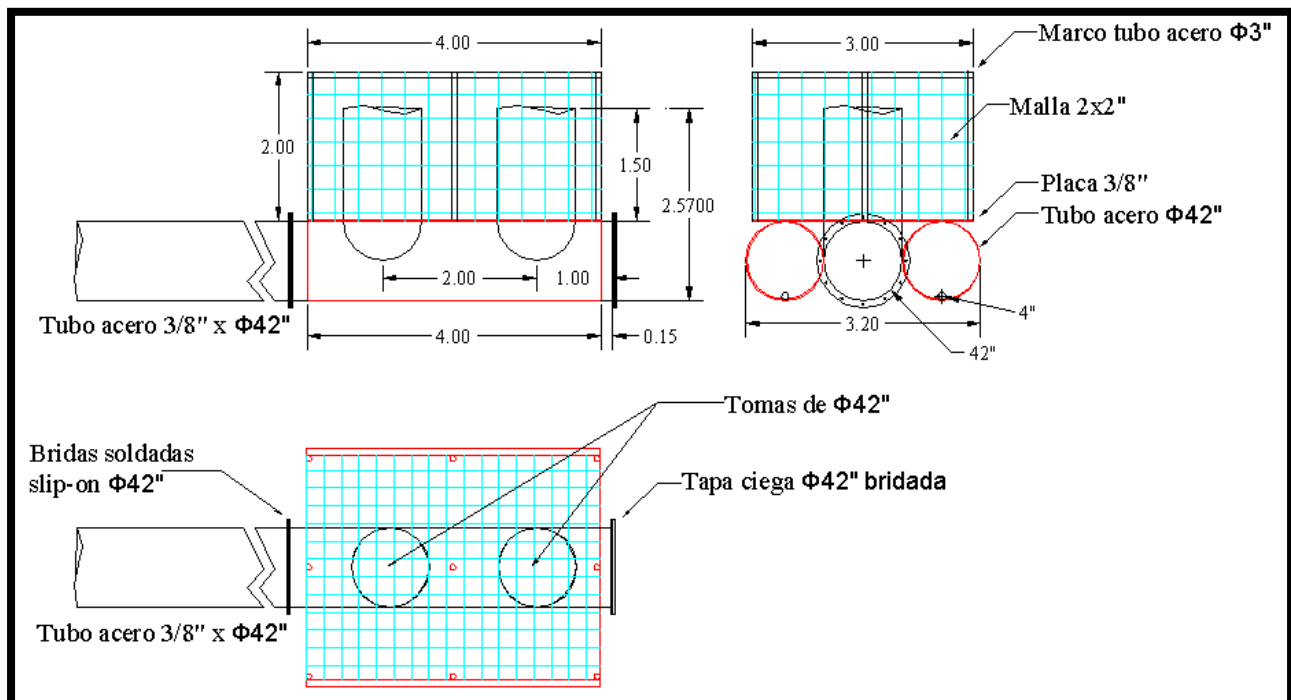


Figura 10. Detalle del "manifold de succión".



Figura 11. Instalación de la tubería de succión.

Debido al diseño y previo estudio de las mareas, la granja prácticamente no presenta problemas en cuanto a la succión de agua en cualquier momento en que se requiera. Sin embargo, el principal problema que presenta este sistema consiste en la interacción del viento y el mar en condiciones climáticas severas con la tubería (figura 12), pues esta se sale de lugar y presenta daños después de huracanes o ciclones dejando a la granja sin abastecimiento de agua. Las reparaciones, que incluyen costos de materiales y mano de obra, son del orden de alrededor de \$500,000.00 después de presentarse dichas condiciones climáticas. Cabe destacar que anteriormente se utilizaba tubería de acero, ahora se utiliza PVC, pues los costos de mantenimiento e instalación se ven reducidos.

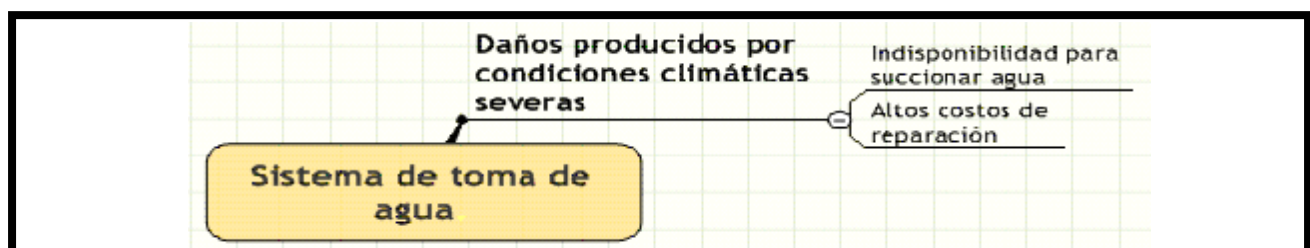


Figura 12. Principales problemas en el sistema de toma de agua.



- **Sistemas de descarga generales.** Se cuenta con dos vías de descarga hacia el mar. Los canales de descarga que rodean a la granja depositan el agua en los dos canales de descarga externos (figura 13). La granja no cuenta con lagunas de sedimentación, pero las características de las descargas generales como la pendiente muy suave, permiten que el agua evacuada dure un tiempo suficiente como para que una parte de los sólidos, producto del cultivo, se sedimenten.

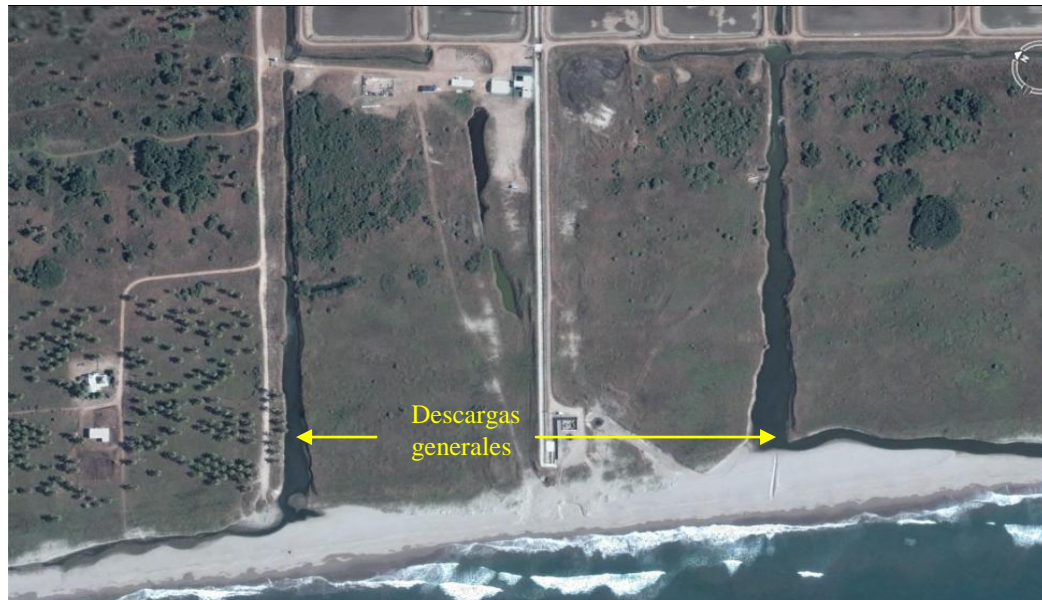


Figura 13. Vista aérea de las descargas generales.

Tanto los canales de descarga internos como externos, se desazolvan cada 4 años para un mejor funcionamiento. Lo anterior representa gastos por mantenimiento que van de \$11,000 a \$15,000 después de terminar cada ciclo de cultivo, es decir, anualmente. El único problema, que no se ve reflejado en las producciones, pero si en el medio ambiente, es la falta de lagunas de sedimentación (figura 14).

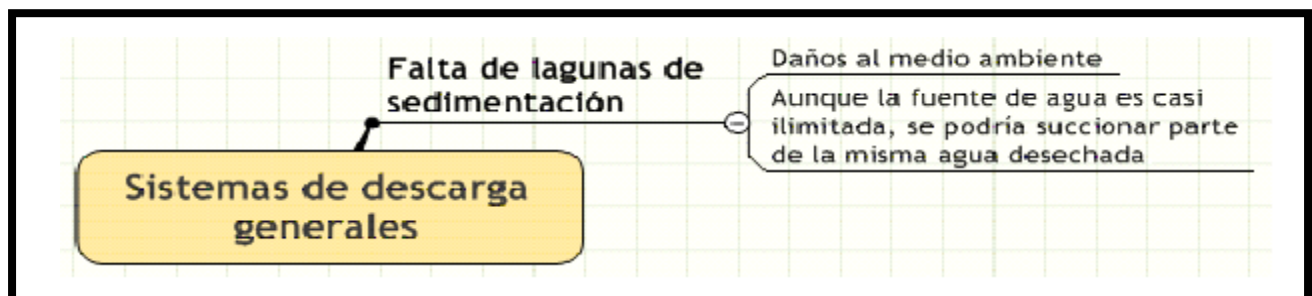


Figura 14. Principales problemas en los sistemas de descarga generales.

III.1.1.2.2. Infraestructura propia de la granja.

- **Canales de descarga.** Los canales de descarga cubren un total de 3,100 m y se encuentran en la periferia y al centro de la granja (figura 15). Éstos depositan el agua de los estanques producto del recambio o de la cosecha en las dos descargas generales que van hacia el mar.

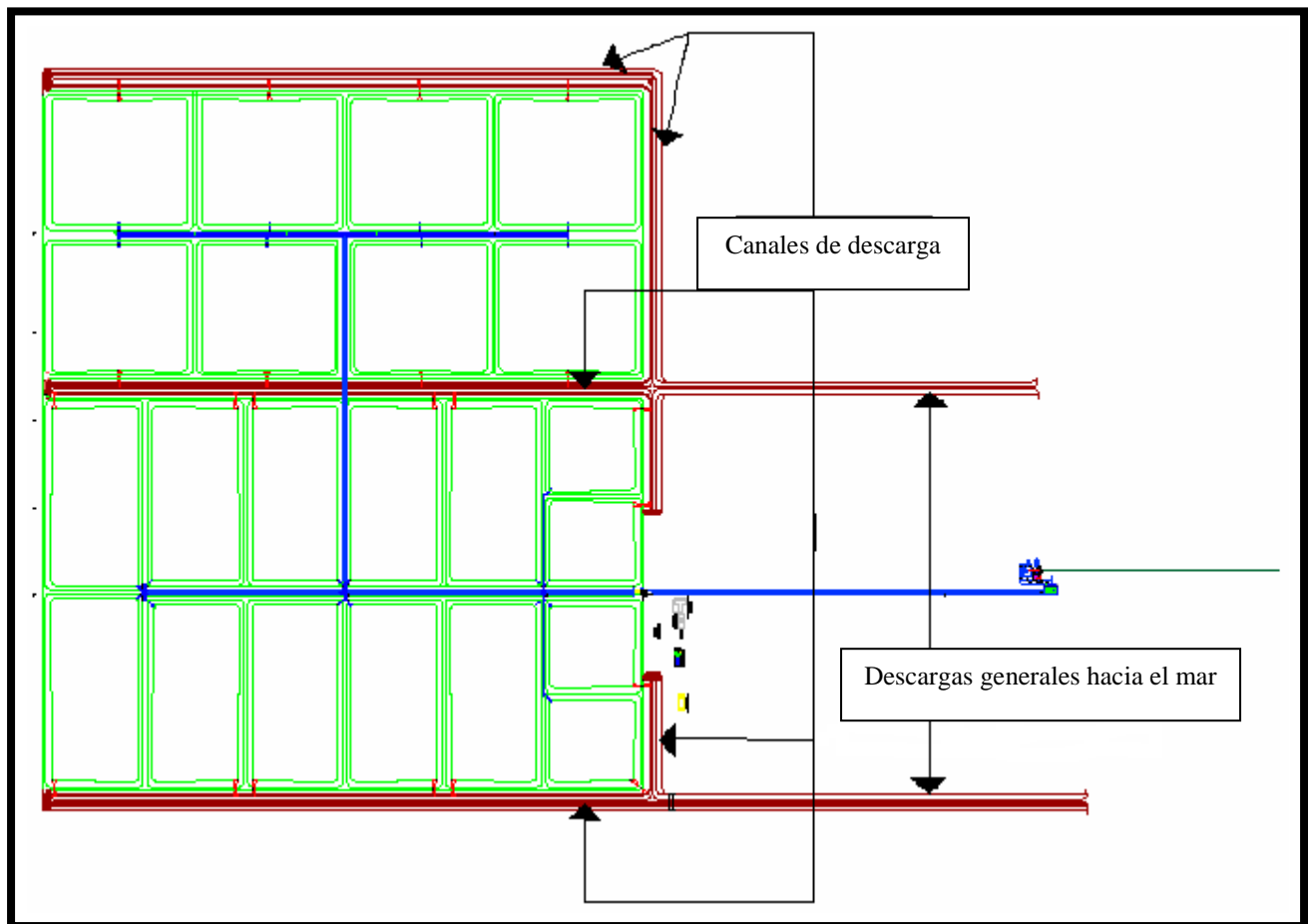


Figura 15. Localización de los canales de descarga.

Se afirma no tener problemas en estas estructuras. Al igual que en el siguiente caso, pero en menor grado, los taludes se encuentran un poco erosionados, la vegetación es escasa pero solo se encuentra en los taludes. La anchura de los taludes permite el tránsito seguro de vehículos sin importar la erosión de éstos ya que no es muy severa. Se observan pequeños montículos de arena y partes muy irregulares con curvas lo cual impide un buen flujo hidráulico (figura 16).



Se llevan a cabo operaciones de mantenimiento como la conformación de taludes y desazolve de los canales cada 4 años. El costo para el mantenimiento de los taludes es de poco más de \$400,000 por cada ciclo de 4 años, como se ha mencionado.



Figura 16. Vistas en diferentes puntos de los canales de descarga.

Así pues, los canales de descarga solo presentan el inconveniente de desazolve cada cierto periodo y otros problemas menores (figura 17).

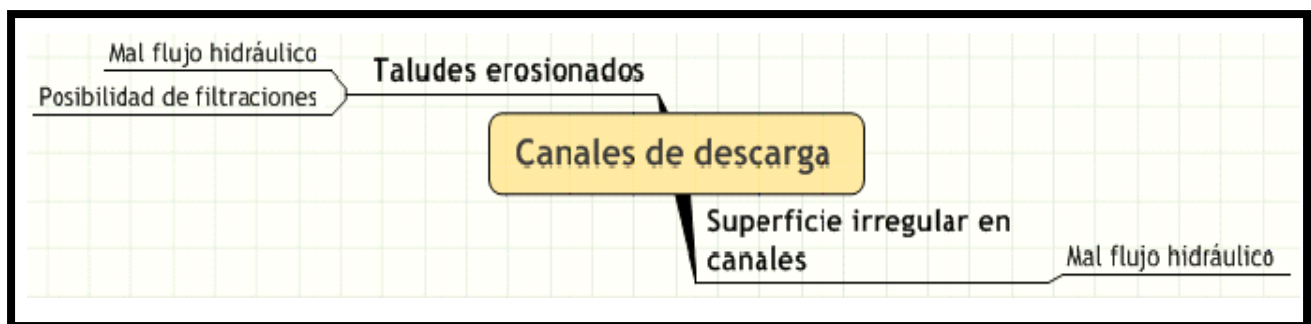


Figura 17. Principales problemas en canales de descarga.

- **Canal de alimentación y estructuras complementarias para la conducción del agua a los estanques.** Debido a las características y diseño de este canal, simplemente es un canal de alimentación, cuyo flujo hidráulico se puede apreciar en la figura 8.



En el siguiente caso, dicho canal también hace las veces de reservorio, esto es, además de canal de alimentación es un canal para almacenar agua en caso de la imposibilidad de extracción por tenerse una fuente de abastecimiento sumamente diferente como lo es un estero.

Al bombear el agua y antes de depositarla en el canal de alimentación, se lleva a cabo un proceso de filtrado. Primero, el agua llega a la denominada caja de sedimentación (figura 18), donde se depositan los sólidos que se hayan succionado además del agua. Después, el agua es conducida a la estación de filtrado (figura 19) donde se emplean mallas denominadas “calcetines”, para que finalmente el agua se deposite en el canal de alimentación.



Figura 18. Vistas de la caja de sedimentación.



Figura 19. Vistas de la estación de filtrado.



Este canal de alimentación recorre 2,103 m en total y se encuentra revestido de concreto para evitar filtraciones, pues el lugar de desplante es predominantemente de composición arenosa (figura 20). En los cruceros que distribuyen el agua, cuya ubicación se puede apreciar en la figura 8, se encuentran unas simples y pequeñas compuertas de madera para controlar el flujo (figura 21).



Figura 20. Vista del tramo principal del canal de alimentación.



Figura 21. Vistas de los cruceros distribuidores del agua.



En cuanto a las estructuras de alimentación para los estanques, estas tienen un diseño y ubicación particular.

Su altura respecto del suelo del estanque (figura 22), permite una caída del agua que propicia la aireación, misma que consiste en la inclusión de oxígeno al agua, en este caso, gracias al chorro por caída libre de agua.

Una ventaja de este sistema es la de no necesitar una estructura muy grande y mucho menos compuerta alguna para impedir que el agua se regrese.



Figura 22. Vista de la estructura de alimentación para los estanques.

La ubicación de la mayoría de estas estructuras se encuentra en las esquinas de los estanques (figura 23), opuestas a las estructuras de salida de agua, mismas que se mencionarán más adelante.



La particularidad recae en que, a diferencia del siguiente caso y muchos otros, las estructuras de abastecimiento y salida de agua se encuentran a la mitad de alguno de sus lados, según la orientación.

Aparentemente, el acomodo en las esquinas propicia un mejor desalojo del agua, según el propietario.

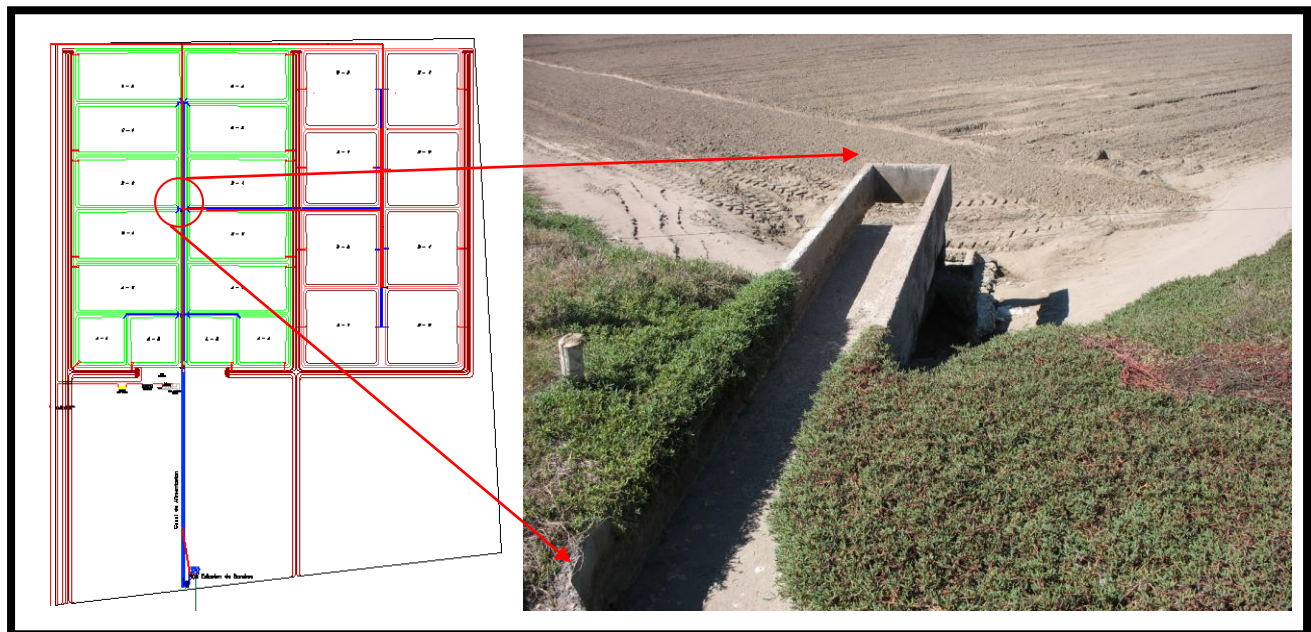


Figura 23. Ubicación en las esquinas de los estanques de las estructuras de alimentación.

Todas las estructuras antes descritas no presentan problema alguno para el buen funcionamiento de todo el sistema, salvo el deterioro moderado del concreto utilizado para su construcción (figura 24).

Se afirma haber utilizado cementos puzolánicos para la resistencia a los sulfatos, pero debido a que la granja cuenta con más de 10 años en servicio, los efectos erosivos son inevitables, no tanto en el canal de alimentación, pero sí en las estructuras para el abastecimiento de agua (figura 25).



Figura 24. Deterioro en algunas estructuras de concreto para la conducción del agua a los estanques: a) estructuras para el proceso de filtrado, b) y c) estructuras de abastecimiento de agua para los estanques.

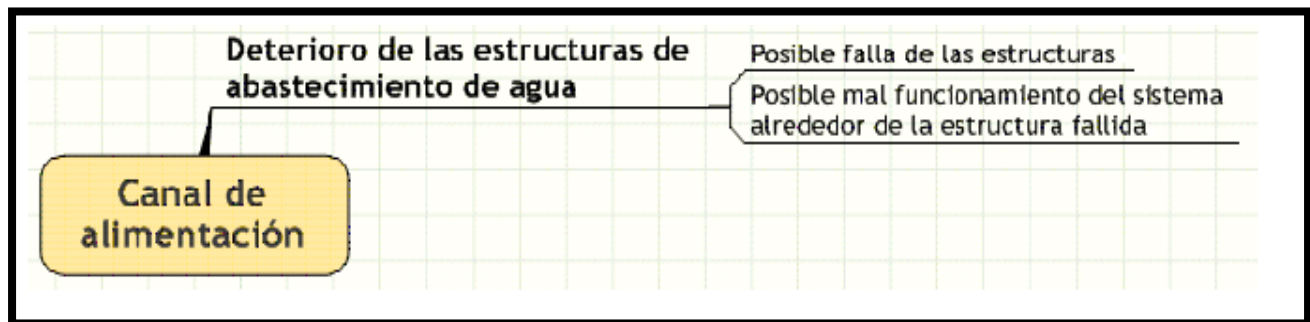


Figura 25. Principales problemas en el canal de alimentación y estructuras complementarias para la conducción del agua a los estanques.

- **Estanquería.** Todos los estanques (22) cuyas dimensiones varían (1, 2 y 2.25 ha), presentan una configuración que trata de preservar al máximo la simetría, apreciable en la figura 8, para facilitar cualquier operación, ya sea cosecha, mantenimiento o la circulación de los vehículos por los bordos.

Debido a la ubicación de la granja el terreno es muy permeable, por lo que se empleó una capa plástica que consiste en un polietileno de baja densidad de 300 micras. La capa está localizada a 40 cm debajo del nivel del fondo de los estanques. El estado de dicha capa se encuentra deteriorado debido a operaciones de mantenimiento antes de comenzar cada ciclo, pero la acumulación de finos orgánicos inherentes al cultivo, los cuales se precipitan al fondo, han permitido que el terreno en los estanques vaya adquiriendo cierta impermeabilidad.



En lo que respecta a las estructuras de salida (figura 26), presentan un deterioro leve al igual que las ya mencionadas estructuras de abastecimiento de agua.

El mayor problema en las estructuras de salida es la conexión bordo-estructura, pues se han presentado casos en los que las estructuras han colapsado o se han visto removidas de su desplante por la presión del agua. Esto gracias al deterioro en dicha conexión que permite filtraciones que se van agravando (figura 27).

La única medida correctiva es la de colocar trabes para fijar las estructuras con los bordos (figura 28), sin embargo, eso no impide el deterioro y las filtraciones en los bordos adyacentes a dichas estructuras.



Figura 26. Estructura de salida.

Como se puede apreciar en la figura 29, la bordería en general presenta deterioros moderados (salvo en casos como los mencionados en el párrafo anterior), a los cuales se les da mantenimiento después de cada ciclo.



Figura 27. Deterioro en bordería adyacente a las estructuras de salida.



Figura 28. Detalle de trabe colocada para fijar la estructura de salida con el bordo.



Figura 29. Bordos erosionados.

No se tienen problemas en la evacuación total del agua, pues la superficie presenta una nivelación adecuada, además, el mantenimiento a ésta se hace al final de cada ciclo (figura 30).



Figura 30. Superficie de un estanque después del mantenimiento de nivelación y rastreo.

En general, la estanquería de la granja sólo presenta problemas en las estructuras de entrada y salida de agua y en la bordería (figura 31).

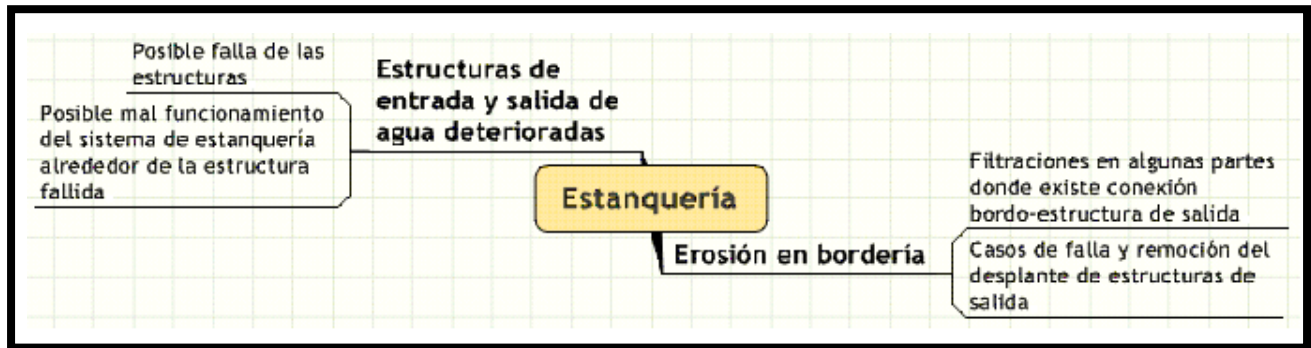


Figura 31. Principales problemas en la estanquería.

- **Estación de bombeo.** La estación de bombeo consiste en una estructura subterránea donde se encuentran el cárcamo de bombeo y el motor (figura 32). Debido al diseño de la estación de bombeo, no se presenta problema alguno en esta parte de todo el sistema de producción acuícola pues solo es necesario dar mantenimiento al equipo de bombeo. En la figura 33 se muestran unas vistas exterior e interior de la estación de bombeo. Al igual que en los siguientes casos, también existen deficiencias en el suministro de corriente eléctrica debido a la localización de la granja.

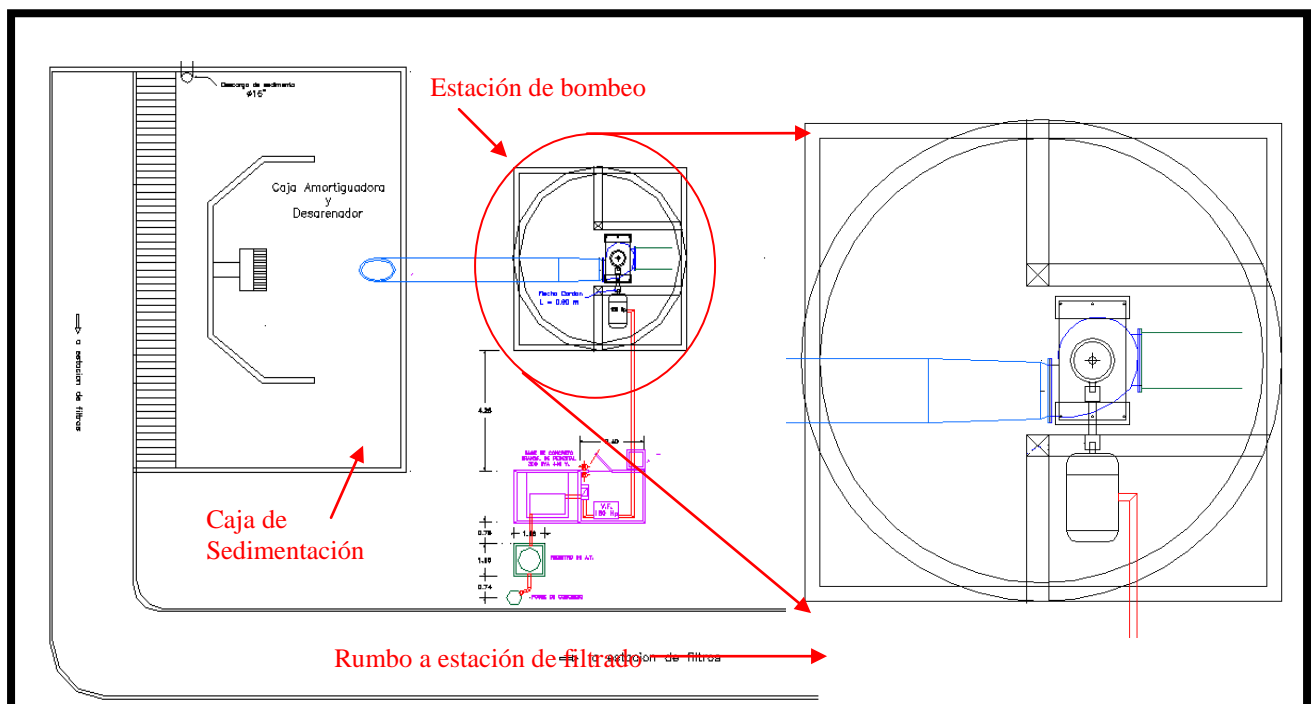


Figura 32. Esquema de la estación de bombeo.



Figura 33. Estación de bombeo: a) vista externa de la estación de bombeo y b) vista del cárcamo de bombeo.

- **Área de edificaciones.** La granja cuenta con casa habitación, oficinas, laboratorio, bodega y taller, estación post-cosecha, donde el camarón es manipulado para su almacenaje y venta, casetas para vigilancia y operación de equipo (figura 34).

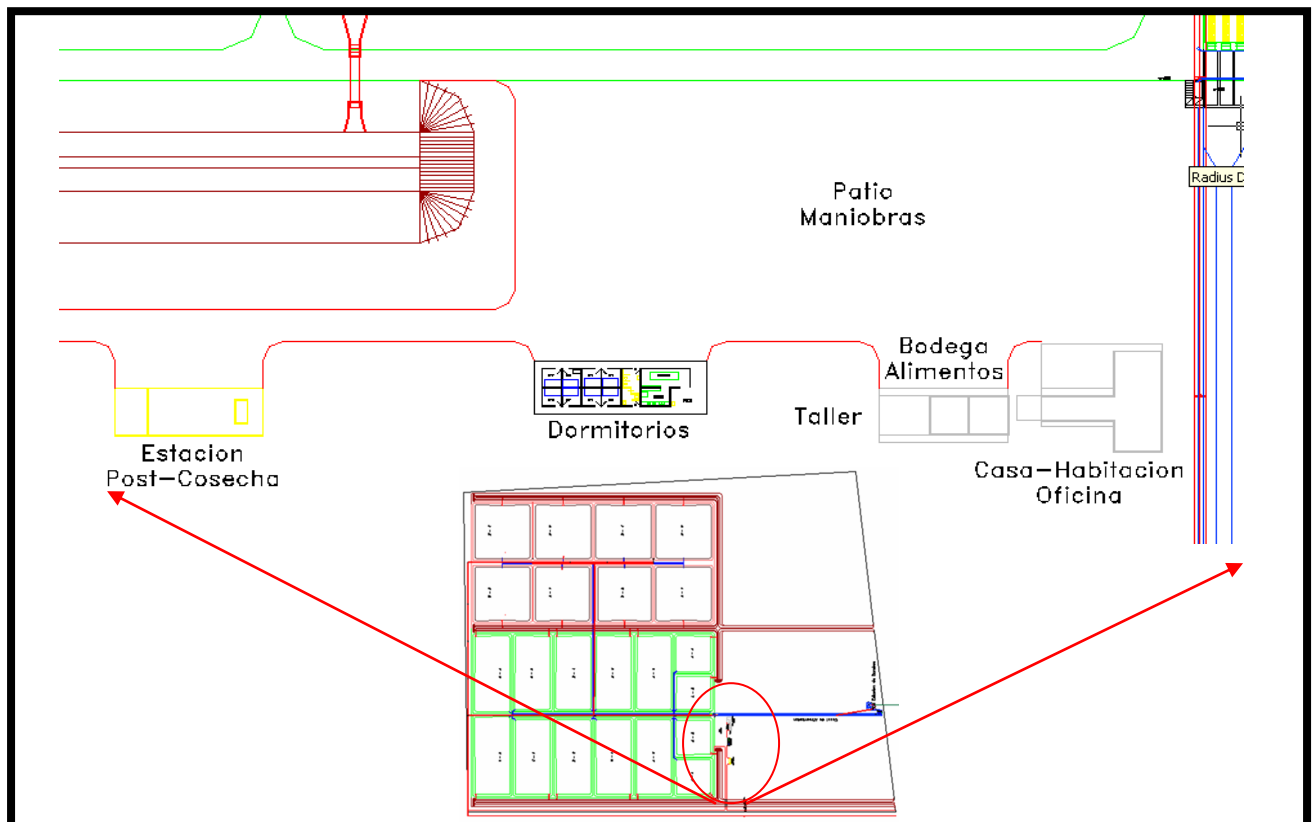


Figura 34. Ubicación de las edificaciones.



Las edificaciones no presentan problema alguno en cuanto al comportamiento de las estructuras en relación con el aspecto geotécnico del suelo donde se encuentran desplantadas. En la figura 35 se pueden apreciar las diferentes edificaciones de la granja.



Figura 35. Edificaciones de la granja: a) casa-habitación y oficina, b) bodega alimentos, c) taller, d) dormitorios, e) estación post-cosecha, f) caseta para el centro de control de máquinas.



III.1.1.2.3. Caminos de acceso.

El recorrido desde el municipio de Escuinapa a la granja, como ya se ha mencionado, es de 23 km sobre carretera estatal en buen estado. La distancia es relativamente grande, pero el buen estado de la vía de comunicación permite que los clientes acudan al centro de producción acuícola, así como también el personal cómodamente puede ir a obtener consumibles necesarios. Por otro lado, el recorrido desde el cruce de la carretera con el camino que lleva a la granja es un camino arenoso que no presenta problemas incluso en temporada de lluvias (figuras 36 y 37).



Figura 36. Trayecto desde el cruce de la carretera con el camino que lleva a la granja.



Figura 37. Imágenes del estado del camino de acceso desde la carretera a la granja.



III.1.1.2.4. Equipamiento.

A continuación se describe el equipamiento de la granja.

III.1.1.2.4.1. Equipo de bombeo.

La granja cuenta con una bomba eléctrica Hidrostral MD-28^a con una potencia de 250 hp que provee al sistema un gasto de 1,600 l/s (figura 38).

El equipo trabaja de manera correcta a menos que se presenten las bajas de voltaje en el suministro de corriente eléctrica como se mencionó anteriormente.



Figura 38. Equipo de bombeo eléctrico.

III.1.1.2.4.2. Equipamiento de la granja para la operación.

La granja cuenta con las siguientes instalaciones eléctricas:

- 3,200 m de líneas en alta tensión.
- 12,000 m de líneas en baja tensión.
- 6 sub-estaciones como bancos de transformación.
- 2 grupos electrógenos de emergencia.



En la figura 39 se muestran algunas de las casetas para el control en algunas operaciones necesarias en la granja.



Figura 39. Equipamiento para la operación: a) centro de control de bombeo y transformador de 300 kVa, b) caseta con generador de emergencia.

Se cuenta con un equipo de aireadores del tipo de turbina de 3 hp y de rodillo helicoidal de 10 hp. Cabe destacar que el diseño de los del tipo helicoidal es propio del dueño de la empresa y los detalles no pudieron ser mostrados. Para controlar este equipo se cuenta con 6 casetas, que además de servir para la vigilancia, cuentan con tableros de control. En la figura 40 se muestran los mencionados tableros de control y un aireador del tipo helicoidal.



Figura 40. Equipamiento para la operación: a) tablero de control para aireadores, b) aireador del tipo helicoidal.



III.1.2. Granja “S.C.P.A. Cultivadores del Sur de Sinaloa S.C.L.”.

El sistema de cultivo de la granja “Cultivadores del Sur de Sinaloa” es semi-intensivo. El promedio anual de las producciones de los últimos 3 años de la granja fue de más de 315,700 kg.

III.1.2.1. Datos generales.

La granja está localizada al sur de la ciudad de Escuinapa, Sin., entre los paralelos 22°32’58” y 22°31’53” latitud norte y entre los meridianos 105°42’45” y 105°41’57” longitud oeste, a una distancia de 42 km en el recorrido de la ruta. Así mismo, se localiza al noreste del pueblo de Teacapán a una distancia de 3.5 km (figura 41).



Figura 41. Localización de la granja “Cultivadores del Sur de Sinaloa”.

La totalidad de la granja cuenta con una superficie de aproximadamente 100 ha, en las cuales se encuentran distribuidos 25 estanques para la producción del camarón entre otras instalaciones (figura 42).

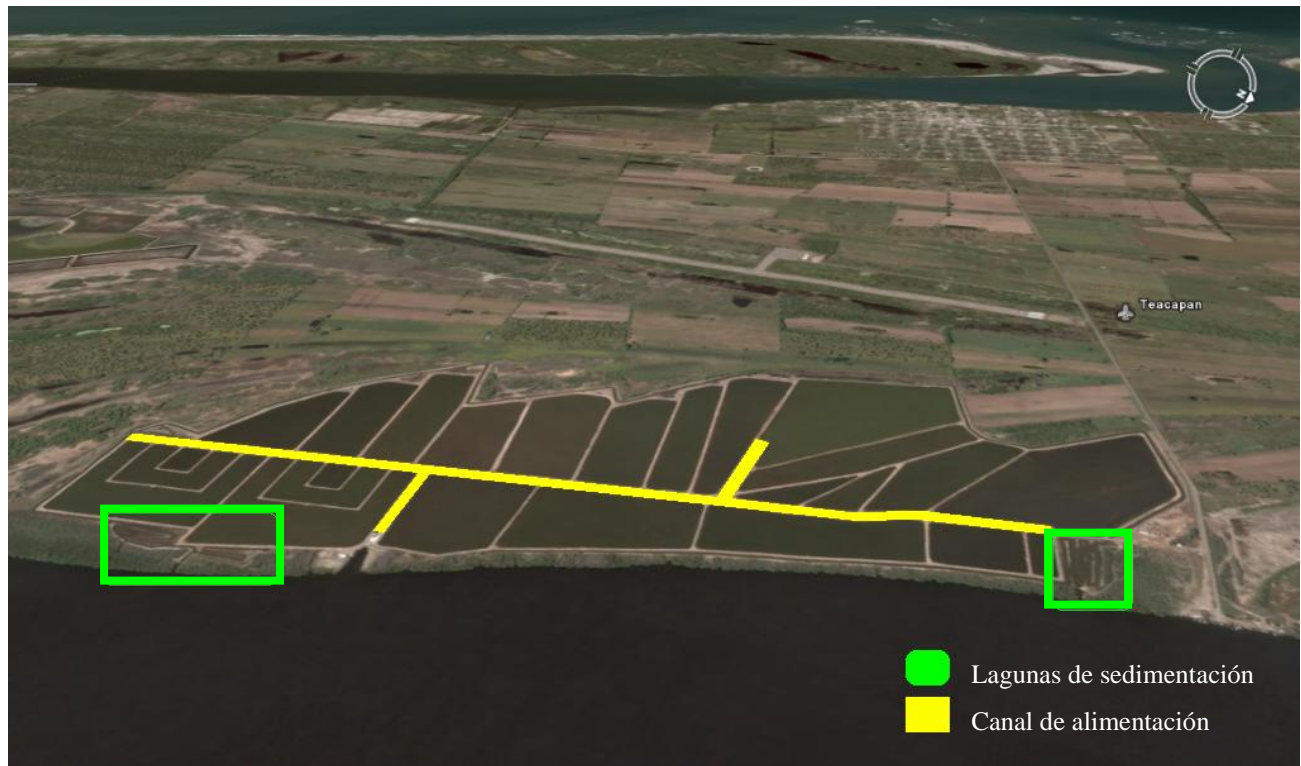


Figura 42. Vista aérea del conjunto de estanques de la granja “Cultivadores del Sur de Sinaloa”.

III.1.2.2. Instalaciones.

Enseguida se describirán las instalaciones que posee la granja en cuestión.

III.1.2.2.1. Infraestructura exterior a la granja.

- **Canal de llamada (canal de toma de agua).** El canal de llamada es la estructura que conduce el agua desde su fuente de obtención hasta el reservorio o canal distribuidor, que a su vez, alimenta a los estanques de cultivo.

El canal de llamada solo es necesario cuando la granja se encuentra a una distancia considerable del cuerpo de agua por lo que, en este caso no fue necesario debido a la cercanía de la granja con dicho cuerpo de agua. Simplemente se dragó una pequeña toma de agua (figura 43) y se construyó un cárcamo de bombeo el cual se analizará más adelante.



Figura 43. Zona dragada para la toma de agua.

Uno de los principales problemas que presenta esta zona dragada que hace las veces de un “canal de llamada corto”, es la poca profundidad cuando se presenta marea baja.

El peligro consiste en la posibilidad de que las bombas succionen aire además de agua lo cual causa daños en estas. Lo anterior representa la no disponibilidad del agua en cualquier momento para la alimentación de los estanques.

Otro problema menor al anterior, pero también de importancia, es el azolvamiento del fondo del área dragada debido al arrastre de material por el flujo hidráulico lo cual representa de nuevo, un peligro para el equipo de bombeo por el tipo de material que pudiere succionarse, así como también un menor flujo de agua cuando se requiera de su extracción.

En resumen, los problemas del canal de toma de agua se pueden apreciar en la figura 44.

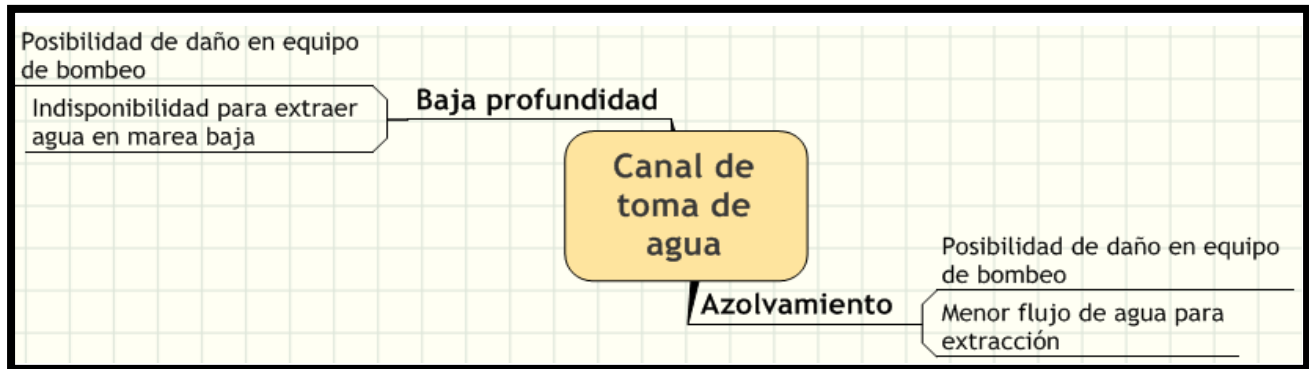


Figura 44. Principales problemas en el canal de toma de agua.

- **Sistemas de descarga generales.** Se cuenta con dos descargas al cuerpo de agua de donde es extraída. Los canales de descarga depositan el agua en dos lagunas de sedimentación (figura 42) donde se supone que el agua se libera de componentes nocivos para el ambiente cuando es devuelta a su lugar de origen después de un periodo de dos semanas.

Un gran problema presentado recientemente en una de las lagunas de sedimentación consistió en la falla de su compuerta de retención (figura 45). Esto se debió a un mal clima que propició fuertes vientos y oleaje que provocaron la falla de la estructura.

Lo anterior representa un daño al ecosistema pues se liberó agua contaminada por desechos a la fuente de extracción.

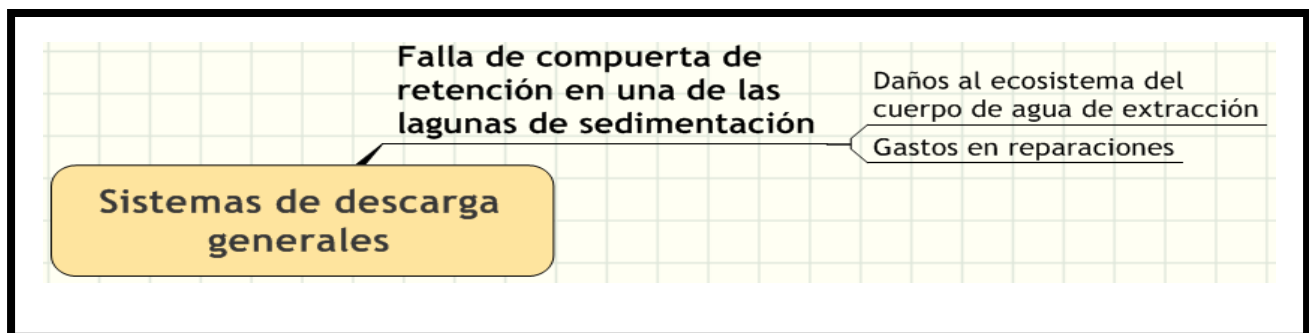


Figura 45. Principales problemas en los sistemas de descarga generales.



III.1.2.2.2. Infraestructura propia de la granja.

- **Canales de descarga.** Como ya se ha mencionado, después de realizar recambios de agua en los estanques o las operaciones de cosecha, el agua es expulsada y conducida hacia las lagunas de sedimentación por medio de los canales de descarga los cuales se encuentran situados en la periferia del conjunto de estanques.

Los empleados de la granja afirman no tener problemas en estas estructuras, pero es evidente que se encuentran en mal estado con taludes muy erosionados y demasiada vegetación (figura 46) que de no ser así, el flujo hidráulico sería más favorable al momento de evacuar el agua.

Además, se cuenta con estructuras para el control del flujo de agua en las cuales se aprecia un mal estado tanto en el concreto como en la liga bordo-estructura (figura 47).

La figura 48 muestra los principales problemas presentados en los canales de descarga de la granja.



Figura 46. Canal de descarga.



Figura 47. Estructura para el control del agua.

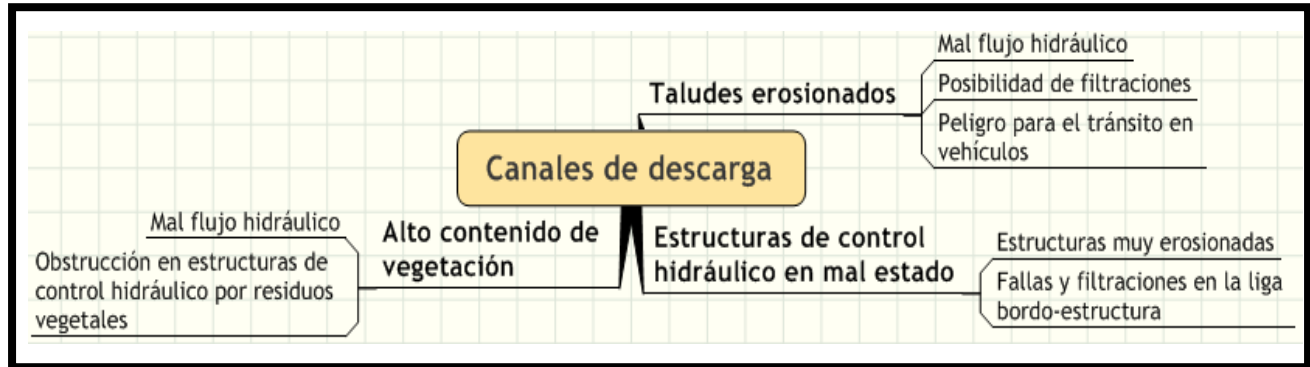


Figura 48. Principales problemas en canales de descarga.

- **Canal de alimentación.** Inmediatamente después de que las bombas succionan el agua para alimentar a los estanques, esta se deposita en el canal de alimentación también conocido como reservorio (figura 42). En la figura 49 se puede observar el canal de alimentación en seco.



Figura 49. Vista longitudinal del canal de alimentación.

Para alimentar a los estanques, existen elementos de entrada de agua a lo largo de este. Estos elementos consisten en estructuras rectangulares de concreto reforzado con ranuras a los lados para deslizar compuertas rústicas de madera y malla a manera de filtro, así como también para permitir o impedir el paso del agua (figura 50).



Figura 50. Estructuras para abastecimiento de agua.

El mayor problema en el canal de alimentación para esta granja es el de la bordería adyacente a las estructuras de abastecimiento de agua, debido a que están muy erosionadas. La erosión puede provocar desde filtraciones hasta el desprendimiento de las estructuras de su desplante en condiciones que lo propicien. Otro gran problema reside en las mismas estructuras para abastecimiento de agua. Se afirma que el concreto utilizado para las estructuras es un concreto resistente a la salinidad y demás elementos, pero el deterioro hace evidente que el concreto no es lo suficientemente resistente o no se llevó un control de calidad adecuado en el proceso constructivo (figura 51).



Figura 51. Deterioro de estructuras de abastecimiento de agua.



En general, los principales problemas observados en el canal de alimentación se muestran en la figura 52.

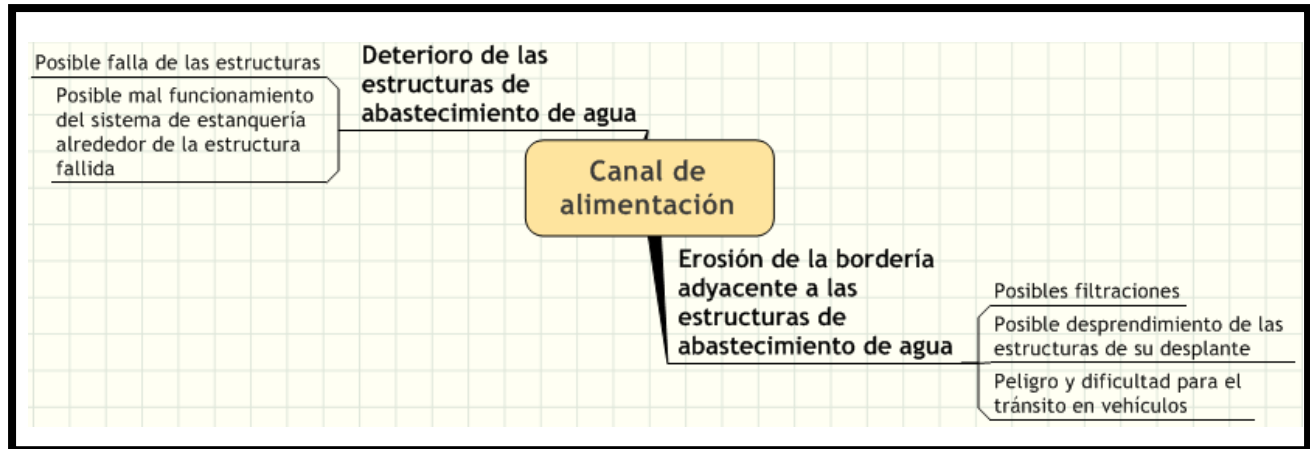


Figura 52. Principales problemas en el canal de alimentación.

- **Estanquería.** Como ya se ha mencionado anteriormente, la granja cuenta con 25 estanques destinados al desarrollo del camarón. Cada estanque se clasifica en tipo A, B o C, de acuerdo a su tamaño.

La mayoría de los estanques son de forma irregular, lo cual dificulta las maniobras de operación y mantenimiento. Todos presentan una impermeabilidad favorable.

Todos los estanques cuentan con estructuras de entrada y salida de agua, las cuales presentan un deterioro considerable tanto en la estructura como en la bordería adyacente a estas.

Toda la bordería se encuentra erosionada, propiciando un mantenimiento costoso al menos una vez al año.

La bordería presenta la posibilidad de filtraciones que pueden dañar a las estructuras de entrada y salida de agua como ya se mencionó anteriormente, además de presentar peligro o dificultad al tránsito de vehículos (figura 53).



Figura 53. Bordos erosionados.

La superficie de la mayoría de los estanques no se encuentra debidamente nivelada en su totalidad, lo cual representa dificultades al vaciar totalmente dichos estanques al final de la temporada de cosecha (figura 54). Para vaciar totalmente se tiene que hacer manualmente.



Figura 54. Lagunas producto de la falta de nivelación adecuada en la superficie.



Se han documentado accidentes en los que vehículos conducidos por los técnicos que monitorean la calidad del agua se vuelcan hacia los estanques en horarios nocturnos y en condiciones de neblina debido a que no existe ningún tipo de señalización en la bordería. La figura 55 muestra los diversos problemas que afectan a la estanquería de esta granja.

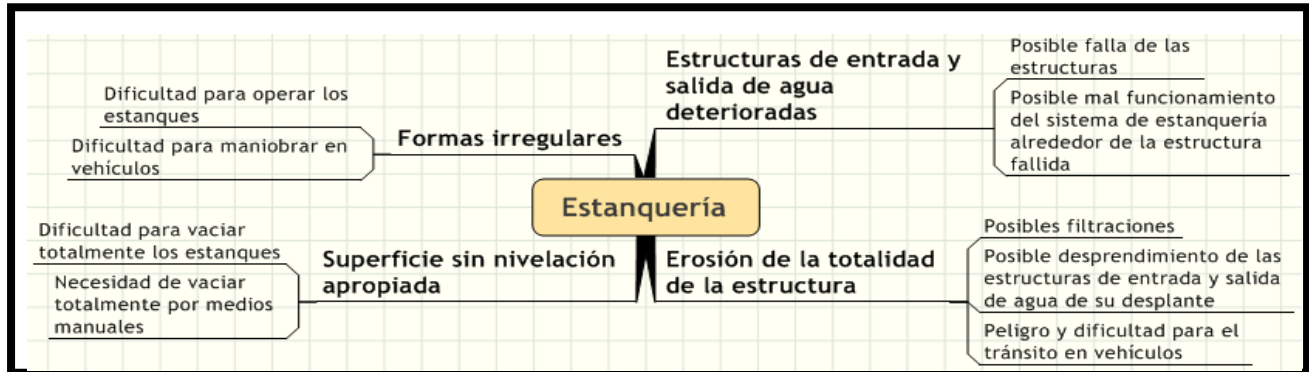


Figura 55. Principales problemas en la estanquería.

- **Estación de bombeo.** La granja cuenta con una estación de bombeo la cual está situada propiamente entre el canal de toma de agua y el canal de alimentación (figura 56). La extracción del agua se realiza en el cárcamo de bombeo que es una estructura con un nivel más bajo que la del canal de toma de agua. El funcionamiento de toda la estación de bombeo es aceptable pues casi no se tienen problemas excepto en ciertas condiciones.



Figura 56. Estación de bombeo.



Cuando hay condiciones de oleaje fuera de lo normal, el problema reside en el daño en los motores y tubos succionadores del sistema de bombeo pues el oleaje mueve a los tubos y estos a su vez mueven a los motores los cuales no soportan ningún tipo de movimiento brusco. Todo esto gracias a que no existe ningún tipo de protección contra el oleaje.

Otro problema consiste en las deficiencias del suministro de corriente eléctrica. Debido a que la granja se sitúa en un lugar remoto muchas veces se presentan bajas en los voltajes y esto ocasiona que se detengan las operaciones no solo de la bomba que consume corriente eléctrica si no de una parte o todo el equipamiento con el que se controla la granja dependiendo de la gravedad de las bajas de voltaje.

Además, existe el riesgo de daños al sistema eléctrico del equipo de bombeo. En resumen, los problemas presentados en la estación de bombeo se muestran en la figura 57.

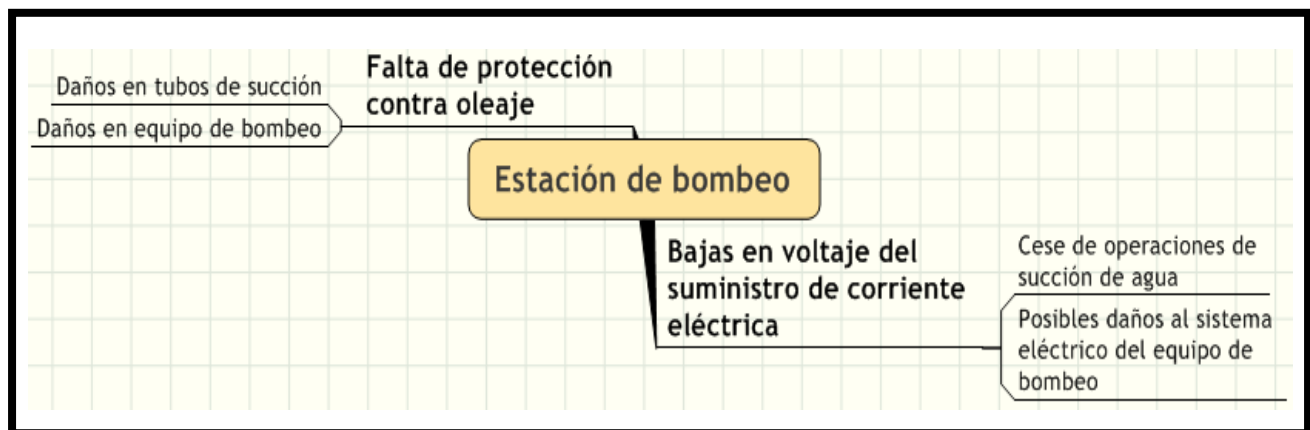


Figura 57. Principales problemas en la estación de bombeo.

- **Área de edificaciones.** La granja cuenta con dos áreas de edificaciones, el área norte donde se tienen un almacén y un taller; y el área sur donde se cuenta con otro almacén y el edificio con oficinas, un pequeño laboratorio, comedor, sanitarios y dormitorios (figura 58). Al ser edificaciones sencillas, estas no presentan problema alguno en cuanto al comportamiento de las estructuras en relación con el aspecto geotécnico del suelo donde se encuentran desplantadas.



Figura 58. Edificaciones de la granja: a) y b) área norte, c) área sur.

III.1.2.3. Caminos de acceso.

A diferencia de otras granjas de remota localización con relación a poblados donde se encuentra el mercado de ventas y comercios para obtener los consumibles necesarios para la operación de la granja, esta granja cuenta con muy buenos accesos. El recorrido de Escuinapa a Teacapán se realiza sobre carretera estatal, mientras que el recorrido de Teacapán a la granja en su mayoría es un pavimento asfáltico en estado de regular a bueno (figura 59).

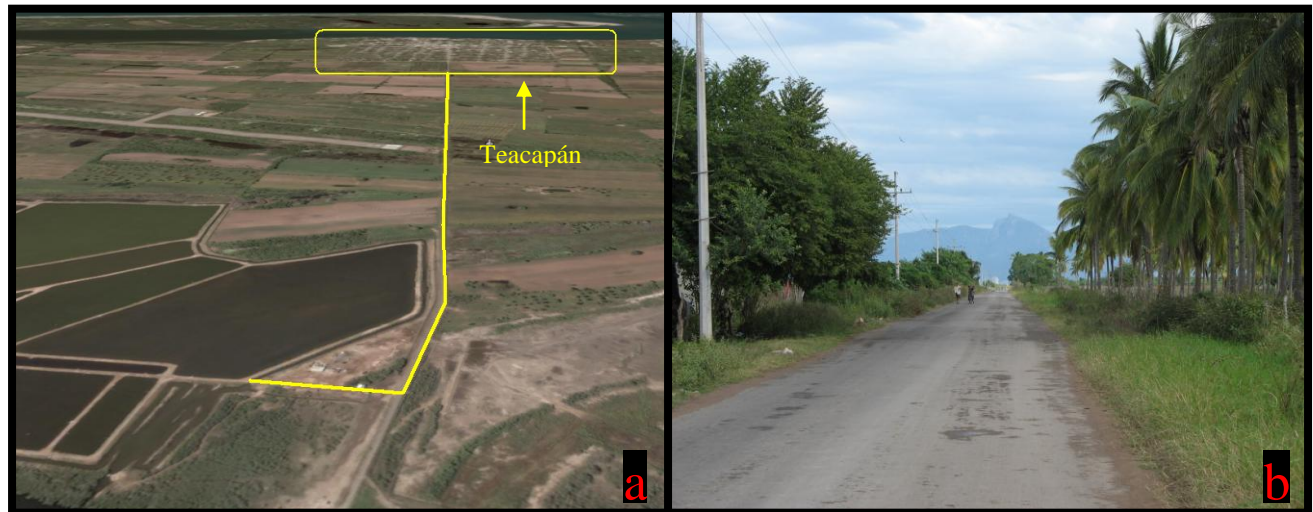


Figura 59. Caminos de acceso a la granja: a) Trayecto Teacapán-granja, b) estado del camino de acceso.



III.1.2.4. Equipamiento.

El equipamiento de la granja será descrito a continuación.

III.1.2.4.1. Equipo de bombeo.

La granja cuenta con un equipo de bombeo que consta de tres bombas, dos de éstas trabajan a diesel y la otra con corriente eléctrica (figura 60). Las bombas cuentan con una potencia de 200 hp. Se cuenta con dos tubos por donde el agua es succionada de 30” de diámetro (figura 61).

El equipo trabaja de manera correcta a menos que, al usar la bomba eléctrica se presenten las bajas de voltaje en el suministro de corriente eléctrica como se mencionó anteriormente.



Figura 60. Estación de bombeo y detalle de un motor de bomba diesel.



Figura 61. Detalle de sitio de montaje de los tubos y vista de un tubo succionador.

III.1.2.4.2. Equipamiento de la granja para la operación.

La granja cuenta con suministro de energía eléctrica. Se tiene una pequeña subestación eléctrica (figura 62) y seis transformadores de 75 kVA (figura 63). Además, se cuenta con una pequeña planta generadora de electricidad con motores diesel para casos necesarios.

Cuenta con un equipo de aireadores que sirven para proporcionar oxígeno al agua de los estanques. Se cuenta con alrededor de 400 aireadores entre los cuales se encuentran los del tipo de “paleta” (figura 64) y los de turbina (figura 65) cuyos motores van de 2 a 3 hp. Estos aireadores se controlan desde un ordenador a través de 14 tableros de control (figura 66) colocados en la bordería de la granja. El único problema de los aireadores es que en ocasiones se tiene que recalibrar el sistema debido a fallas técnicas.



Figura 62. Subestación eléctrica.



Figura 63. Transformadores de 75kVA.

Cuenta con un equipo de aireadores que sirven para proporcionar oxígeno al agua de los estanques. Se cuenta con alrededor de 400 aireadores entre los cuales se encuentran los del tipo de “paleta” (figura 64) y los de turbina (figura 65) cuyos motores van de 2 a 3 hp. Estos aireadores se controlan desde un ordenador a través 14 tableros de control (figura 66) colocados en la bordería de la granja. El único problema de los aireadores es que en ocasiones se tiene que recalibrar el sistema debido a fallas técnicas.



Figura 64. Aireadores de “paleta”.



Figura 65. Aireadores de turbina.



Figura 66. Tableros de control para los aireadores.



III.1.3. Granja “S.C.P.A. Marea Alta Comercial S.A. de C.V.”.

La granja “Marea Alta Comercial”, al igual que la granja “Aquastrat”, cuenta con un sistema de producción intensivo. Su promedio anual de producción de los últimos 3 años es de poco más de 176,900 kg.

III.1.3.1. Datos generales.

La granja está localizada al sur de la ciudad de Escuinapa, Sin., entre los paralelos 22°34’10” y 22°33’48” latitud norte y entre los meridianos 105°45’60” y 105°45’26” longitud oeste, a una distancia de 37 km en el recorrido de la ruta (figura 67).



Figura 67. Localización de la granja “Marea Alta Comercial”.

La totalidad de la granja cuenta con una superficie de aproximadamente 60 ha en las cuales se encuentran distribuidos en la actualidad 12 estanques, número que se piensa expandir a 18 estanques para la producción del camarón entre otras instalaciones (figura 68).

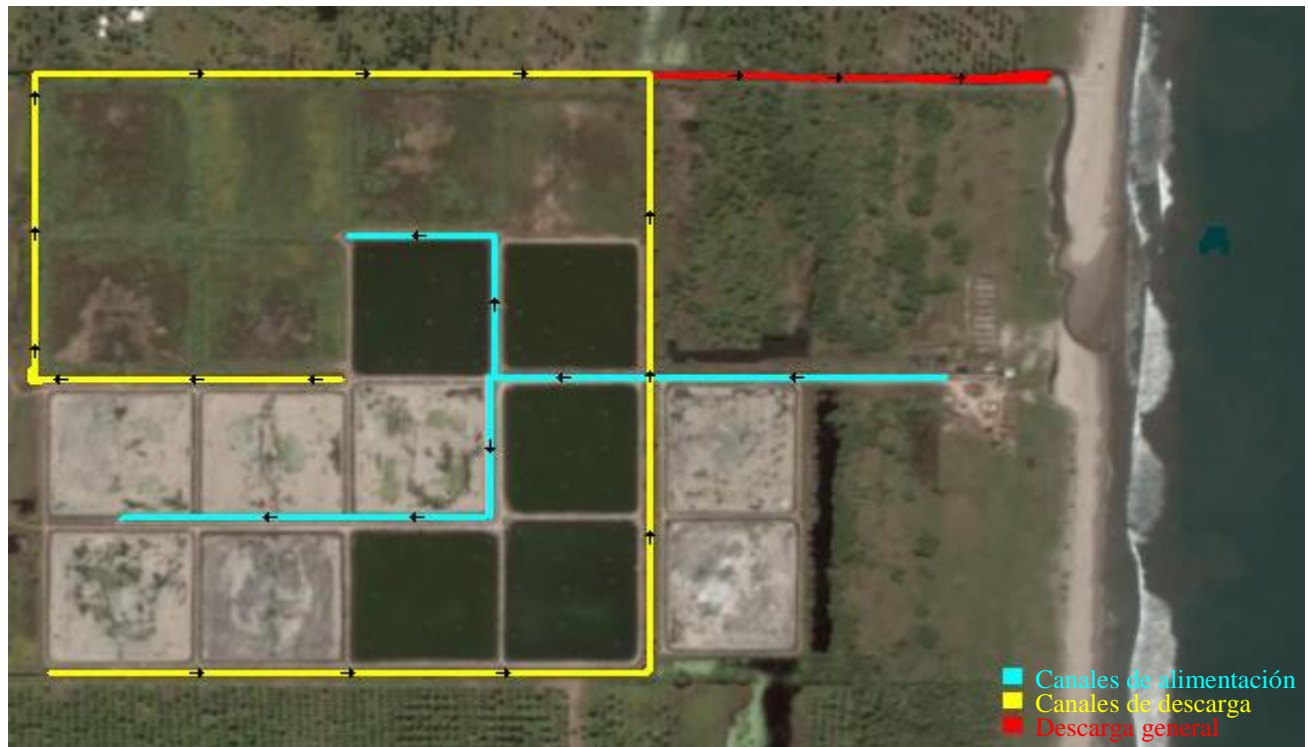


Figura 68. Vista aérea de la granja “Marea Alta Comercial”.

III.1.3.2. Instalaciones.

Se describen a continuación las instalaciones de la granja “Marea Alta Comercial”.

III.1.3.2.1. Infraestructura exterior a la granja.

Sistema de toma de agua. Esta unidad de producción acuícola, al igual que la unidad “Aquastrat” y por las mismas razones, cuenta con una tubería de succión con un diámetro de 36”. Dicha tubería cuenta con una longitud de 450 m que va desde la estación de bombeo hasta el mar (figura 69). La tubería se encuentra enterrada y anclada de la misma manera que en el primer caso. Debido al diseño y previo estudio de las mareas, la granja no presenta problemas en cuanto a la succión de agua en cualquier momento requerido.



Sin embargo, y al igual que en el caso anterior, el principal problema que presenta este sistema consiste en la posibilidad (aún no se han presentado casos, pero al ser un sistema similar al caso “Aquastrat”, existe el riesgo) de daños provocados a la tubería por un mal clima. El material de la tubería es polipropileno de alta densidad. En la figura 70 se presentan los principales problemas en el sistema de toma de agua de la granja.



Figura 69. Ubicación de la tubería de succión.

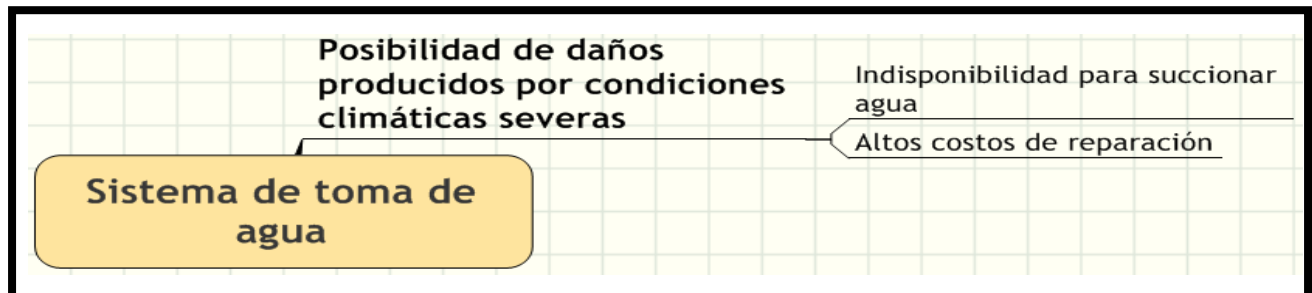


Figura 70. Principales problemas en el sistema de toma de agua.



- **Sistemas de descarga generales.** En este caso, se cuenta con una vía de descarga hacia el mar. Los canales de descarga que rodean a la granja depositan el agua en el canal de descarga externo (figura 68). La granja carece de lagunas de sedimentación, pero presenta las mismas características de los canales de descarga del primer caso lo cual ayuda un poco al ecosistema, pero no lo suficiente. Por lo tanto, el único problema es la falta de lagunas de sedimentación (figura 71). Cabe destacar, que se afirma recibir quejas por parte de las autoridades ambientales debido a la falta de tratamiento a las aguas evacuadas.

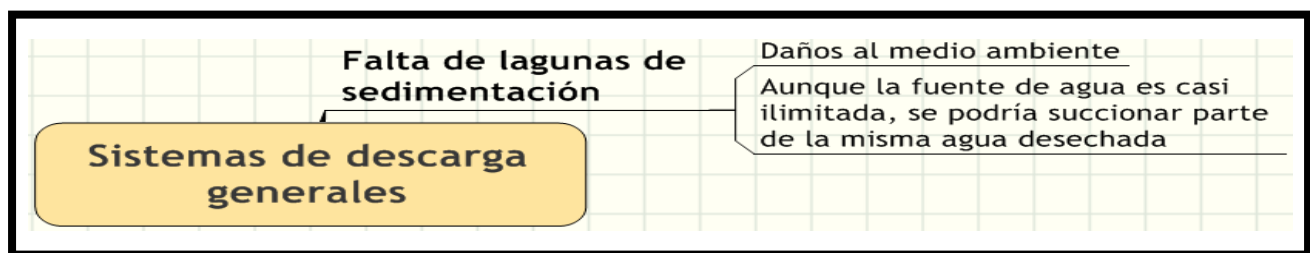


Figura 71. Principales problemas en los sistemas de descarga generales.

III.1.3.2.2. Infraestructura propia de la granja.

- **Canales de descarga.** Los canales de descarga son similares al primer caso, solo que estos depositan el agua en la única descarga general que va hacia el mar (figura 68). Los taludes se encuentran un poco erosionados y con mucha vegetación lo que puede ocasionar mal flujo o arrastre de materia vegetal (figura 72). Las operaciones de mantenimiento, tanto de canales de descarga internos como externos a la granja arrojan costos de alrededor de \$12,000 cada año.



Figura 72. Vistas en diferentes puntos de los canales de descarga.



Básicamente, los canales de descarga solo presentan problemas de erosión y vegetación abundante (figura 73).

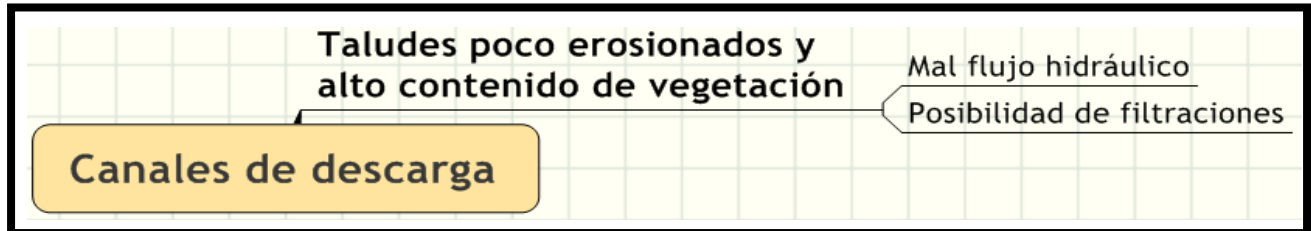


Figura 73. Principales problemas en canales de descarga.

- **Canal de alimentación y estructuras complementarias para la conducción del agua a los estanques.** Debido a la similitud del diseño de este canal con el primer caso, simplemente es un canal de alimentación (figura 68).

Antes de depositar el agua en el canal de alimentación, se lleva a cabo un proceso de filtrado. Primero, el agua pasa por el área mostrada en la figura 74, donde se filtra mediante las mallas mostradas. Después, el agua llega a la caja de sedimentación (figura 75) donde se depositan los sólidos succionados.



Figura 74. Área del primer paso de filtrado.



Figura 75. Caja de sedimentación.

Finalmente, el agua es filtrada mediante un sistema similar al del caso “Aquastrat” con los denominados “calcetines” (figura 76) para así poder depositarla en el canal de alimentación.



Figura 76. Tercer paso de filtrado mediante los “calcetines”.

El canal de alimentación se encuentra revestido de concreto para evitar filtraciones pues el lugar de desplante es de composición arenosa (figura 77).



Figura 77. Vista del tramo principal del canal de alimentación.

Las estructuras de alimentación para los estanques siguen el diseño y ubicación tradicional, salvo algunas que se encuentran ubicadas en las esquinas de los estanques (figura 78).



Figura 78. Vista de una estructura de alimentación para los estanques.

Todas las estructuras antes descritas no presentan problema alguno excepto el deterioro moderado del concreto utilizado para su construcción (figura 79).



Se afirma que se utilizaron cementos puzolánicos para la resistencia a los sulfatos, pero debido a que la granja cuenta con poco más de 10 años en servicio, los efectos erosivos son inevitables.



Figura 79. Deterioro en alguna de las estructuras de concreto para la conducción del agua a los estanques.

Así pues, el deterioro de las estructuras de abastecimiento de agua resulta ser el principal problema en el canal de alimentación y sus estructuras complementarias (figura 80).

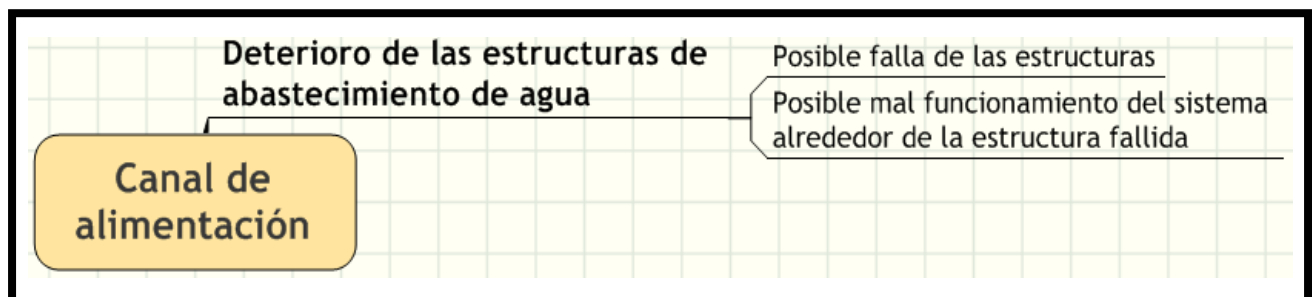


Figura 80. Principales problemas en el canal de alimentación y estructuras complementarias para la conducción del agua a los estanques.

- **Estanquería.** Todos estanques que están funcionando y los que están por construirse mantienen simetría para facilitar las operaciones de cosecha, mantenimiento y circulación de los vehículos (figura 68).



Esta granja es la única de las tres estudiadas que cuenta con un recubrimiento total en sus estanques y bordos internos de lo que se conoce como “Liner” (figura 81) debido al terreno arenoso en el cual está situada. La inversión inicial en este tipo de protección es alta debido a que su precio por metro cuadrado más su colocación anda alrededor de 3 dólares. El mantenimiento a ésta protección por cada ciclo es de 2,000 dólares. Sin embargo, a largo plazo sus ventajas son enormes pues está garantizado por 20 años. Así pues, se evitan los costosos mantenimientos del fondo de los estanques así como también de los bordos interiores. Además, no se tiene problema alguno al evacuar el agua, siempre y cuando la superficie esté bien nivelada y el peligro de las filtraciones es erradicado.

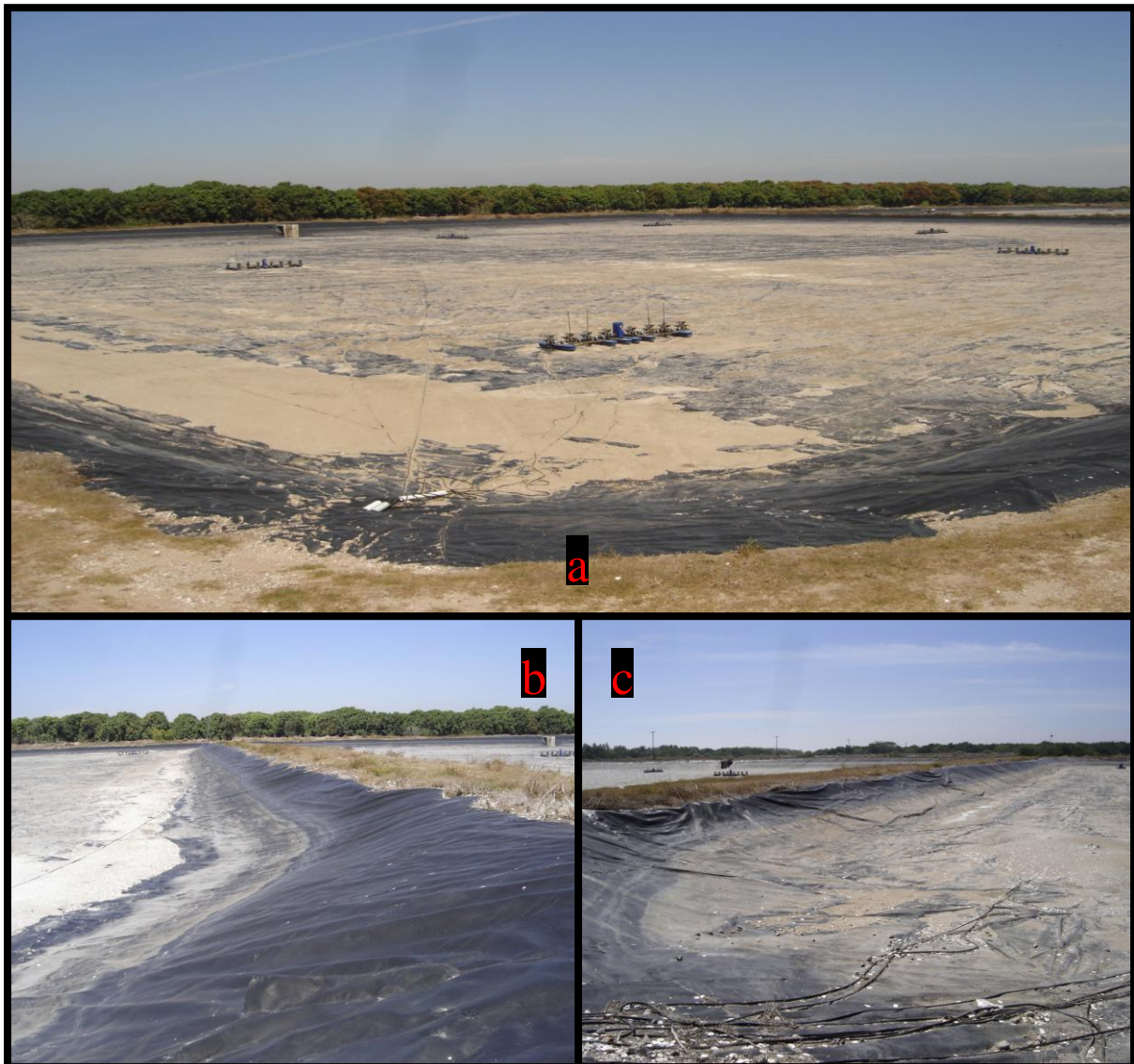


Figura 81. Impermeabilización con Liner: a) vista de un estanque, b) y c) vista de bordos.



En cuanto a las estructuras de salida (figura 82), solo presentan un deterioro leve al igual que las ya mencionadas estructuras de abastecimiento de agua. Debido a la colocación del Liner, los peligros que acarrearán las filtraciones ya no son un problema en esta granja.

De esta manera, la estanquería solo presenta leves problemas por el deterioro de las estructuras de entrada y salida de agua (figura 83).



Figura 82. Deterioro en estructuras de salida.

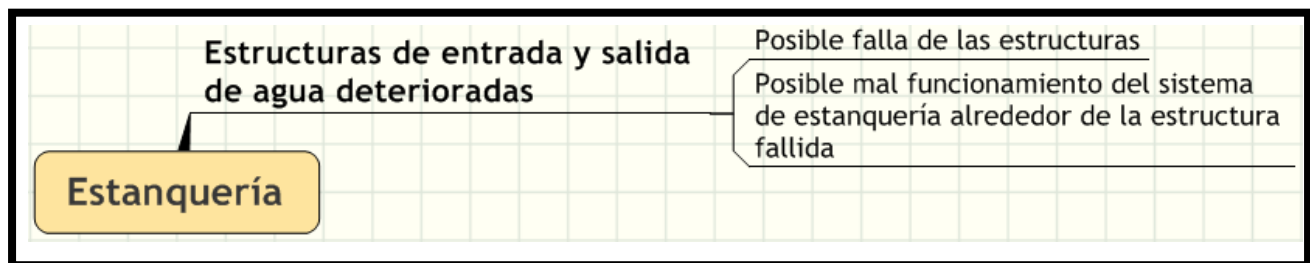


Figura 83. Principales problemas en la estanquería.

- **Estación de bombeo.** La estación de bombeo consiste en una estructura a base de block y lámina donde se encuentran el cárcamo de bombeo y los motores (figura 84). La profundidad del cárcamo que va más abajo del nivel de bajamar permite la extracción del agua sin importar el momento.

En general, la estación de bombeo no presenta problema alguno, salvo las deficiencias en el suministro de corriente eléctrica.



Figura 84. Estación de bombeo: a) vista externa de la estación de bombeo, b) y c) vistas del cárcamo de bombeo.

- **Área de edificaciones.** La granja cuenta con instalaciones básicas como dormitorios, oficinas, laboratorio, bodega y taller, casetas para vigilancia y operación de equipo (figura 85).

Algunas de estas edificaciones están construidas con materiales poco resistentes, como tablarroca o láminas a manera de techumbre los cuales no soportan climas severos.



Figura 85. Algunas edificaciones de la granja.

III.1.3.3. Caminos de acceso.

El recorrido desde el municipio de Escuinapa a la granja, como ya se ha mencionado, es de 37 km sobre carretera estatal en buen estado. Por otro lado, el recorrido desde el cruce de la carretera con el camino que lleva a la granja es, en parte, un camino asfaltado y un camino arenoso que se encuentra en mal estado (figuras 86 y 87).

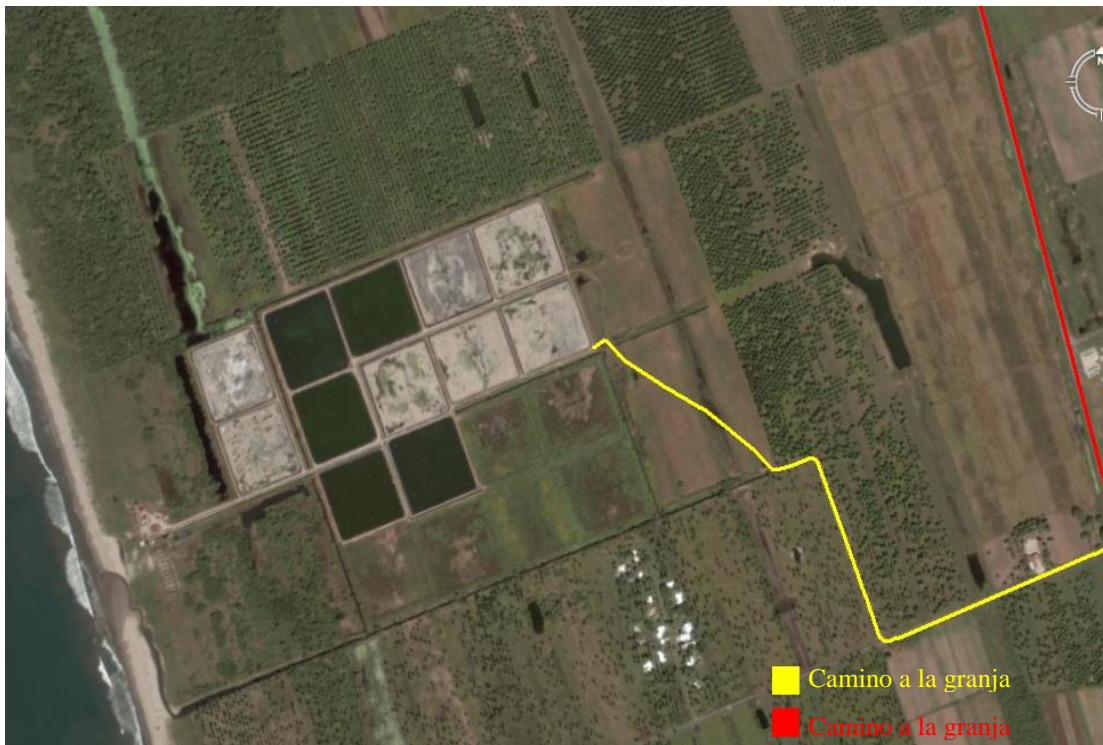


Figura 86. Trayecto desde el cruce de la carretera con el camino que lleva a la granja.



Figura 87. Imágenes del estado del camino de acceso desde la carretera a la granja.

III.1.3.4. Equipamiento.

A continuación se menciona el equipamiento de la granja.

III.1.3.4.1. Equipo de bombeo.

La granja tiene instaladas dos bombas, una bomba diesel de 450 hp (figura 88) y una bomba eléctrica de 200 hp. El equipo trabaja de manera correcta y si se presentan las bajas de voltaje en el suministro de corriente eléctrica, se puede hacer uso de la bomba diesel.



Figura 88. Equipo de bombeo diesel.



III.1.3.4.2. Equipamiento de la granja para la operación.

Se cuenta con un equipo de aireadores helicoidales de 10 hp y del tipo de “paleta” de 3 hp (figura 89). Para controlar este equipo se cuenta con 9 casetas, que además de servir para la vigilancia, cuentan con tableros de control (figura 90). Además, existen varios transformadores distribuidos en la granja (figura 91).



Figura 89. Equipo de aireación: a) aireadores helicoidales, b) aireadores de “paleta”.



Figura 90. Tableros de control.



Figura 91. Transformadores.



III.2. Principales soluciones al problema de un mal diseño de granjas camaronícolas en el municipio de Escuinapa, Sin.

El objetivo principal de este subcapítulo es el de establecer propuestas a los problemas más recurrentes en los casos estudiados. Se analizan por separado cada uno de estos problemas y a la vez, se mencionan las interacciones entre estos.

Las propuestas son sencillas puesto que los alcances cubren soluciones prácticas que no buscan revolucionar el sistema tradicional de producción camaronícola, en sus tipos de producción semi-intensivo e intensivo, si no que, solo se tratan de disminuir los problemas presentados y en el mejor de los casos, eliminarlos.

III.2.1. Soluciones aplicables a la infraestructura exterior a la granja.

A continuación se presentan las propuestas para tratar los problemas en los sistemas de toma de agua y en los sistemas de descarga generales.

III.2.1.1. Sistemas de toma de agua.

Los problemas estudiados en los sistemas de toma de agua son los siguientes:

- Daños producidos por condiciones climáticas severas.
- Problemas con niveles constructivos y niveles de mareas para la extracción de agua.
- Azolvamiento.

Las propuestas para solucionar estos problemas se establecen a continuación.

III.2.1.1.1. Daños producidos por condiciones climáticas severas.

Este tipo de problema afecta al sistema de toma de agua de las granjas cercanas al mar y, en menor grado, a las granjas localizadas en esteros.



Una posible solución para sistemas de toma de agua de granjas cercanas al mar, sería aumentar la profundidad de colocación de la tubería de succión y aumentar el número de los lastres o “muertos” y las anclas para una mejor estabilidad de la tubería.

Sin embargo, el diseño actual es muy oneroso y aumentar dichas características de diseño doblaría fácilmente los costos constructivos.

Otra alternativa de solución sería la de modificar el sistema de toma de agua, para lo cual, se propone un equipo de bombeo flotante capaz de operar mar adentro (figura 92).



Figura 92. Bomba flotante de operación mar adentro.

Este equipo solucionaría fácilmente los problemas que se tienen cuando existe un mal clima, pues simplemente se retiraría del mar a la menor amenaza de ciclones, huracanes, etc. Además, en nuevos proyectos, se evitaría la costosa obra civil de la instalación de la tubería de succión y la estación de bombeo.



Este sistema de bombeo tiene capacidad de operación continua y puede manejar grandes volúmenes de agua sin importar la existencia de un fuerte oleaje. De igual manera, es posible una rápida instalación y puesta en marcha.

III.2.1.1.2. Problemas con niveles constructivos y niveles de mareas para la extracción de agua.

Este tipo de problemas se debe a una mala planeación y a la falta de asesoramiento. De existir una planeación, asesoría y supervisión adecuadas en los procesos constructivos de canales de llamada y estaciones de bombeo, los resultados serían mayormente aceptables.

Como medida preventiva, se recomienda la estricta aplicación de los tres anteriores aspectos durante el desarrollo de un proyecto acuícola. Mientras que, como medida correctiva es posible el uso de equipo como el mencionado anteriormente, que consiste en sistemas de bombeo flotantes, pues sin importar la dinámica de las mareas, ya sea en el mar o en esteros, la extracción de agua se realiza sin problema alguno.

III.2.1.1.3 Azolvamiento.

El azolvamiento es un problema que se presenta en las granjas que poseen canales de llamada y es producto de la conducción del agua a la granja. De esta manera, es casi imposible evitar la acumulación de sólidos en los canales de llamada.

Se propone el establecer parámetros para determinar la necesidad de desazolvar regularmente en función del agua empleada para el cultivo y del tiempo en que se realiza, considerando además, la supervisión adecuada para realizar estas tareas.

De una manera más directa, es recomendable que después de cada ciclo de cosecha se realice un estudio batimétrico para determinar si es necesario o no el mantenimiento de las estructuras de toma de agua. Así mismo, se aconseja llevar el registro de los estudios mencionados a lo largo del tiempo para obtener el comportamiento estadístico del azolvamiento para cierta granja, lo cual hará posible una calendarización precisa y oportuna para realizar las tareas de desazolvar.



III.2.1.2. Sistemas de descarga generales.

La mayoría de las granjas en sus descargas generales no cuentan con lagunas de sedimentación, las cuales son requisito por parte de los organismos de Sanidad Acuícola al construir granjas camaronícolas. La falta de ellas puede propiciar daños al ecosistema del cual se extrae agua.

Los problemas encontrados en las descargas generales consistieron en:

- Falta de lagunas de sedimentación en algunos casos.
- Falla de compuertas de retención en lagunas de sedimentación.

III.2.1.2.1. Falta de lagunas de sedimentación.

La propuesta para este problema consiste en un sistema de lagunas de sedimentación en serpentín (figura 93).

Cuando los canales de descarga depositan el agua en la laguna, ésta pasa a través de una batería de 6 tubos de cualquier material plástico resistente insertos en la bordería.

El agua realiza un recorrido propiciado por un arreglo de la bordería en forma de serpentín, con una pendiente muy suave para lograr que el agua fluya lentamente y se sedimenten los sólidos que pueda contener.

La bordería debe estar compuesta por material arcilloso y debe permitir el tránsito de vehículos o maquinaria pequeña para realizar labores de mantenimiento.

El agua puede ser tratada mediante químicos y elementos mecánicos como aireadores. Al final, el agua pasa a través de otra batería de tubos similar a la inicial, pero además, se propone una fosa con rocas a manera de filtro para el agua por desalojar.

El diseño debe estar asesorado por biólogos especialistas, especialmente en las dimensiones generales, las cuales deben ser acordes al agua que se va a alojar.



Estas dimensiones dependen de factores como los recambios de agua que se realicen en los estanques, entre otros. De igual manera, la construcción de la laguna de sedimentación debe ser supervisada por expertos.

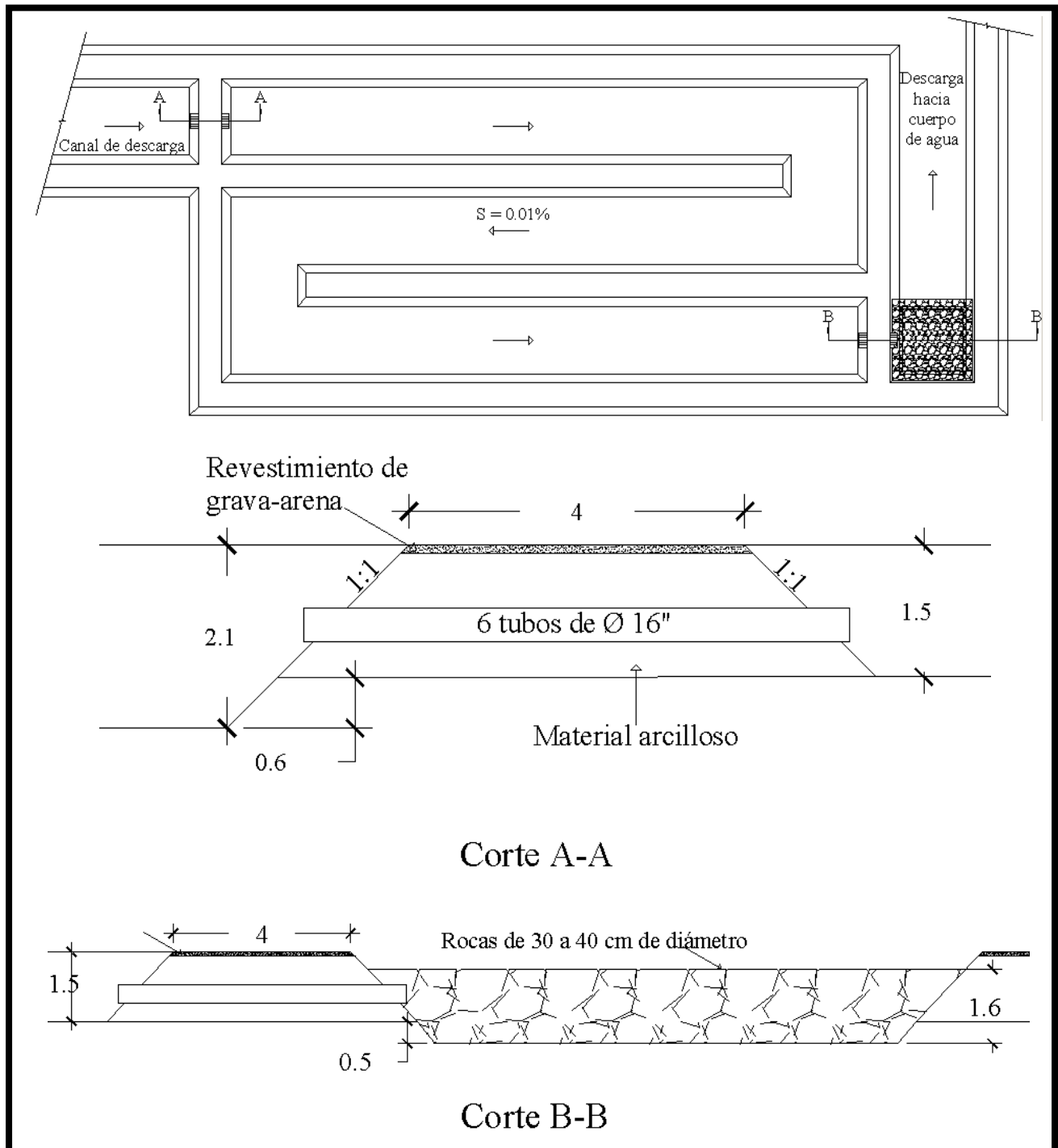


Figura 93. Esquema de laguna de sedimentación propuesta.



III.2.1.2.2. Falla de compuertas de retención en lagunas de sedimentación.

Este problema se debe a una serie de causas, las cuales deterioran la bordería adyacente a las compuertas de retención. Dichas causas comprenden los efectos del oleaje durante la presencia de un mal clima, así como también los deficientes procesos constructivos para realizar los rellenos en los cortes necesarios para construir las mencionadas compuertas de retención.

Además, y en conjunto con las anteriores causas, este problema también es resultado de la no consideración de las dimensiones de las lagunas de sedimentación en relación con los requerimientos de la granja. Como se mencionó anteriormente, las dimensiones de las lagunas dependen de factores como el recambio diario de agua en la totalidad de los estanques, incluso deben estar diseñadas para situaciones de emergencia como es el caso de la existencia de epidemias, en donde se tienen que evacuar totalmente los estanques afectados.

Como medida preventiva, el diseño propuesto de lagunas de sedimentación en serpentín puede prescindir de compuertas de retención y ahorrarse los costos para construirlas, siempre y cuando se tomen en cuenta los parámetros adecuados. Es por esto que se propone la asesoría especializada para complementar el diseño total de las lagunas de sedimentación, así como también la estricta supervisión en los procesos constructivos.

Como medida correctiva, se propone la construcción de la bordería cuya sección se muestra en la figura 94, extendiéndose 2 m a cada lado de la estructura. El proceso constructivo en las operaciones de relleno en los cortes necesarios para construir las compuertas de retención debe ser estrictamente supervisado, tomando mayor cuidado en la compactación.

En cuanto a la construcción de las compuertas de retención, se propone el uso de concretos de alto desempeño (CAD) para brindar una alta resistencia a los sulfatos, larga vida útil, baja permeabilidad, resistencia al ataque químico y una fácil colocación. Un ejemplo de estos concretos puede ser el “Concreto Profesional Duramax” de la compañía CEMEX.



De igual manera, se propone el uso de aditivos impermeabilizantes para reducir la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto.

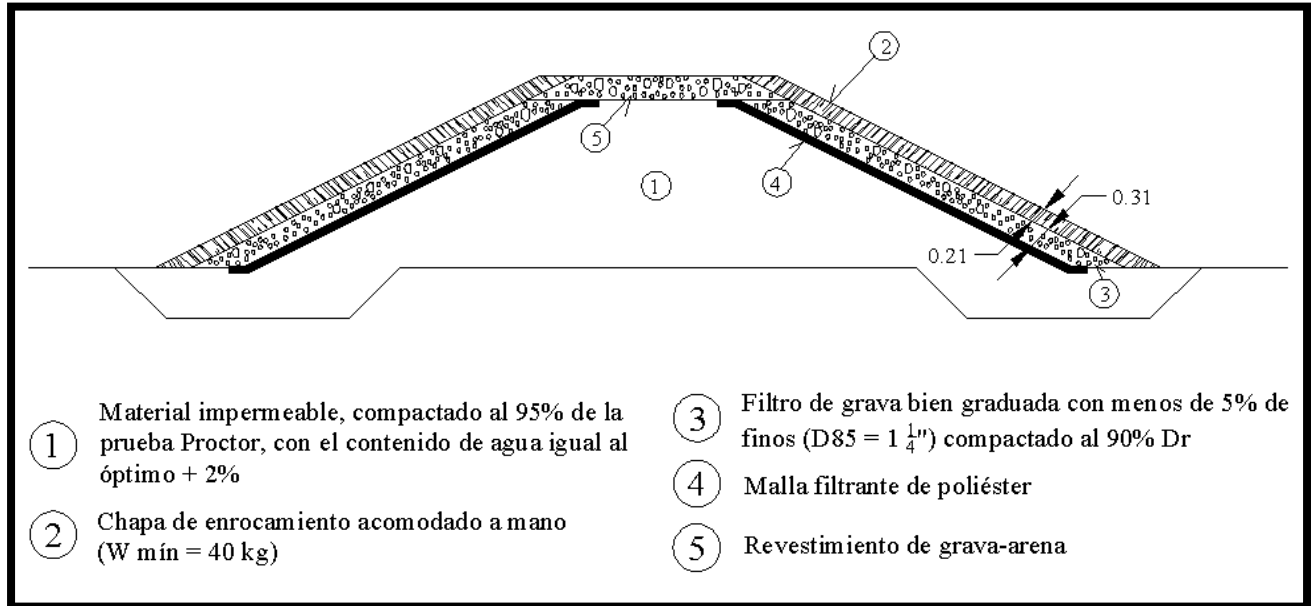


Figura 94. Sección de borde propuesta para lagunas de sedimentación.

III.2.2. Soluciones aplicables a la infraestructura propia a la granja.

A continuación se presentan las propuestas para tratar los problemas en los canales de alimentación y descarga de agua, estanquería, estaciones de bombeo y en las estructuras de abastecimiento y salida de agua.

III.2.2.1. Canales de alimentación y descarga.

Algunos de los problemas en los canales de alimentación y descarga de agua son comunes a otras partes de ciertas granjas, haciendo que los efectos adversos tengan un mayor rango de daño en el sistema de producción acuícola.

Otros problemas son de importancia mínima, los cuales pueden cubrirse con mantenimientos y reparaciones menores.



III.2.2.1.1. Azolvamiento.

El azolvamiento en los canales de alimentación y descarga es inevitable debido a los procesos productivos llevados a cabo. Toda granja camaronícola realiza operaciones de desazolve cada cierto tiempo. Sin importar el tipo de superficie de los canales, el azolvamiento sería muy similar.

Sin embargo, permitir que los azolvamientos se vayan acumulando sin hacer nada al respecto, puede ocasionar el flujo indeseado en la alimentación a los estanques o en la descarga de los mismos. Es por esto que se deben establecer parámetros para determinar la necesidad de desazolvar regularmente en función del agua empleada para el cultivo y del tiempo en que se realiza.

Aunque comúnmente las tareas de desazolve se realizan en periodos de 3 a 4 años, se recomienda la realización de estudios batimétricos después de cada ciclo de cosecha para obtener comportamientos de azolvamiento a lo largo del tiempo. De esta manera, será posible tomar decisiones más precisas y oportunas para realizar tareas de desazolve.

III.2.2.1.2. Estructuras de control hidráulico deterioradas.

Los canales de alimentación, de descarga y la estanquería tienen en común la existencia de las estructuras de abastecimiento y salida de agua. Además, como ya se ha visto, existen estructuras como canales revestidos, estaciones de filtrado, etc., necesarias para la conducción de agua a los estanques.

Todas estas estructuras, al estar construidas de concreto simple o armado, necesitan el empleo de materiales específicos y de calidad, además de una supervisión adecuada en los procesos constructivos para asegurar una larga vida útil de dichas estructuras.

Así pues, se propone el empleo de un concreto con características especiales para asegurar una larga vida útil como lo es el “Concreto Profesional Duramax” de la compañía CEMEX, pues está pensado para construir en ambientes agresivos como lo es el caso de lugares expuestos a sulfatos.



Este tipo de concreto cuenta con las siguientes ventajas, entre otras:

- Disminuye la permeabilidad.
- Aumenta la resistencia al ataque de agentes agresivos sobre y dentro de la estructura de concreto.
- Mayor resistencia a la abrasión.
- Protege al acero de refuerzo.

De igual manera se recomienda el uso del cemento tipo V con un contenido máximo de 5% de aluminato tricálcico (C_3A). Así mismo, es conveniente el empleo de aditivos impermeabilizantes para reducir la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto.

Otros materiales cementantes suplementarios, como el humo de sílice, reducen la permeabilidad durante el proceso de hidratación y de la reacción puzolánica. Además, otros aditivos que fungen en el bloqueo de la capilaridad del concreto se muestran eficientes en la reducción de la corrosión en ambientes químicamente agresivos.

Las anteriores recomendaciones seguramente permitirán asegurar la mencionada vida útil prolongada, prescindiendo de los mantenimientos prematuros a las estructuras convencionalmente construidas.

III.2.2.1.3. Erosión de la bordería en canales de alimentación y descarga.

La bordería en los canales de alimentación, que en algunos casos también tienen la función de reservorios, es similar a la de los estanques. Por lo tanto, se propone una solución similar para ambos casos, la cual consiste en la construcción de bordos cuya sección se muestra en la figura 95.

Cabe destacar que, debido a que los canales de alimentación que también fungen como reservorios cuentan con presión hidrostática en ambas caras de su bordería, el uso de la “chimenea” mostrada en la figura 95 es prescindible. Basta con el empleo de las tres capas mostradas para reducir los efectos erosivos.



Para los canales de descarga simplemente se recomienda el mantenimiento periódico y oportuno de éstos, debido a que, una solución como la establecida en el párrafo anterior resultaría demasiado costosa, tomando en cuenta que en los canales de descarga no afecta mucho el deterioro moderado de estos.

Además, se deberá incluir la remoción del contenido excesivo de vegetación en los taludes y el supervisar que el fondo de estos canales quede nivelado apropiadamente.

III.2.2.2. Estanquería.

Los problemas en este rubro son el resultado de una falta de planeación, capacitación (en el caso de la no contratación de constructoras especializadas) y supervisión.

De existir una mejoría en esos tres aspectos, los resultados serían más favorables.

A continuación se describen las propuestas para minimizar los diferentes problemas que se presentan en la estanquería de las granjas camaronícolas.

III.2.2.2.1. Configuraciones y geometría irregular de los estanques.

La solución a este problema es probablemente la más sencilla de todas. Se tiene que entender que, entre mayor sea el grado de simetría en la configuración de los estanques, así como de sus formas regulares (rectángulos y cuadrados), mayor será la facilidad para realizar las operaciones pertinentes al cultivo.

En la mayoría de los casos, este problema es resultado de querer cubrir la totalidad del área de la propiedad, sin importar la configuración simétrica.

Así pues, la asesoría en la planeación para evitar este tipo de problemas es crucial al inicio y durante el desarrollo de cualquier granja.



III.2.2.2.2. Erosión de la bordería en estanques.

Para contrarrestar la erosión de la bordería y el problema de la falla de las estructuras de salida de agua, debida a la erosión de la liga bordo-estructura por los efectos de la tubificación, se proponen bordos de sección homogénea modificada.

Estos bordos incluyen en su sección un filtro vertical o “chimenea” de arena de 60 cm de ancho. Esta “chimenea” se considera necesaria en casos donde los sitios de construcción en la región de estudio posean materiales de baja plasticidad para la construcción de los bordos y, sobre todo, previendo la posibilidad de asentamientos diferenciales que pudieran inducir el agrietamiento del bordo.

En la figura 95 se presenta la sección transversal tipo de los bordos perimetrales y una vista en planta.

Cabe mencionar que la sección tipo del bordo, mostrada en la figura 95, solo se propone para los bordos perimetrales, pues es donde más dañino se vuelve el fenómeno de la tubificación, sobre todo para las estructuras de salida de agua.

Para los bordos interiores, simplemente la sección tipo contará en ambas caras con las tres capas mostradas para reducir los efectos erosivos, prescindiendo de la “chimenea”, pues se contará con la presión hidrostática a ambos lados.

En ambos tipos de bordos, internos y externos, el control del proceso de relleno en los cortes necesarios para construir las estructuras de entrada y salida de agua, debe contar con una estricta supervisión, sobre todo en los procesos de compactación.

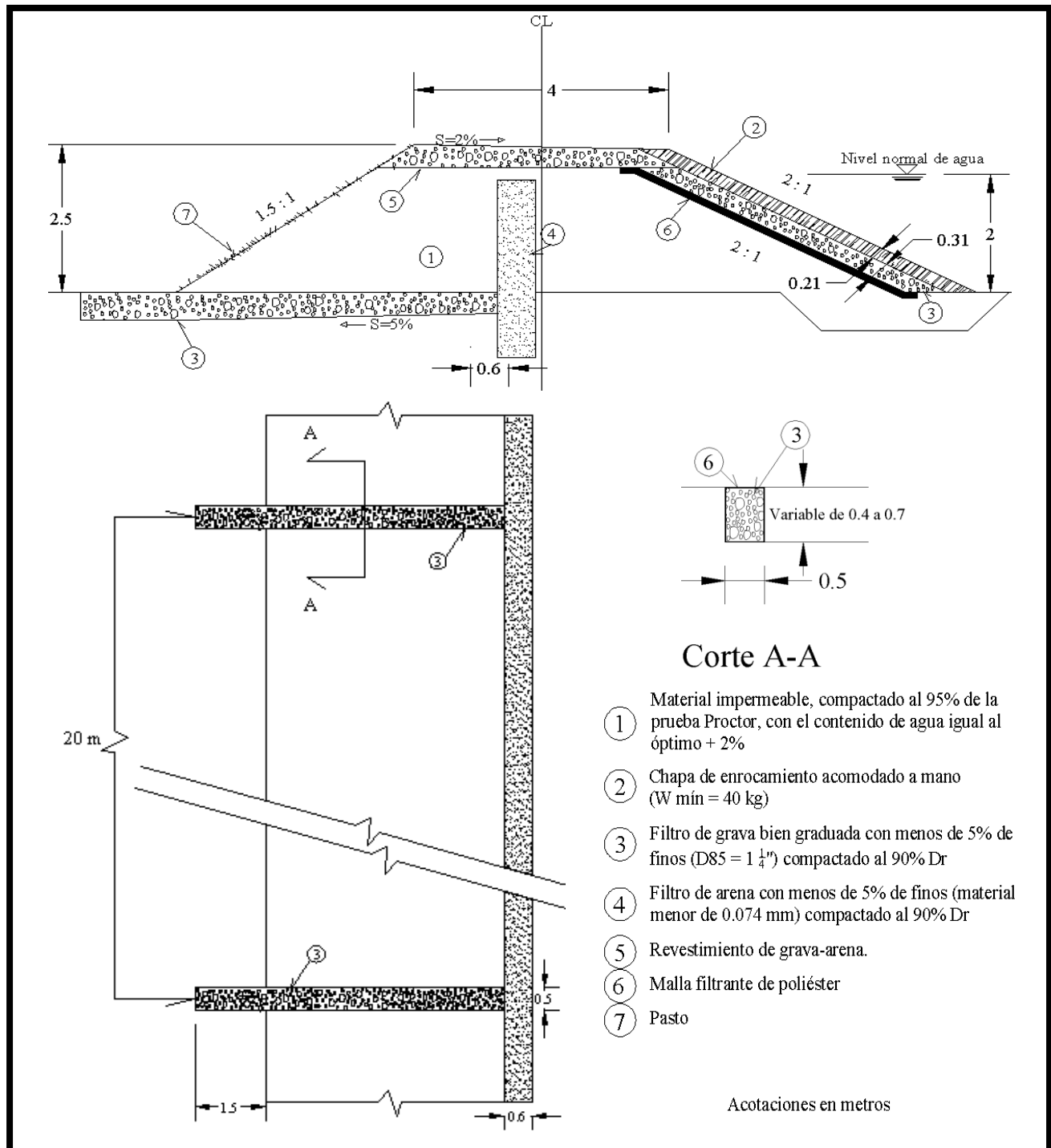


Figura 95. Detalles constructivos para la bordería propuesta.



III.2.2.2.3. Superficies sin nivelación apropiada en estanques.

Este es un problema común cuando no se supervisa de una manera correcta cualquier tipo de trabajo referente al movimiento de tierras. La nivelación en los estanques es muy importante, sobre todo para las operaciones de cosecha y, de existir una estricta supervisión, no se tendrían problemas de superficies irregulares.

Por otro lado, es evidente que después de cada cierto periodo se produzcan superficies irregulares debidas a las operaciones del cultivo, por lo que habrá que realizar mantenimiento a la superficie tomando muy en cuenta la supervisión en dichos trabajos.

III.2.2.2.4. Problemas de nivel de mareas respecto al fondo de los estanques.

La calidad final del camarón y la rentabilidad de la cosecha dependerán en gran medida de la rapidez y el buen flujo de agua con que opere un estanque de camarones durante su cosecha y vaciado. Si los estanques de la granja no tienen la posibilidad de drenar adecuadamente ni de reaccionar oportunamente a situaciones de emergencia, el camarón se arriesga innecesariamente.

Como medida preventiva, es imprescindible que en etapas de diseño se cuente con asesoría especializada o capacitación para evitar problemas referentes a niveles de mareas. En caso de que la obra la lleve a cabo una constructora por contratación, la supervisión debe llevarse a cabo de una manera estricta acatando todo detalle en planos y documentos contractuales.

Como medida correctiva, la cosecha se puede llevar a cabo mediante un sistema de bombeo aún cuando las mareas estén altas, o los canales de descarga se encuentren saturados de agua por efectos de la lluvia.

Este sistema es instalado y operado en las ranuras de la estructura de salida, permitiendo que la cosecha continúe normalmente (figura 96).



Algunas de las ventajas de este sistema son la rápida instalación y puesta en marcha, es una unidad completa diseñada para ser totalmente autónoma, cuenta con capacidad para manejar grandes volúmenes de agua, entre otras.

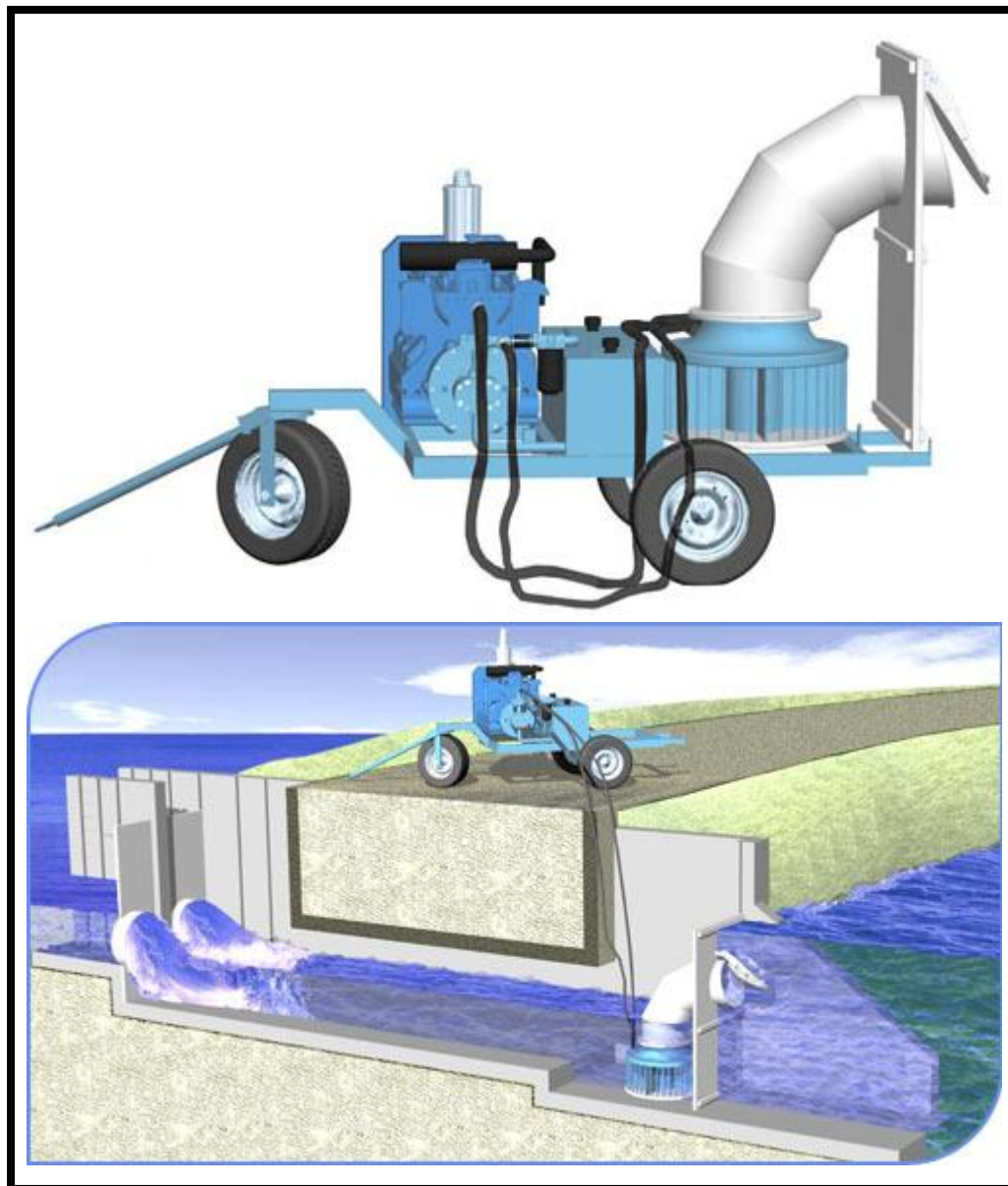


Figura 96. Bomba de drenaje Hidrotec.



III.2.2.3. Estaciones de bombeo.

Los problemas encontrados para las estaciones de bombeo consisten en:

- Falta de protección contra oleaje.
- Bombas ineficientes.
- Bajos en el voltaje del suministro de corriente eléctrica.

Para contrarrestarlos, se establecen las siguientes propuestas.

III.2.2.3.1. Falta de protección contra oleaje.

Este problema se presenta en granjas como en el caso “Cultivadores del Sur de Sinaloa”, el cual, atenta contra la tubería de succión. Cabe destacar que el problema solo se hace evidente durante estaciones con clima adverso.

Propuestas como pequeños rompeolas resultarían demasiado costosas para proteger al equipo de bombeo del oleaje, por lo cual, se propone una solución alternativa.

Debido a las características ya estudiadas del caso mencionado y otros casos similares, es posible implementar el uso de una bomba axial flotante (figura 97), la cual, puede ser ubicada y anclada cerca del canal de llamada.

Cabe destacar que la solución al oleaje intenso durante un mal clima es simplemente solucionada al sacar la bomba axial flotante del agua.

El equipo es una unidad operativa completa e integrada, diseñada para operaciones continuas, capaz de manejar grandes volúmenes de agua y soportar el medio agresivo de los elementos presentes. Puede ser instalada y puesta en operación, sin necesidad de cubrir los costos de construcción de obras civiles requeridas tradicionalmente para la instalación de otro tipo de bombas similares o de menores capacidades.



Figura 97. Bomba axial flotante.

III.2.2.3.2. Bombas ineficientes.

El problema de la ineficiencia en las bombas es producto del deterioro y obsolescencia del equipo. Se necesitaría invertir en equipo nuevo como el mencionado anteriormente para asegurar una mejor eficiencia en la operación de llenado de los estanques. De esta manera se solucionarían los dos problemas de una misma manera.

III.2.2.3.3. Bajas en el voltaje del suministro de corriente eléctrica.

Este es un problema de naturaleza ajena a la operación de la granja debido a la infraestructura de servicios eléctricos, por lo que como medida preventiva, la mayoría de las granjas cuentan con ambos sistemas de bombeo, de combustión interna y eléctrico. Lo anterior es recomendable, además de la existencia de plantas generadoras de corriente eléctrica.



III.2.2.4. Estructuras de abastecimiento y salida de agua.

Estas estructuras, como se ha visto anteriormente, presentan los siguientes problemas:

- Deterioros diversos, desde moderados hasta severos.
- Falla de las estructuras mismas.

Cabe señalar que en esta parte solo se tratarán propuestas al primer punto, debido a que, el problema del segundo punto, es consecuencia de un proceso constructivo deficiente en la bordería de los estanques, en donde ya se ha recomendado que el control del proceso de relleno en los cortes necesarios para construir las estructuras de abastecimiento y salida de agua debe contar con una estricta supervisión, sobre todo en los procesos de compactación.

Además de la selección apropiada del cemento, son esenciales otros requisitos para lograr concretos durables expuestos a concentraciones de sulfatos, tales como: baja relación agua-material cementante, resistencia, adecuado contenido de aire, bajo asentamiento, adecuada compactación, uniformidad, recubrimiento adecuado del refuerzo, y suficiente curado húmedo para desarrollar las propiedades potenciales del concreto.

Otro aspecto importante es la supervisión. La razón de ser de la supervisión es la necesidad de garantizar el cumplimiento exacto de lo estipulado en los planos y especificaciones de los documentos contractuales, en este caso, referente a las estructuras de concreto.

III.2.2.4.1. Deterioro de las estructuras.

El concreto expuesto a concentraciones perjudiciales de sulfatos, procedentes del suelo y el agua, debe fabricarse con cementos resistentes a los sulfatos. Al seleccionar un cemento para resistir sulfatos, la principal consideración es su contenido de aluminato tricálcico (C_3A).

Para exposiciones severas, se especifica cemento tipo V con un contenido máximo de 5% de C_3A . Para exposiciones a agua de mar, pueden emplearse otros tipos de cemento con un contenido de C_3A hasta de 10% si se reduce la relación agua-material cementante máxima a 0.40.



Debido a que algunas de las propiedades que se pueden requerir en las estructuras de abastecimiento y salida de agua incluyen una alta resistencia a los sulfatos, vida útil larga, baja permeabilidad, resistencia al ataque químico y fácil colocación, pueden ser empleados los denominados concretos de alto desempeño (CAD), los cuales superan las propiedades y la constructibilidad del concreto convencional. Para producir estos concretos especialmente diseñados, se usan materiales normales y especiales y pueden ser necesarias prácticas especiales de mezclado, colado y curado.

Los concretos de alta resistencia se producen con materiales de alta calidad, cuidadosamente seleccionados y con la optimización del diseño de la mezcla. Estos materiales se dosifican, se mezclan, se colocan, se compactan y se curan con los más altos niveles de la industria. Típicamente, estos concretos tienen una relación agua-material cementante de 0.20 a 0.45. Se usan normalmente reductores de agua para volverlos fluidos y trabajables. El concreto de alto desempeño casi siempre tiene mayor resistencia que el concreto normal. Sin embargo, la resistencia no siempre es la principal propiedad requerida. Por ejemplo, un concreto con resistencia normal con durabilidad bien alta y baja permeabilidad se lo considera con propiedades de alto desempeño.

Algunas de las propiedades de estos concretos de alto desempeño consisten en:

- Alta resistencia a la abrasión. De 0 a 1 mm de desgaste.
- Resistencia al ataque de sulfatos. Expansión máxima de 0.10% en 6 meses de exposición moderada a sulfatos o expansión máxima de 0.50% en 6 meses de exposición severa a sulfatos.
- Baja permeabilidad.

En la tabla 5 se pueden apreciar los componentes utilizados en el concreto de alto desempeño.

Se propone además el uso de aditivos impermeabilizantes. Los aditivos impermeabilizantes reducen la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto. Uno de los mejores métodos para disminuir la permeabilidad del concreto consiste en el aumento del tiempo de curado húmedo y la reducción de la relación agua-cemento para menos de 0.50. La mayoría de los aditivos que reducen la relación agua-cemento, como consecuencia, reducen también la permeabilidad.



Material	Contribución principal/propiedad deseada
Cemento Portland	Material cementante/durabilidad
Cemento adicionado o mezclado	Material cementante/durabilidad/alta resistencia
Ceniza volante	Material cementante/durabilidad/alta resistencia
Escoria	Material cementante/durabilidad/alta resistencia
Humo de sílice	Material cementante/durabilidad/alta resistencia
Arcilla calcinada	Material cementante/durabilidad/alta resistencia
Metacaolinita	Material cementante/durabilidad/alta resistencia
Esquisto calcinado	Material cementante/durabilidad/alta resistencia
Superplastificante	Fluidez
Reductores de agua de alto rango	Reducción de la relación agua-cemento
Aditivos de control de hidratación	Control de fraguado
Retardadores	Control de fraguado
Aceleradores	Aceleración de fraguado
Inhibidores de corrosión	Control de la corrosión del acero
Reductores de agua	Reducción del contenido de cemento y de agua
Reductores de contracción	Reducción de la contracción
Inhibidores de RAS	Control de la reactividad álcali-sílice
Modificadores poliméricos/látex	Durabilidad
Agregado con granulometría optimizada	Mejoría de la trabajabilidad y reducción de la demanda de pasta

Tabla 5. Materiales usados en el concreto de alto desempeño.

Algunos materiales cementantes suplementarios, principalmente el humo de sílice, reducen la permeabilidad durante el proceso de hidratación y de la reacción puzolánica. Otros aditivos que actúan para bloquear la capilaridad del concreto se muestran eficientes en la reducción de la corrosión en ambientes químicamente agresivos.

Tales aditivos, diseñados para el uso en concretos con alto contenido de cemento y baja relación agua-cemento, contienen ácido graso alifático y una emulsión acuosa de glóbulos poliméricos y aromáticos.

III.2.2.4.1.1. Supervisión.

El concepto de supervisión como se usa en el campo de la construcción con concreto, incluye no solo observaciones y mediciones de campo si no también pruebas de laboratorio, con obtención y análisis de resultados.



Una responsabilidad importante del supervisor de concreto consiste en verificar la calidad de los materiales utilizados en él, porque a final de cuentas, los componentes finales utilizados en la mezcla de concreto deben ser de la calidad especificada.

Por otra parte, el principal ingrediente para una construcción de concreto específica es mano de obra de buena calidad en cada una de sus etapas y operaciones. El verificar esto constituye la mayor responsabilidad del supervisor de concreto.

Las habilidades manuales, la preparación técnica, la motivación y orgullo del trabajo bien hecho contribuyen a tener una buena mano de obra.

Las obligaciones que no pueden pasar desapercibidas por parte del personal de supervisión son las siguientes:

- Identificación, examen y aceptación de los materiales. Incluye la verificación de la calidad, con base en los certificados de pruebas entregados por los productores y proveedores, lo mismo que el muestreo y prueba de los materiales como se entreguen en obra.
- Control del proporcionamiento, dosificación, mezclado y ajustes de la mezcla, pruebas de consistencia, contenido de aire, temperatura y masa volumétrica del concreto.
- Revisión de la estructura de la cimbra y sus apoyos, de los moldes, del acero de refuerzo, de otros elementos ahogados, de limpieza y demás trabajos previos al colado.
- Supervisión del mezclado, transportación, colocación, consolidación, acabado, curado y protección del concreto.
- Preparación de las probetas de concreto requeridas para pruebas de laboratorio, incluyendo su curado y protección.
- Revisión somera de la planta y equipo del contratista, de las condiciones de trabajo, del clima y de otros factores que puedan afectar al concreto o a otros elementos de la estructura.
- Evaluación de los resultados de las pruebas y de las gráficas de comportamiento.
- Verificación de que se hayan corregido los procedimientos y elementos inaceptables.
- Preparación de registros e informes.



III.2.3. Soluciones aplicables a los caminos de acceso.

Básicamente, el único problema presentado en los caminos de acceso consiste en que las terracerías dificultan el tránsito en las temporadas lluviosas.

III.2.3.1. Terracerías inestables en temporadas lluviosas.

Los problemas de este tipo se presentan mayormente en sitios cuyos suelos presentan contenidos de arcilla, limo o ambos. En general, la temporada lluviosa promueve la expansión de los suelos arcillo-limosos, lo cual propicia su inestabilidad a tal grado que la transitabilidad en vehículos es muy difícil.

En general, el único tratamiento económico al que son susceptibles los suelos antes mencionados, es la compactación.

La principal propuesta para evitar este problema consiste en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos mediante la estabilización mecánica de éstos. En este caso, las propiedades a mejorar serían la estabilidad volumétrica, la resistencia y las características esfuerzo-deformación.

Los suelos mencionados, al poseer características de compactabilidad de regulares a buenas, deben ser compactados mediante equipo adecuado como los rodillos “pata de cabra”, llevando a cabo una estricta supervisión para asegurar una buena compactación. Se deben obtener rangos del peso volumétrico seco máximo (Proctor estándar) de 1.5 a 1.9 ton/m³. En sitios donde predomine el contenido de limo, se debe lograr una muy buena compactación, de lo contrario, se presentará una mala estabilidad.

Cabe destacar que debido a lo costoso de estos procedimientos y a la poca necesidad de recurrir a ellos, se recomienda llevar a cabo los procesos de compactación sólo a nivel de terraplenes y solo en las partes más susceptibles a daños, pues el hecho de realizar un pavimento completo con revestimiento ligero o tratamiento asfáltico, resulta en costos muy elevados en relación con las necesidades de las granjas.



III.3. Conclusiones capitulares.

Se analizaron tres casos situados en la región de estudio, arrojando algunos resultados e información similares acerca de sus respectivos problemas.

En general, se hizo evidente que la capacitación y supervisión para mejorar los procesos constructivos y de mantenimiento, se llevan a cabo de una manera reducida e inclusive nula en ciertos casos.

Algunos de los problemas más recurrentes en los casos estudiados interactúan con otros elevando la capacidad de daño en la totalidad del sistema de producción camaronícola.

Se realizaron propuestas para las infraestructuras exterior e interior a las granjas, así como también para los caminos de acceso a estas, con la finalidad de minimizar y/o eliminar los problemas encontrados en dichas partes, dado que, los alcances de esta investigación no pretenden revolucionar los diseños de los sistemas de producción camaronícola, ya sea en su modalidad semi-intensiva o intensiva.



IV. Conclusiones y recomendaciones.

A continuación se describen las conclusiones y recomendaciones pertinentes a la presente investigación.

IV.1. Conclusiones.

Para establecer las conclusiones de la presente investigación, es necesario hacer referencia a los objetivos de la misma:

- Creación de un esquema de requerimientos técnicos para evitar y/o corregir problemas comunes de diseño y construcción.
- Identificación de puntos clave para un buen diseño, tomando en cuenta los requerimientos técnicos de las granjas camaronícolas.
- Creación de información útil para la realización de proyectos de granjas camaronícolas.

La creación del esquema de requerimientos técnicos orientados a evitar y/o corregir problemas comunes de diseño y construcción, se logró mediante la realización de propuestas para las infraestructuras exterior e interior a las granjas, de igual manera para los caminos de acceso a estas.

La finalidad de dichas propuestas, tomando en cuenta los alcances de esta investigación, es la de minimizar y/o eliminar los problemas encontrados en las partes de las granjas. Las propuestas no pretenden revolucionar los diseños de la infraestructura de una granja camaronícola en sus modalidades de producción semi-intensiva o intensiva, el objetivo de éstas es el de tomar medidas preventivas en etapas de diseño y en su caso, medidas correctivas durante la operación tratándose de diseños tradicionales.

Los puntos clave para un buen diseño, tomando en cuenta los requerimientos técnicos de las granjas camaronícolas, se destacan como la aplicación de tecnologías y materiales nuevos, capacitación y supervisión en el diseño y construcción de cada una de las partes de una granja (figura 98).



En base a lo anterior se concluye que, para evitar y/o corregir los principales problemas presentados en las granjas, es necesario aplicar tecnologías y materiales nuevos, capacitación y supervisión en cada fase de proyecto y proceso constructivo a cada uno de los subtópicos del mapa conceptual en la figura 5. De esta manera, la vida útil de ciertas estructuras aumentaría considerablemente y los mantenimientos serían reducidos al realizar construcciones correctas, lo cual se vería reflejado positivamente en los costos productivos.

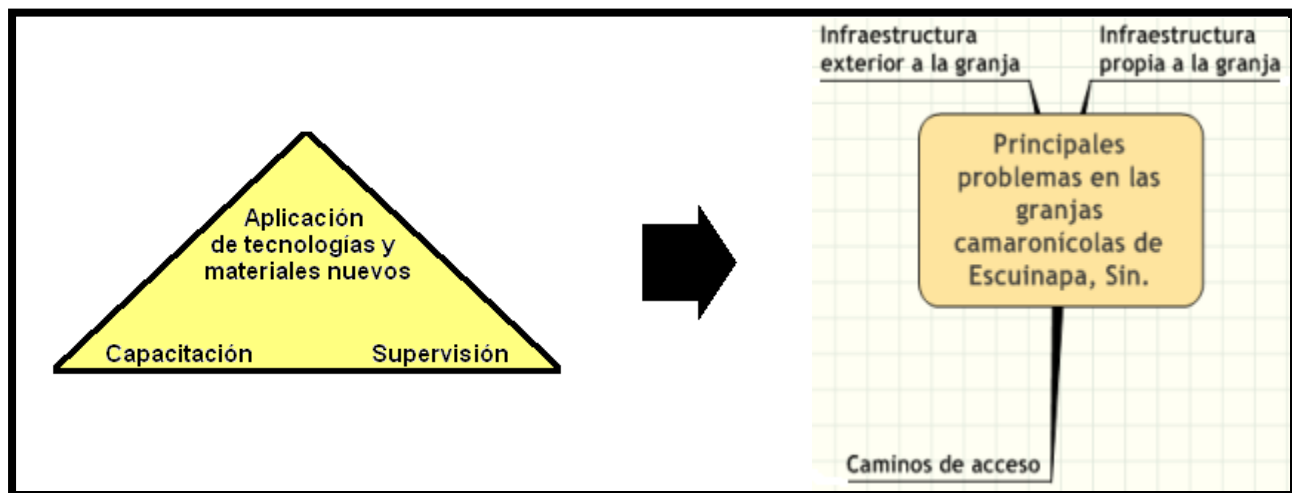


Figura 98. Aplicación de tecnologías y materiales nuevos, capacitación y supervisión en proyectos camaronícolas para evitar los principales problemas.

Finalmente y en base a toda la investigación, se logró la creación de información útil dentro de los límites de los alcances de investigación para la realización de proyectos de granjas camaronícolas invitando a tomar muy en cuenta la aplicación de tecnologías y materiales nuevos, capacitación y supervisión con el objetivo de obtener mejores resultados tanto constructivos como productivos.

Es de suma importancia mencionar que la investigación se enfocó a problemas referentes a los aspectos constructivos, sin embargo, existen aspectos dentro de la camaronicultura que propician otro tipo de problemas ajenos a nuestro campo de estudio, los cuales, aunados con los derivados de la ingeniería civil, dañan aún más a la camaronicultura en general.



IV.2. Recomendaciones.

Se recomienda que en todo proyecto camaronícola se deben llevar a cabo los estudios preliminares por parte de especialistas para la selección del sitio de ubicación. Los estudios básicos deben comprender consideraciones geotécnicas, hidráulicas y de calidad del agua.

Las condiciones hidrológicas y climatológicas deben de considerarse apropiadamente para evitar daños a la infraestructura de los proyectos. De igual manera, se podría contar con la posibilidad de realizar cultivos de más de un ciclo por año, puesto que en la región estudiada es normal solo un ciclo por año.

Los estudios y diseños para cada caso en particular deben ser exclusivos y no imitar a los ajenos a la configuración geográfica del sitio elegido.

En todo caso, sería óptimo que la construcción se llevase a cabo por compañías que estén especializadas en proyectos camaronícolas. Así mismo, es muy recomendable la contratación de una compañía supervisora para asegurar buenos resultados.

Existen dos tipos de acciones para mejorar el funcionamiento de un sistema de producción camaronícola en particular, las preventivas y las correctivas. En cualquier caso, las acciones preventivas son las más recomendables.

Es altamente recomendable el empleo de nuevas tecnologías para la automatización de ciertos procesos en el cultivo, lo cual reduciría los costos productivos.

En general, cada parte del proyecto camaronícola debe construirse con las técnicas, los materiales y el equipo más recientes, acordes y comercialmente disponibles en la medida de lo posible, para evitar resultados no deseados.



Se recomienda la modificación de los sistemas de toma de agua en casos donde su mantenimiento resulte más costoso que el empleo de otra alternativa.

Para evitar problemas con niveles constructivos y niveles de mareas para la extracción del agua, es recomendable la aplicación de la planeación, asesoría y supervisión al realizar cualquier proyecto. Para corregir problemas de este tipo se recomienda el uso de sistemas de bombeo flotante.

Ante el azolvamiento en los sistemas de toma de agua, es recomendable que después de cada ciclo de cosecha se realice un estudio batimétrico para determinar si es necesario o no el mantenimiento de las estructuras de toma de agua. Así mismo, se aconseja llevar el registro de los estudios mencionados a lo largo del tiempo para obtener el comportamiento estadístico del azolvamiento, lo cual hará posible una calendarización precisa y oportuna para realizar las tareas de desazolve.

Para los sistemas de descarga generales es necesario el empleo de lagunas de sedimentación con su diseño y construcción debidamente asesorados y supervisados por especialistas.

En el caso de la falla de compuertas de retención en lagunas de sedimentación, el diseño propuesto de lagunas de sedimentación en serpentín puede prescindir de compuertas de retención y ahorrarse los costos para construirlas, siempre y cuando se tomen en cuenta los parámetros adecuados. Sin embargo, para corregir el problema se recomienda la construcción de la bordería con revestimientos apropiados. Esta bordería debe extenderse por lo menos 2 m a cada lado de la estructura.

En cuanto a la construcción de las compuertas de retención en lagunas de sedimentación, es recomendable el uso de concretos de alto desempeño para brindar una alta resistencia a los sulfatos, larga vida útil, baja permeabilidad, resistencia al ataque químico y una fácil colocación. De igual manera, se propone el uso de aditivos impermeabilizantes para reducir la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto.



En cuanto a los canales de alimentación y descarga, para enfrentar el problema del azolvamiento se deben establecer parámetros para determinar la necesidad de desazolvar regularmente en función del agua empleada para el cultivo y del tiempo en que se realiza. Se recomienda la realización de estudios batimétricos después de cada ciclo de cosecha para obtener comportamientos de azolvamiento a lo largo del tiempo.

Para evitar el deterioro prematuro de las estructuras de control hidráulico se recomienda el uso de concretos de alto desempeño. Así mismo, es conveniente el empleo de aditivos impermeabilizantes para reducir la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto.

En el caso de la erosión de la bordería en canales de alimentación que también funcionen como reservorios, se recomienda la construcción de bordos de sección homogénea modificada.

Para los canales de descarga simplemente se recomienda el mantenimiento periódico y oportuno de éstos. Además, se deberá incluir la remoción del contenido excesivo de vegetación en los taludes y el supervisar que el fondo de estos canales quede nivelado apropiadamente.

Para evitar configuraciones y geometría irregular de los estanques es recomendable la asesoría y planeación conjuntas tomando en cuenta algún plan de desarrollo.

En cuanto a la erosión de la bordería en estanques, es recomendable el empleo de bordos de sección homogénea modificada. Para los bordos interiores, simplemente se recomienda el revestimiento de los taludes. En ambos tipos de bordos, internos y externos, el control del proceso de relleno en los cortes necesarios para construir las estructuras de entrada y salida de agua, debe contar con una estricta supervisión, sobre todo en los procesos de compactación.

Las superficies sin nivelación apropiada en los estanques se pueden evitar mediante la supervisión de cualquier tipo de trabajo referente al movimiento de tierras.



Para evitar problemas de nivel de mareas respecto al fondo de los estanques, es imprescindible que en etapas de diseño se cuente con asesoría especializada. Como medida correctiva, la cosecha se puede llevar a cabo mediante sistemas de bombeo.

Para las estaciones de bombeo es recomendable el uso de sistemas de bombeo flotantes y tomar en cuenta el empleo de sistemas de combustión interna y eléctricos.

En cuanto a las estructuras de abastecimiento y salida de agua, se recomienda el uso de concretos de alto desempeño. De igual manera, es conveniente el empleo de aditivos impermeabilizantes para reducir la tasa en la cual el agua bajo presión se transmite a través del concreto.

En general, la supervisión en todos los procesos constructivos donde intervengan colados de concreto es crucial para obtener buenos resultados.

Para evitar problemas en los caminos de acceso es recomendable el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos mediante la estabilización mecánica de éstos. Se debe contar con asesoría y supervisión adecuadas para llevar a cabo este tipo de procesos y se deben realizar sólo a nivel de terraplenes y sólo en las partes más susceptibles a daños.

Por último sería recomendable que organismos afines a la acuicultura como CONAPESCA realizaran labores enérgicas en materia de asesorías, capacitaciones, supervisión de proyectos y construcción de granjas camaronícolas con el objetivo de evitar todo problema que se interponga a la capacidad productiva de este tipo de obras.



Bibliografía.

- Impermeabilización de lagunas artificiales. Auvinet y Esquivel. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México, 1986.
- Manual para supervisar obras de concreto. IMCYC. México, 2002.
- Diseño y control de mezclas de concreto. Portland Cement Association. EUA, 2004.
- Diagnóstico Integral de las Granjas Camaronícolas en el Estado de Sinaloa. FAO México, 1990.
- Methods for Improving Shrimp Farming in Central América. Pacific Aquaculture & Coastal Resources Center (PACRC). Hawaii, 2002.
- Guías para el cultivo de camarón en granjas camaronícolas en el estado de Sinaloa. Formación de administradores de granjas acuícolas/Bancomext/FAMAC. Culiacán, Sin. 1997.
- Diseño e instalaciones de una granja de producción semi-intensiva de camarón en el Estado de Sinaloa. Mondragón Casillas, Jorge. México, 1995.

Otras fuentes de información.

- Entrevistas a propietarios de granjas camaronícolas de Escuinapa, Sin.
- Entrevistas a ingenieros civiles relacionados con la construcción de granjas camaronícolas de Escuinapa, Sin.
- Proyectos ejecutivos de granjas camaronícolas del sur del Estado de Sinaloa; documento interno consultado en las oficinas de CONAPESCA en Mazatlán, Sin.
- Producciones nacionales e internacionales de camarón cultivado; documento interno consultado en las oficinas de CONAPESCA en Mazatlán, Sin.
- Producciones para las granjas camaronícolas del municipio de Escuinapa, Sin.; documento interno consultado en las oficinas de SAGARPA en Escuinapa, Sin.



Páginas Web.

- Página oficial del municipio de Escuinapa, Sin.
www.escuinapa.gob.mx
Información geográfica general del municipio de Escuinapa, Sin.
Fecha de consulta: enero de 2006.
- Página oficial de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
www.fao.org
Información general acerca de la camaronicultura en Estado de Sinaloa.
Fecha de consulta: junio de 2006.
- Página oficial de la compañía Etec, S.A. Soluciones de ingeniería en el manejo de aguas.
www.etecsa.com
Información acerca de equipo de bombeo.
Fecha de consulta: abril de 2007.