

SEP
D. G. C. Y. T. M.

201



OXIGENADOR EOLICO



TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN DISEÑO
INDUSTRIAL, PRESENTA JORGE APATIGA CASTRO



Diseño Industrial

MEXICO D.F.

1985



UNAM

Facultad de Arquitectura/Unidad Académica de Diseño Industrial/ Coordinación de Diseño Aplicado



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

1 NECESIDAD	6
1.1 INTRODUCCION	6
1.2 LA ACUACULTURA EN MEXICO	8
1.3 LA ENERGIA EOLICA COMO RECURSO RENOVABLE	14
1.4 INCIDENCIA DEL PROYECTO EN SU AREA	15
1.4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.5 EQUIPO EN USO ACTUALMENTE	22
1.5.1 SINTESIS	25
1.6 OBJETIVOS	27
2 CONDICIONANTES	28
2.1 DE COSTO DEL PRODUCTO	28
2.2 DE PROCESOS DE FABRICACION	28
2.3 DE USO DE MATERIALES	28
2.4 ASPECTOS FISICOS Y NATURALES DE LA ENERGIA EOLICA	30
2.4.1 EOLICIDAD EN LA REPUBLICA MEXICANA	32
2.5 CLASIFICACION DE ROTORES PARA LA EXTRACCION Y CONVERSION DE LA ENERGIA EOLICA	37
2.6 CONDENSACION Y RETROESPECTIVA DEL DISEÑO	39
2.6.1 RESULTADOS TECNICOS DEL PROTOTIPO EN LA PAZ, B.C.S.	48
3 DISEÑO	49
3.1 FOTOS PROTOTIPO	49
3.2 MEMORIA DESCRIPTIVA	52
3.2.1 COMPONENTES	52
3.2.2 DESCRIPCION DEL OBJETO	53
3.2.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS	58

CONTENIDO



3.3 PLANOS	58
3.3.1 PLANOS GEOMETRALES	58
3.3.2 CORTES Y DETALLES	60
3.3.3 DESPIECE ISOMETRICO	62
3.3.4 PLANOS	67
3.3.5 DIAGRAMAS ERGONOMICOS	69
3.4 MEMORIA DE CALCULO	71
3.4.1 POTENCIA, R.P.M. Y EFICIENCIA	71
3.4.2 ESTRUCTURALES	74
3.5 VENTAJAS DE DISEÑO	77
3.5.1 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS	79
3.5.2 APROVECHAMIENTO DE MATERIAL	82
3.5.3 COSTOS	84
3.5.4 CONCLUSIONES	86
4 BIBLIOGRAFIA	88

CONTENIDO



1.1 INTRODUCCION

El hombre como ser creativo y modificador, se adapta al entorno natural en que vive, pero siente la inquietud de satisfacer sus necesidades y trata de dar respuesta a través de objetos o herramientas como testimonio a su búsqueda, pues éstos forman una segunda naturaleza que el a creado y que forma parte de su vida cotidiana.

El Diseño Industrial, como una actividad creativa y específicamente humana, pretende de esta forma encontrar la armonía entre la satisfacción de las necesidades objetivas y subjetivas del ser humano a través de la expresión viviente que resulta de un medio físico, social y cultural traduciéndolo a un objeto producido en grandes cantidades.

El Diseñador Industrial participa principalmente proponiendo las soluciones que afectan la relación hombre-objeto, y es capaz de integrarse con expertos en la industria y otras disciplinas, sus bases culturales le permiten ubicar la profesión en su verdadera dimensión y entender su responsabilidad como medio comunicador y modificador.

En México el Diseñador Industrial tiene el compromiso de ayudar a la conservación de nuestra cultura amenazada por tecnologías extranjeras que unicamente nos hacen más dependientes, pudiendo proponer un contacto permanente con la realidad, tanto en el hallazgo y conocimiento de las necesidades de la sociedad, como en las posibilidades de la industria para responder y satisfacerlas.

En el presente documento pretendo considerar el uso de recursos y tecnologías simples, que interactuen correctamente.

Es un hecho que los recursos energéticos convencionales que en su mayoría son no renovables tendrán sus límites de producción a nivel mundial en un futuro no muy lejano, especialmente en el caso del petróleo y gas.



1. NECESIDAD



Un país como México se ha visto favorecido con vastas reservas de hidrocarburos, tendrá tarde o temprano que ajustarse a los cambios que se pronostican en este sector, y que pretenden un aprovechamiento racional de energía.

En el marco de esa búsqueda y desarrollo de recursos no convencionales, la Acuicultura y la Energía Eólica ocupan un lugar importante en la actual crisis de energéticos como recursos disponibles; sin embargo no se les ha dado la importancia que merecen, por consiguiente pretendo conjugar éstos dos recursos en beneficio del hombre a través de un Diseño Industrial más sencillo, más práctico menos contaminante y enfatizado hacia la satisfacción de las diferentes necesidades del hombre en el futuro.

1. NECESIDAD



1.2 LA ACUACULTURA EN MEXICO

La Acuicultura es la ciencia y arte del cultivo de organismos acuáticos. Los objetivos de este recurso son entre otros : aumentar el consumo de especies y ritmo de crecimiento, cuidar su alimentación, evitar enfermedades, proteger los ecosistemas producir mayor cantidad de proteínas, y además incrementar divisas y empleos; su eficiente realización representa múltiples ventajas socioeconómicas para la región que las aplica.

La Acuicultura enmarca actividades en agua dulce, salobre y salada.

No es un nuevo campo de esfuerzo humano dado que las civilizaciones del Lejano Oriente han practicado la Acuicultura cuando menos 500 años A.C. el cultivo de ostión y otros esfuerzos acuaculturales han sido registrados por los griegos y romanos. En México la acuicultura precolombina se desarrolló entre lagos, lagunas y jagüeyes que sirvieron a nuestros antepasados para proveerse de agua y aprovechar como alimento los organismos acuático que ahí se desarrollaban en forma silvestre. Sería hasta las postrimerías del siglo XVIII, cuando se realizan los primeros trabajos sobre Acuicultura en los lagos de Zumpango y Xochimilco.

Desafortunadamente la Acuicultura no ha progresado con la misma rapidez que la Agricultura. La aplicación del desarrollo científico y tecnológico a la Acuicultura se ha retrasado por varias razones; una de ellas es que el hombre se identifica más fácilmente con las plantas y los animales terrestres, debido a que es un animal terrestre. En consecuencia no ha habido tanto apoyo hacia la investigación para la Acuicultura. Conforme la población aumente y la escasez de alimentos sea más aguda, la Acuicultura tendrá un papel cada vez más importante en el abastecimiento mundial de los alimentos...

Un país como México, que cuenta con un poco más de 1.3 millones de hectáreas de aguas continentales, no puede ni debe

1. NECESIDAD



ignorar este recurso natural. Más que todo, presionado por una población en constante aumento, por lo que se necesita aprovechar todos estos recursos en toda su capacidad productiva explotándolos pero sin destruirlos; el logro de estos objetivos se considera como la meta de los pueblos que luchan por su desarrollo superando los cuellos de botella que no permiten progreso rural.

Es por eso que en México en los últimos años se ha impulsado la Acuicultura intensiva en zonas indígenas marginadas. Hoy funcionan varios centros acuículas y albergues donde se imparten cursos y prácticas intensivas a piscicultores campesinos. Por otra parte se han intensificado los cultivos de: ostión, mejillón, caracol, camarón, langostino y varios tipos de peces: tilapia, bagre, carpa rayada, etc. Por lo tanto puede concluirse que en cada entidad federativa existen varios programas acuículas.

A continuación se muestran listas de laboratorios, plantales, granjas, piscifactorías y centros acuículas del país:

- RELACION DE CENTROS ACUICOLAS EN OPERACION -

<u>PISCIFACTORIA</u>	<u>ESPECIE</u>
1 Pabellón de Hidalgo	Tilapia, bagre, carpa, lobina
2 Esteban Chazari	Tilapia
3 Guacho chic	Trucha
4 Madera	Trucha
5 Boquilla	Bagre
6 Don Roque	Bagre, Carpa E. Tilapia, T. Híbridos
7 Benito Juarez	Tilapia Mossambica, Nilotica
8 Jala	Tilapia
9 Valle De Guadiana	Carpa, Mojarras De A.A.
10 Canatlán	Carpa Espejo
11 El Zarco	Trucha

1. NECESIDAD



12	Jaral De Berrio	Carpa, Tilapia
13	Tezontepec	C. Barrigona, Espejo, Herbí- dra Plateada Cabezona, Brema, Tilapia
14	Las Pintas	Carpa
15	Tenacatila	Tilapia Roja, Aurea
16	Tiacaque	Carpa y Trucha
17	Pátzcuaro	Carpa, P. Blanco
18	Pucuató	Trucha
19	Zacapu	Carpa, P. Blanco
20	El Rodeo	Tilapia
21	Zacatepec	T. Hornorum, Mossambica.
22	Temascal	Tilapia
23	Tlacolula	Tilapia
24	Jalapa De Marquez	Tilapia
25	Apulco	Trucha
26	El Peaje	Carpa
27	El Varejonal	T. Aurea, Híbrido, Bagre
28	Walamo	Tilapia
29	Chametla	Langostino y Tilapia
30	Vicente Gro.	Bagre, Lobina, Tilapia, Moja- rra
31	Tancol	Bagre
32	El Morrillo	Bagre
33	La Tortuga	Tilapia
34	Los Amates	Tilapia
35	Tebanca	Tilapia
36	Sontecomapan	Langostino y Tilapia
37	Préstamo de piedra	Tilapia
38	Puerto Ceiba	Tilapia
39	Teapa	Tilapia
40	Salinillas	Bagre

I. NECESIDAD



- PROGRAMAS ACUICOLAS EN AGUAS SALOBRES Y MARINAS-

ENTIDAD	OFICINA DE ACUACULTURA	PROGRAMA
Tamaulipas	Tampico	1 Programa Ostrícola
		3 Granjas de Camarón
	Valle Hermoso	1 Granja de Langostino
		1 Granja Ostrícola
		2 Encierros de peces
Veracruz	Tuxpan	1 Programa Ostrícola
	El Real-Sontecomapan	Engorda de Acamaya
		Granja de Langostino
Tabasco	Puerto Ceiba	1 Programa Ostrícola
Campeche	Cd. del Carmen	4 Programa Ostrícola
		4 Encierros de Peces
		3 Encierros de Camarón
Yucatán	Mérida	2 Encierros de Camarón
Baja California	Eréndira	1 Lab. de Semillas de Moluscos
		2 Programas Ostrícolas
		1 Cultivo de Almeja
B.C. Sur	Bahía Tortugas	1 Lab. de Semillas de Moluscos
		1 Programa de Ostión
		1 Cultivo de Camarón
		1 Cultivo de Almeja
		Catarina

1. NECESIDAD



ENTIDAD	OFICINA DE ACUACULTURA	PROGRAMA
Sonora	Cd. Obregón	1 Programa Ostrícola 1 Encierro de Camarón
Sinaloa	Rosario Chametla Walamo Culiacán Los Mochis	2 Cultivos de Camarón 1 Granja de Langostino Unidad de Producción de Langostino 1 Programa Ostrícola 1 Programa Ostrícola 1 Cultivo Callo de Hacha

- PLANTELES DE LA DIRECCION GENERAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEL MAR QUE IMPARTEN LA CARRERA DE ACUACULTURA -

CET Alvarado, Ver.
 CET Campeche, Camp.
 CET Guaymas, Son.
 * CET La Paz, B.C.S.
 CET Salina Cruz, Oax.
 CET Veracruz, Ver.
 CET Manzanillo, Col.
 CET Topolobampo, Sin.
 CET Lazaro Cardenas, Mich.
 CET Frontera, Tab.
 CET Tuxpan, Ver.
 CET Teacapan, Sin.
 ITMAR Veracruz, Ver.
 ITMAR Mazatlan, Sin.

I. NECESIDAD



- RELACION DE ALBERGUES PARA CAPACITACION ACUICOLA DE LA DIRECCION GENERAL DE ACUACULTURA (S E P E S) -

EN OPERACION:

El Rodeo, Mor.
Tlacaque, Edo. de México
El Zarco, D.F.
Tezontepec, Hgo.
Valle de Guadiana, Dgo.
El Platanito, Mich.
Matzinga, Ver.
San Cayetano, Nay.

EN EQUIPAMIENTO:

Apulco, Pue.
El Varejonal, Sin.
Tenacatita, Jal.
Vicente Guerrero, Tamps.
Pabellón de Hidalgo, Ags.

EN PROYECTO:

San Blas, Nay.
Tuxpan, Ver.

I. NECESIDAD



1.3 LA ENERGIA EOLICA COMO RECURSO RENOVABLE

La energía que necesita la humanidad es suministrada principalmente por los combustibles fósiles, las reservas naturales de éstos combustibles se están agotando rápidamente por el consumo acelerado que se ha hecho de ellos, esto ha traído como consecuencia un aumento en el precio del petróleo, que ha afectado la economía mundial; a esto se le ha llamado "crisis energética" sumado a ello han surgido problemas químicos y de contaminación por la quema de estos combustibles.

Esta circunstancia ha obligado a la búsqueda de nuevas fuentes energéticas que sean factibles de ser utilizadas a corto y largo plazo. Entre las alternativas que han sido consideradas se encuentra la energía Nuclear, de la cual se ignoran todavía muchas cosas, por ejemplo: sus costos de generación, cantidad y duración de las reservas de uranio, puesto que no es un recurso renovable, disponibilidad, etc. lo que si se sabe es que existen peligros asociados con su consumo, como la contaminación térmica y la radioactividad. Es por eso que varios países han renovado su interés en el uso de la Energía Eólica que es una fuente energética limpia, que no produce contaminación, es inagotable, prácticamente de uso inmediato y sus costos pueden ser razonables considerando el avance que tiene México en la tecnología y el Diseño Industrial.

I. NECESIDAD



1.4 INCIDENCIA DEL PROYECTO EN SU AREA

La Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar (S.E.P.) creó un programa de desarrollo tecnológico que tiene entre otras metas sustituir tecnologías extranjeras, detectando necesidades de equipo y herramientas que faciliten y optimicen las actividades acuaculturales tanto en los planteles de educación tecnológica del mar, como en los laboratorios, granjas y centros acuícolas de todo el país. Además, mejorar los diseños nacionales en cuanto a función, producción, costo y estética. No obstante, investigadores y acuacultores tratan de remediar la situación adaptando e implementando equipos y objetos que ellos mismos construyen en forma espontánea y artesanal, y que no funcionan adecuadamente. Esto es consecuencia de que su perfil de actividades no está enfocado a la investigación, diseño y fabricación de dichos equipos y el tiempo perdido en elaborarlos es importante, pudiendo afectar la producción acuícola.

* Proceso por el cual todas las plantas transforman el a zucar esencial llamado la G lucosa para obtener oxígeno; con la ayuda del Pigmento característico de las plantas (Clorofila) y por supuesto la Luz Solar.

Este documento muestra sólo uno de varios proyectos y se pretende dar respuesta a una de tantas necesidades en el área de acuicultura.

1.4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

** Conjunto de seres vivos de las aguas dulces y marinas, poco activos, son de tamaño mínimo (micrométrico), casi transparentes y no nadadores. Abarcan tanto vegetales (Fitoplancton) como animales (Zooplancton).

Casi todos los organismos acuáticos, con la excepción de algunas bacterias, deben tomar oxígeno para sobrevivir. La mayoría de estos organismos deben extraer su oxígeno del agua. Así tanto la extracción como la adición del oxígeno al agua son operaciones de importancia fundamental para los organismos acuáticos (peces, moluscos, crustáceos)

El 90% de obtención de oxígeno en el agua es de origen biológico, y es a través de la fotosíntesis* donde plantas acuáticas (plancton**) la realizan. El 10% restante es de origen químico, donde interviene la atmósfera por difusión.

I. NECESIDAD



Las fluctuaciones de concentración de oxígeno disuelto en el agua varían según las condiciones de presión atmosférica (tabla 1); Salinidad, temperatura (tabla 2) y principalmente luz.

Tabla 1. La solubilidad del oxígeno disuelto decrece al disminuir la presión atmosférica (presión barométrica). Por ejemplo a 25°C:

Altitud sobre el nivel del mar (en mts.)	Concentración de oxígeno en agua en mg./lt.
0	8.4
500	7.9
1500	7.0
2000	6.6
2500	6.2
3000	5.8

La solubilidad del oxígeno en el agua también decrece con el incremento de la salinidad. A temperaturas de 20° a 35°C la solubilidad de oxígeno disuelto decrece cerca de 0.008 mg/lt gramos por litro por cada incremento de 210 mg/lt de salinidad.

Tabla 2. La solubilidad de oxígeno disuelto en agua pura a presión atmosférica standard a nivel del mar (1 atmósfera):

c°	mg/lt	c°	mg/lt	c°	mg/lt
0°	14.16	12°	10.43	24°	8.25
2°	13.40	14°	9.98	26°	7.99
4°	12.70	16°	9.56	28°	7.75
6°	12.06	18°	9.18	30°	7.53
8°	11.47	20°	8.84	32°	7.32
10°	10.92	22°	8.53	34°	7.13

I. NECESIDAD



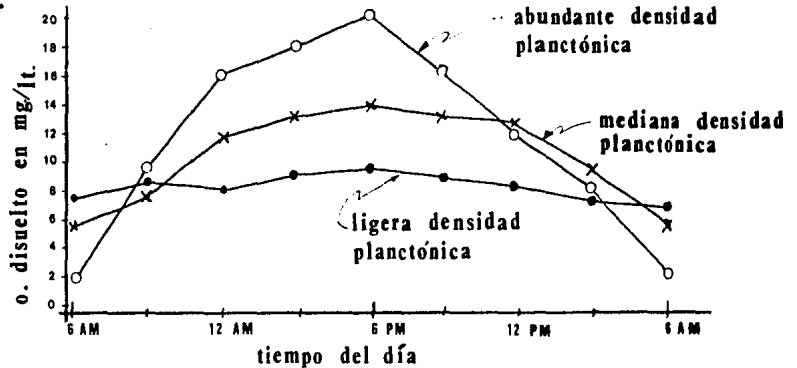
La fotosíntesis por fitoplancton requiere de luz pero se ve afectada por varias razones:

1- La creación de la capa superficial -nata- que es la acumulación de desechos orgánicos e inorgánicos debido al estancamiento del agua.

2- El volumen excesivo de fitoplancton, esto es: La fotosíntesis disminuye con el decremento de la intensidad luminosa y conforme el plancton se vuelve más abundante decrece ésta. La producción de oxígeno disuelto es extremadamente alta cerca de la superficie, pero debido al efecto de sombra, la tasa de producción de oxígeno decrecerá rápidamente con la profundidad.

En estanques donde el plancton es menos abundante, las tasas de producción de oxígeno disuelto no son tan altas dentro de la capa iluminada de agua, pero habrá una producción apreciable de oxígeno disuelto a mayores profundidades que en estanques de gran turbidez planctónica.

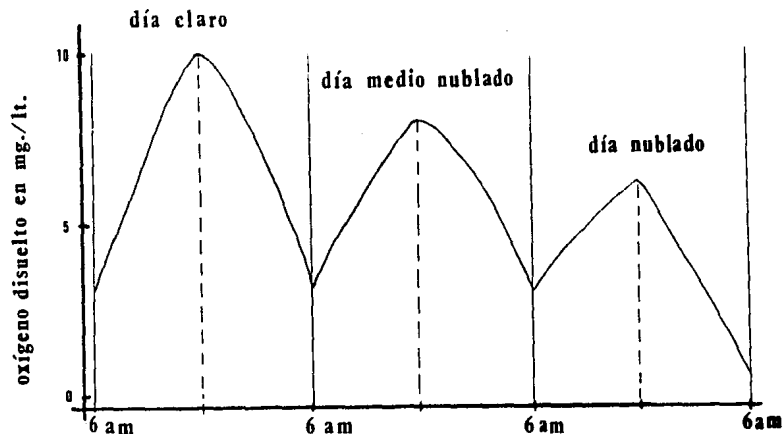
(Fig.1) Fluctuaciones diarias de las concentraciones de oxígeno disuelto en agua en estanques con diferentes densidades de plancton.



3- Otra razón es que la luz solar sólo se presenta a determinadas horas del día, existiendo una marcada fluctuación en la concentración de oxígeno disuelto, pues son más bajas al empezar la mañana, justo después de salir el sol; se incrementan durante las horas de luz de día hasta un máximo ya entrada la tarde, y decrece otra vez durante la noche.

Los días nublados también afectan las concentraciones de oxígeno:

(Fig.2) Influencia de un período nublado sobre las concentraciones de oxígeno disuelto en estanques acuícolas.



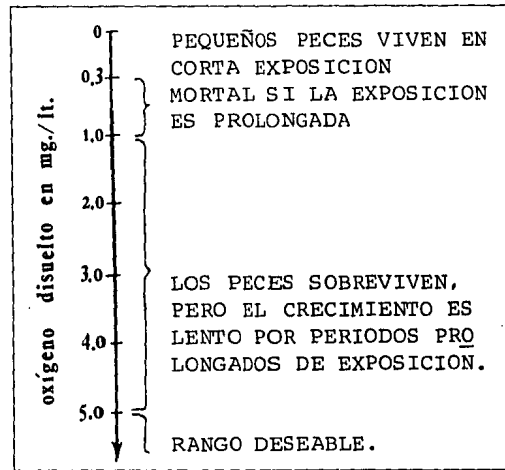
Todos estos factores afectan en cierta forma el proceso de la fotosíntesis; es entonces cuando podrá aparecer un agotamiento de oxígeno en el agua, que afecta adversamente a los organismos acuáticos aun en niveles que no causen mortalidad, haciéndolos más

1. NECESIDAD



susceptibles a parásitos y enfermedades. además no comen ni crecen como deberían cuando las concentraciones de oxígeno disuelto permanecen continuamente por debajo de los 4 ó 5 mg./lt.de agua. La concentración mínima para la sobrevivencia de los organismos acuáticos varía con el tiempo de exposición, por ejemplo un pez puede tolerar una particularmente baja concentración de oxígeno disuelto por algunas horas sin sufrir algún efecto dañino, pero morirá si es expuesto a la misma concentración por varios días. La concentración de oxígeno disuelto tolerada por peces en estanques es ilustrada a continuación, con datos adicionales sobre requerimientos de oxígeno:

(Fig.3) Efectos en las concentraciones de oxígeno disuelto en estanques y concentraciones letales de oxígeno disuelto reportadas para especies seleccionadas de estanques Piscícolas:



I. NECESIDAD



ESPECIES	NIVEL LETAL mg./lt.
CARASSIUS AURATUS (CARPA DORADA)	0.1 a 2.0
CATLA CATLA	0.7
CIRRHINA MRIGALA	0.7
CTENOPHARYNGODON IDELLA (CARPA HERVIVORA)	0.2 a 0.6
CYPRINUS CARPIO (CARPA COMUN)	0.2 a 0.8
HIPOPHthalmichthys MOLITRIX (CARPA PLATEADA)	0.3 a 1.1

Las fluctuaciones diarias de oxígeno disuelto en estanques Piscícolas aparentemente tienen poco efecto en la alimentación y crecimiento siempre y cuando la concentración mínima del día no caiga por abajo de 1 o 2 mg./lt. en la madrugada y alcance la saturación dentro de las primeras horas después de la salida -- del sol.

Químicamente la atmósfera es un vasto reservorio de oxígeno, y el oxígeno atmosférico es ligeramente soluble al agua. Los vientos, el oleaje y las fuertes y frías lluvias pueden favorecer las concentraciones de oxígeno por difusión. Por lo tanto a pesar de ser la fotosíntesis por fitoplancton la mayor fuente de oxigenación del agua en estanques, si no es auxiliada en ocasiones por la atmósfera por difusión, pueden presentarse bajas concentraciones de oxígeno:

Tabla 3. Rangos de ganancias y pérdidas esperadas de oxígeno disuelto causadas por diferentes procesos en estanques piscícolas. Para estanques de 1.0 a 1.5 metros de profundidad promedio:

1. NECESIDAD



PROCESO	RANGO mg/lt.
GANANCIAS:	
Fotosíntesis por fitoplancton	5 a 20
Difusión	1 a 5
PERDIDAS	
Respiración planctónica	5 a 15
Respiración por peces	2 a 6
Respiración por organismos bentónicos	1 a 3

La difusión de oxígeno dentro de los estanques unicamente ocurre cuando las aguas están por debajo de la saturación.

Es entonces cuando los Acuacultores e Investigadores están preocupados frecuentemente y tratan de familiarizarse con la dinámica de las concentraciones de oxígeno disuelto en estanques, proponiendo algunos métodos de prevención para bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

I. NECESIDAD



1.5 EQUIPO EN USO ACTUALMENTE

(METODOS DE PREVENCION PARA BAJAS CONCENTRACIONES DE OXIGENO DISUELTO EN AGUA EN ESTANQUES ACUICOLAS)

1- La aplicación de al menos de 6 a 8 miligramos por litro de permanganato de potasio que ha sido frecuentemente recomendada en E.U.A.

El permanganato de potasio sirve supuestamente para oxidar la materia orgánica y bajar la demanda de oxígeno disuelto en el estanque. Recientes investigaciones han demostrado que el permanganato de potasio es poco útil para este propósito y que su aplicación actualmente incrementa el período de tiempo requerido para que las concentraciones de oxígeno disuelto regresen a sus niveles normales.

2- Otra forma de difundir oxígeno en el agua es a través de policultivos pero desafortunadamente son pocos los ejemplos; uno de ellos es el de la mojarra y el pato, este último desempeña una labor importante dentro del estanque, ya que al estar pataleando en el agua provoca pequeñas turbulencias y evita que el agua no quede estática. Gracias a esto se obtiene oxígeno disuelto en el agua, además la producción de sus desechos es utilizada como alimento para algunas bacterias, las cuales a su vez producen ciertos nutrientes capaces de favorecer el desarrollo del plancton, que entonces sirve de alimento para la mojarra y además es la principal herramienta para la fotosíntesis.

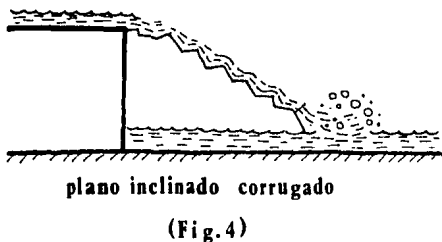
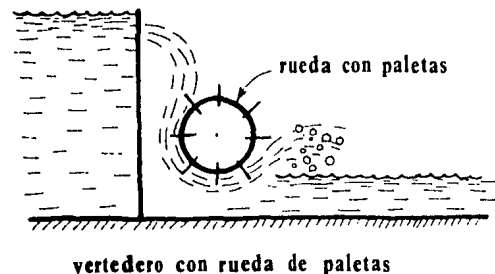
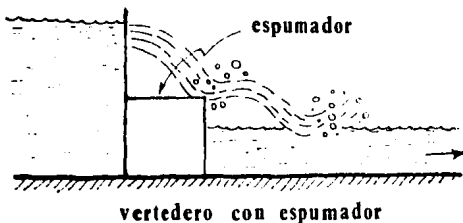
Por otra parte el pato es beneficiado al encontrarse en su habitat alimentándose de algunos desechos vegetales como algas.

Esta relación entre dos o más especies donde el beneficio es mutuo se le conoce como simbiosis; pero desafortunadamente en Acuicultura son pocos los ejemplos de policultivos destinados a concentrar oxígeno en el agua. Además la eficiencia no es tan buena.

3- Otro método para difundir oxígeno al agua es el llamado

1. NECESIDAD





aereación por gravedad, es decir: por la caída libre del agua en forma de cascadas, rompiéndola mediante rejillas y en estanques escalonados. (Fig.4)

El aporte de oxígeno por las cascadas está en función de:

- El caudal
- De la superficie de contacto del agua con el aire
- De una importante altura en la caída
- De la amplitud de la cascada

por lo tanto el aporte de oxígeno por las caídas está limitado y determinado por las restricciones del Diseño Hidráulico, dimensional y topográfico del sistema.

4- El único procedimiento auxiliar realmente efectivo para prevenir las bajas concentraciones de oxígeno en estanques, es la utilización de artefactos mecánicos llamados comúnmente aereadores, éstos como su nombre lo indica, aerean el agua en forma mecánica, permitiendo un intercambio de oxígeno atmosférico y el agua para tratar de establecer un equilibrio, es decir, igualar las condiciones de la atmósfera con el agua. Así mismo evita la -nata- que ocasiona la disminución de la luz solar para la fotosíntesis, bloquea la difusión de oxígeno en el agua y provoca contaminación y disturbios en la Ecología del cultivo.

El objetivo principal de estos aereadores es remover el agua del estanque con alto contenido de oxígeno disuelto en la superficie y mezclarla con la de bajo contenido del mismo en las profundidades del estanque.

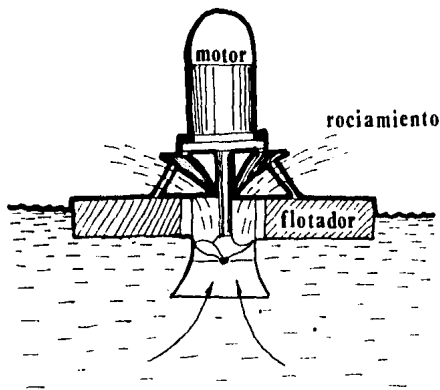
La agitación, la circulación, el oleaje, las burbujas, las turbulencias, la caída de agua, etc. son características que incrementan la difusión de oxígeno en el agua del estanque, obteniendo una capacidad de retención de oxígeno durante varias horas.

Existen varios tipos de aereadores mecánicos:

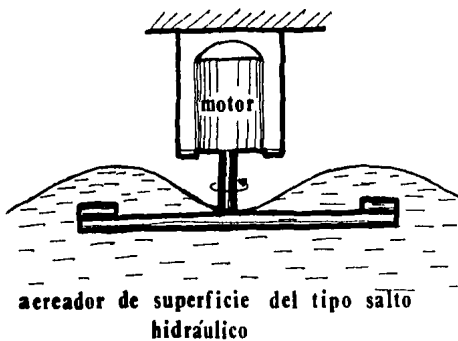
A) Aereadores superficiales (Fig.5) tipo rocío y salto Hidráulico. Son dispositivos que agitan el agua de tal manera que se logran proporciones considerables de transferencia de oxígeno.

I. NECESIDAD





aerador de superficie del tipo rocío



aerador de superficie del tipo salto hidráulico

(Fig. 5)

Estos aeradores son más efectivos en estanques pequeños o cuando varios son utilizados en estanques grandes.

B) Aeradores de Bomba. son más potentes, utilizados generalmente en aguas estancadas, ambientes naturales y estanques grandes donde el oxígeno es muy escaso. consiste en remover el agua bombeándola de abajo hacia arriba o trasladándola de un estanque a otro.

Estos aeradores funcionan poco en comparación con la energía consumida, ya que operan a partir de una fuente de poder tomada de un tractor.

C) Aeradores Difusores. (Fig.6) El aire u oxígeno es inyectado por medio de compresoras en forma de burbujas al fondo del estanque a través de tuberías de difusión colocadas en el fondo. La transferencia de oxígeno ocurre cuando las fuerzas boyantes causen que estas burbujas muevan el líquido hacia la superficie. Existen varios tipos de Aeradores Difusores. Utilizan como fuente de energía la eléctrica. Los Difusores presentan el inconveniente de que se obturan rápidamente.

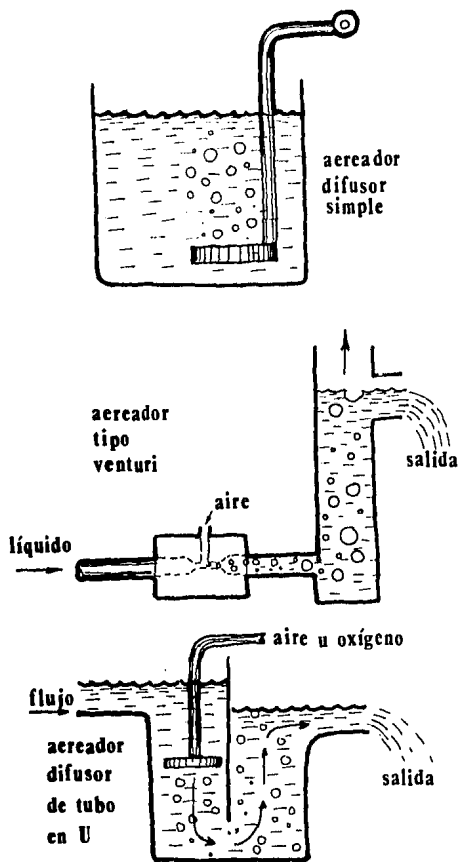
D) Hidroinyectores. (Fig.7) Están constituidos por bombas sumergidas que mezclan el aire con el agua que ellas recirculan. El aire es aspirado por depresión. La fuente de energía utilizada es la eléctrica.

E) Aeradores de Turbina. (Fig.8) Este dispositivo es soportado por estructuras en lo alto del estanque o por flotadores. La hélice debe ser protegida por una rejilla, sin embargo ésta se tapa rápidamente y debe ser limpiada.

F) Aerador Flotante. (Fig.9) Recientemente en China se ha desarrollado el empleo de un aerador mecánico. Está montado sobre flotadores instalados en el centro del estanque, constituido además por un impulsor con tubos con aire, el cual gira rápidamente lanzando agua aerada a lo alto. La fuente de energía es un motor eléctrico.

I. NECESIDAD





(Fig.6)

G) Difusión Directa de Oxígeno. Se realiza en el fondo del estanque por medio de una serie de difusores alimentados por botellas o recipientes presurizados. Este procedimiento es costoso y todavía está en etapa experimental.

1.5.1 SINTESIS

Todos estos métodos o sistemas para oxigenar agua en estanques Acuícolas tienen ventajas y desventajas comparando unos con otros.

La aereación por gravedad y por mecanismos son los métodos más usuales pero no siempre los ideales; por ejemplo en el caso de la aereación por gravedad las limitantes son, como se dijo antes, la topografía del terreno como punto principal, que en muchas ocasiones no se presta para este propósito, además debe existir un manantial cercano o algo similar donde se aproveche el agua y su caudal.

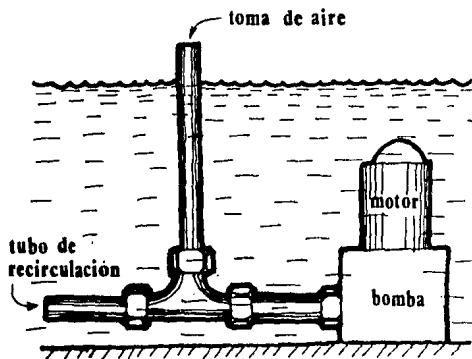
En cuanto a los aeradores mecánicos, absolutamente todos son alimentados por alguna fuente de energía, ya sea motores de gasolina o motores eléctricos generalmente importados.

En grandes granjas Acuícolas y estaciones investigadoras donde se utilizan diversos aeradores se ha sabido que del 20 al 30% del gasto mensual de mantenimiento está destinado al consumo de energía eléctrica incluyendo manutención del aparato.

Aun así el problema se agrava con acuicultores a pequeña escala, pues este sistema es incosteable y poco práctico ya que en ocasiones estas pequeñas granjas Acuícolas se localizan en regiones aisladas y de bajos recursos donde la electricidad es escasa o prácticamente nula.

Los costos de estos artefactos fluctúan desde \$ 180.000 (Sep. 1985) hasta algunos millones de pesos, dependiendo de la capaci-





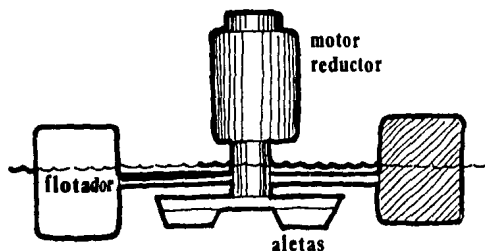
(Fig.7) hidroinyector

dad de la estación Acuícola y particularmente del estanque.

Su mantenimiento abarca desde embobinados de motor, revisión, engrasado o cambio de bujes o rodamientos, revisión o cambio de empaques, retenes, ductos, válvulas, bombas, pintura y limpieza de rejillas y difusores.

Por lo tanto hace falta un método o sistema económico, de fácil adquisición, instalación y mantenimiento, el cual sirva tanto a pequeñas granjas Acuícolas, centros de investigación y educación Pesquera, como hasta grandes y complejos centros Acuícolas del país, para dar respuesta a sus requerimientos.

Del análisis de lo anterior, propongo una nueva alternativa a partir de un recurso renovable como fuente de energía poco explorada aun ... el viento.



(Fig.8) aerador de turbina

I. NECESIDAD



1.6 OBJETIVOS

La meta es crear un aereador mecánico u oxigenador que funcione a partir de la fuerza del viento; denominándolo -OXIGENADOR EOLICO-.

Tendrá la posibilidad de ser instalado en parajes exclusivamente costeros, ya que el potencial eólico más constante e intenso de la República Mexicana se localiza en dicha área. Además por razones obvias la gran mayoría de las granjas, laboratorios y Centros de Educación Tecnológica del Mar, están situadas a lo largo de todos los litorales tanto del pacífico como del golfo.

El Oxigenador Eólico tiene entre otros objetivos brindar al programa de desarrollo tecnológico la alternativa de fabricarlo en talleres pequeños y semindustriales ó en su defecto en los planteles CET-MAR (Centro de Estudios Tecnológicos del Mar) transformando eventualmente sus talleres, hasta ahora pedagógicos en productivos; por ello satisfecerá en primer término la demanda de los planteles y posteriormente cubrirá necesidades de otras Instituciones del Sector público y privado; por ende el Oxigenador Eólico será diseñado y fabricado con tecnología simple, con materiales estandarizados y procesos sencillos, -- que den como resultado un diseño económico y de fácil producción.

Los estanques más usuales fluctúan entre .80 y 1.30 mts. de profundidad promedio; el Oxigenador Eólico sólo cubrirá éstas profundidades. Además debe funcionar en estanques de agua dulce, salobre y salada.

Otro aspecto muy importante del proyecto es que, antes de presentar el documento concluído a las autoridades correspondientes de la U.A.D.I. (Unidad Académica de Diseño Industrial), se probará y analizará en condiciones totalmente reales y especiales.

Por último, el rotor o sistema de captación de viento debe captarlo en cualquier dirección para un mejor aprovechamiento de este recurso.

1. NECESIDAD



2.1 DE COSTO DEL PRODUCTO

Los aereadores que se disponen actualmente en el mercado - tienen un precio mínimo promedio de \$180.000 (sep. 1985), por tanto el uso de materiales y la selección de los procesos de - producción, deberán servir de base para soluciones de diseño - que no rebasen este costo.

La Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar (S.E.P.) cubrirá el costo total de prototipos y de 60 Unidades como inicio de la producción.

2.2 DE PROCESOS DE FABRICACION

Se utilizarán procesos de fabricación sencillos y conforme a la tecnología disponible en los talleres de las escuelas CET-MAR, en herrerías y talleres semindustriales localizados en todas las costas del territorio nacional, evitando procesos costosos y complicados como troquelado, suajado, fundición, inyección, prensado, etc.

Se usarán máquinas y herramientas comunes y relativamente - simples como taladro de banco o pie, dobladora de tubo, equipo de soldadura eléctrica, equipo de pintura, torno, etc. y herramienta como tijeras para lámina o cizalladora eléctrica, taladro, remachadora "pop", limatones, etc.

2.3 DE USO DE MATERIALES

Los materiales a utilizar deberán ser de fabricación nacional y de fácil adquisición, preferentemente estandarizados, pues minimizan los procesos de fabricación y la mano de obra.

El diseño resultante procurará evitar el exceso de piezas, diversidad de materiales y mecanismos.

2. CONDICIONANTES



Los materiales a utilizar deben resistir el medio ambiente costero, en el que el sol, el agua, el viento, los cambios bruscos y altas temperaturas y principalmente la salinidad afectan severamente.

En cuanto a las partes metálicas a utilizar; pueden proponerse: bronce, aluminio o acero. Este último protegido con un recubrimiento galvanizado. En cuanto al aluminio puede ser de aleación (25-H14) cubierto con una pintura o barniz resistente a la corrosión.

En lo que concierne a plásticos pueden proponerse polietileno, neopreno, nylon que son recomendables para este propósito.

2. CONDICIONANTES



2.4 ASPECTOS FISICOS Y NATURALES DE LA ENERGIA EOLICA

El viento es la componente relativamente horizontal de aire en movimiento, motivado principalmente por la diferencia de presión atmosférica, debido al calentamiento no uniforme del sol sobre las diferentes regiones de nuestro planeta.

Si el aire -como todo cuerpo- es atraído por el centro de la tierra y forma capas llamadas atmósferas alrededor de ésta, las capas superiores gravitan sobre las inferiores, por lo tanto el aire es cada vez más denso a medida que nos acercamos a la superficie terrestre, logrando un equilibrio, pero en cuanto la presión atmosférica no es la misma en dos lugares al mismo nivel, el equilibrio se rompe y provoca una desigualdad de potencial gravitatorio que origina una corriente de aire que circula de los lugares más densos, fríos y mayor presión a los lugares menos densos, calientes y menor presión.

Las causas que provocan esta desigualdad de presión son el calor, el vapor acuoso y su condensación (lluvia, granizo o nieve).

Los vientos como fenómeno natural y climatológico se caracterizan por dos aspectos importantes: la intensidad o fuerza y la dirección o sentido.

La intensidad o fuerza es estimada por la velocidad o por la presión que ejerce sobre una superficie. Para cuantificar éstas variables se utiliza un anemómetro, que consiste básicamente en un movimiento angular impartido a un mecanismo que gira libremente mediante el efecto de la presión del aire.

La velocidad del viento depende de:

- A) Su altitud sobre el nivel del mar.
- B) La topografía de las tierras de los alrededores. Tierras que están muy accidentadas por rocas, árboles o grupos de edificios, pueden tener efecto retardador sobre vientos cerca de la superficie.
- C) La geometría de la montaña. Puede acelerar la velocidad

2. CONDICIONANTES



del viento, retardarla o ser la causa de que se formen turbulencias, especialmente si la montaña tiene precipicios. La tabla 4. Explica brevemente los nombres, la presión y velocidades de los vientos.

NOMBRES	PRESION POR Kg. EN Mt ²	VELOCIDAD POR Km. EN Hr.
Calma	0.00	0.00
Ventolina	1.22	11.4
V. muy flojo	4.30	16.2
V. flojo	10.99	34.1
V. bonacible	19.53	45.5
V. fresquito	30.52	56.9
V. fresco	43.94	68.1
V. frescochón	59.81	79.7
V. duro	78.12	91.0
V. muy duro	98.87	102.4
Temporal	122.06	113.8
Huracán	147.70	136.6

El otro aspecto importante del viento es la dirección desde la cual sopla o la indicación del punto del horizonte de donde viene; se estima por la misma nomenclatura y signos que los rumbos de la rosa náutica de los vientos. El anemoscopio es el instrumento que registra gráficamente los cambios de dirección del viento.

Cuando se carece de un instrumento de medición se puede basar el cálculo en estimaciones aproximadas, logradas observando las manifestaciones físicas del viento visibles en humo, fuego, folla je de árbol, etc.

Las causas que originan la dirección del viento son: la forma

2. CONDICIONANTES



casi esférica de la tierra y su rotación, así mismo los accidentes topográficos de los continentes.

Otra causa que afecta la dirección de los vientos es la fuerza centrífuga que se debe al movimiento de rotación, ya que la velocidad lineal no es igual en los diferentes paralelos, es decir; la circunferencia descrita en un día por un punto de el Ecuador es mayor a la descrita por un punto de cualquier paralelo y es nula en los polos.

De acuerdo con éstas características, en el mundo se destacan 4 tipos de vientos, y son: los planetarios o regulares, los periódicos, los irregulares y los vientos costeros o brisas de mar y tierra.

Todos y cada uno de estos vientos tienen su acción correspondiente dentro del territorio Nacional.

2.4.1 EOLICIDAD EN LA REPUBLICA MEXICANA

1) Los Planetarios o Regulares son llamados Alisios y Contralisios.

a) Vientos Alisios: soplan húmedos en dirección noreste y - al encontrar el alto relieve de la sierra madre oriental, se ven obligados a elevarse para transponerlo. En verano estos vientos ocasionan lluvias en la mayor parte de la República.

b) Los vientos Contralisios. Soplan fríos y secos en dirección del suroeste en un plano superior al de los alisios; afectan las costas del pacífico y sobre todo, el noroeste y norte del país, determinando las regiones desérticas y semidesérticas en porciones de los estados de Baja California (N) Sonora (N W), Chihuahua (N), Coahuila (S W) y Durango (N E).

2) Los vientos Periódicos. Llamados Monzones, tienen su ori-

2. CONDICIONANTES



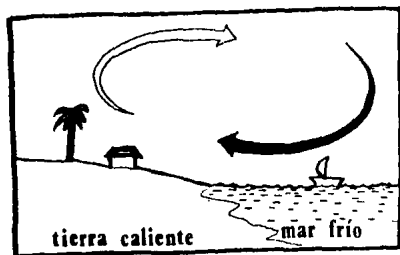
gen en la diferencia de presión atmosférica existente entre la masa continental y los océanos. En la proximidad del Ecuador - térmico soplan calientes y húmedos, dando lugar a las lluvias de relieve, principalmente en porciones de Veracruz y Tamaulipas.

3) Los Vientos Irregulares. Denominados nortes, soplan fríos y húmedos principalmente en otoño e invierno. Su procedencia se encuentra en el norte de los Estados Unidos de Norteamérica y se hallan impulsados por el centro anticiclónico de Manitoba, Canadá.

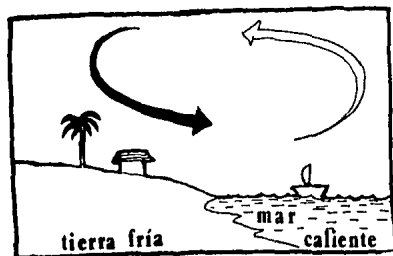
4) Vientos Costeros o Brisas de Mar y Tierra. Son producto de la diferencia específica de temperatura y presión atmosférica entre el mar y la tierra, afectan todas las regiones costeras del país al soplar del mar a la tierra, en el día, y de la tierra al mar, durante la noche. (Fig.10).

No se han desarrollado a la fecha estudios muy precisos acerca del viento que rige en el país, pero sí se cuenta con mediciones hechas por el Servicio Meteorológico Nacional en diferentes sitios del territorio, calculando velocidades promedio de viento máxima y mínima, las cuales se muestran en la (Tabla 5).

Sin embargo un estudio más reciente y práctico que se ha hecho acerca de la eolicidad en la República Mexicana, divide en tres tipos de zonas con potencial eólico relativamente más constante, obteniendo la velocidad media anual, basándose en datos de la Tabla 5, el efecto de la altitud y la topografía del terreno (Fig. 11).



DIA



NOCHE

(Fig.10)

2. CONDICIONANTES



Nº	ESTACION	VEL. MAX.	VEL. MIN.
		M/S.	M/S.
1	Acapulco, Gro.	21.70	10.39
2	Campeche, Camp.	42.00	9.50
3	Coatzacoalcos, Ver.	19.59	17.10
4	Colima, Col.	12.45	6.15
5	Culiacán, Sin.	12.40	4.17
6	Chapingo, Mex.	16.16	8.85
7	Chihuahua, Chich.	23.01	10.20
8	Chilpancingo, Gro.	16.90	9.20
9	Durango, Dgo.	16.73	10.48
10	Guadalajara, Jal.	23.63	5.35
11	Guanajuato, Gto.	17.00	10.73
12	Guaymas, Son.	22.20	13.10
13	Huejúcar, Jal.	4.26	2.10
14	Isla de Gpe, B.C.	17.23	9.02
15	Isla Ma. Madre, Nay.	15.23	4.78
16	Jalapa, Ver.	20.00	9.04
17	La Paz, B.C.S.	13.91	8.75
18	León, Gto.	13.94	10.22
19	Manzanillo, Col.	23.63	13.67
20	Mérida, Yuc.	19.97	13.34
21	Monterrey, N.L.	20.01	5.43
22	Morelia, Mich.	12.50	8.60
23	Oaxaca, Oax.	18.10	13.83
24	Pachuca, Hgo.	25.15	14.20
25	Progreso, Yuc.	31.00	12.59
26	Puebla, Pue.	15.10	10.49
27	Salina Cruz, Oax.	38.50	17.30
28	Querétaro, Qro.	18.90	6.20
29	Saltillo, Coah.	20.60	11.99

2. CONDICIONANTES

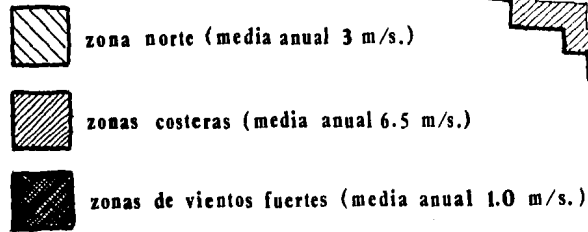


Nº	ESTACION	VEL. MAX.	VEL. MIN.
		M/S.	M/S.
30	San Luis Potosí, S.L.P.	16.00	5.83
31	Soto La Marina, Tamps.	24.04	7.60
32	Tampico, Tamps.	22.05	13.63
33	Tapachula, Chis.	12.04	4.42
34	Tepic, Nay.	8.09	2.33
35	Tlaxcala, Tlax.	9.24	6.48
36	Toluca, Mex.	14.32	9.17
37	Torreón, Coah.	18.08	9.66
38	Tulancingo, Hgo.	13.45	9.48
39	Tuxtla Gtz, Chis.	12.76	3.71
40	Valladolid, Yuc.	18.10	15.78
41	Veracruz, Ver.	45.85	15.43
42	Zacatecas, Zac.	25.59	6.06

2. CONDICIONANTES



POTENCIAL EOLICO EN MEXICO



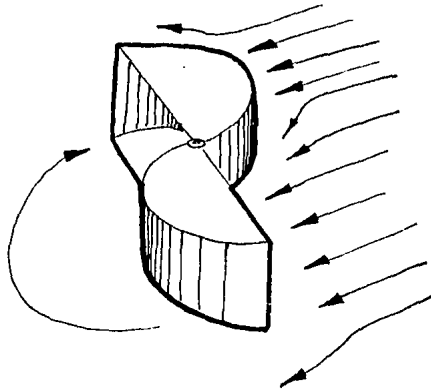
2-CONDICIONANTES



CLASIFICACION DE ROTORES PARA EXTRACCION Y CONVERSION DE ENERGIA EOLICA

SE CLASIFICAN EN 2 TIPOS:

ROTORES DE EJE VERTICAL Y ROTORES DE EJE HORIZONTAL:

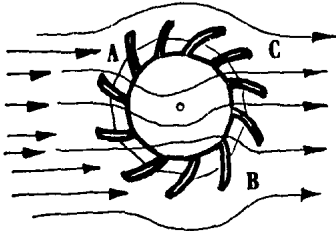


(Fig. 12)

1) Rotores de Eje Vertical. El coeficiente de potencia es bajo, pero no necesitan orientarse al viento, se dividen en 2:

a) Fuerza de Arrastre. Ejemplo: Rotor Savonius (Fig.12) es de bajas revoluciones por minuto, C.P.1/3. Pérdidas muy altas debido a que la mitad de la superficie del rotor (convexa) se mueve en contra del viento; la otra mitad a favor.

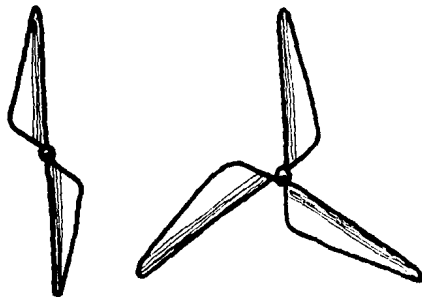
b) Fuerza de Sustentación. Ejemplo: Rotor Darrieus tipo turbina. Funciona por el flujo del viento. A mayor velocidad de rotación, mayor par frente, posee control de velocidad. Poca eficiencia, diseño complicado y costoso, funciona de la siguiente forma (Fig.13): Pequeño impulso A, B ;par principal por salida B, C ;pérdidas por girar en contra C,A (par frente)ejemplo:Darrieus-Savonius.



(Fig. 13)

2) Rotores de Eje Horizontal. Limitados por su velocidad de respuesta a cambios de dirección del viento, eficiencias altas. Las hojas son colocadas radialmente al rededor de la flecha. En algunos casos se necesita controlar la velocidad del rotor, las hojas son colocadas en ángulo a la dirección del viento, pueden ser planas ó aerodinámicas, huecas ó sólidas. Su funcionamiento es debido a las fuerzas de sustentación, inerciales, aerodinámicas y de arrastre.Ejemplos: (Fig.14).

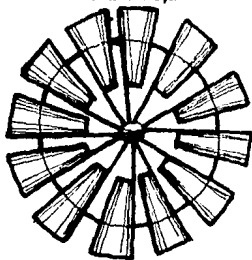
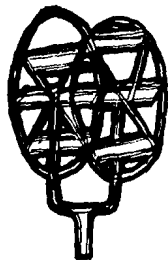
aerodinámico de 2 y 3 aspas



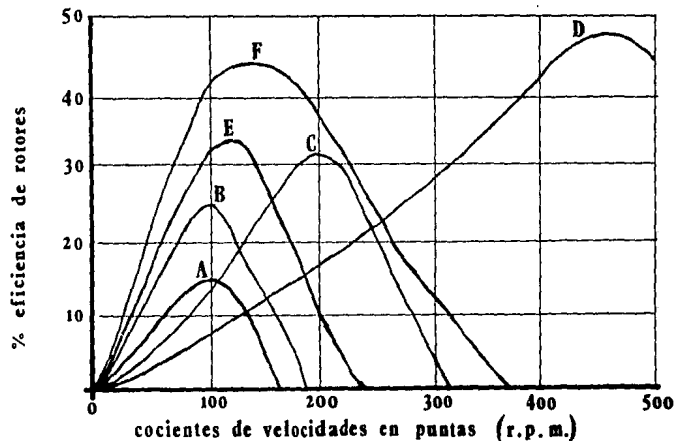
CARACTERISTICAS ENERGETICAS DE VARIOS APARATOS DE VIENTO:

- A) Tipo Savonius
- B) Tipo Darrieus
- C) Molino Tipo Europeo
- D) Tipo Propela (Aerodinámico)
- E) Tipo Rehilete
- F) Tipo Multihoja

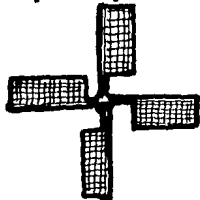
multihoja



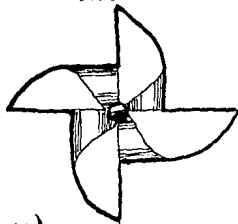
NOTA:
El rotor (F)
multihoja
tiene mejor
eficiencia
en bajas RPM
es decir
vientos
ligeros.



tipo europeo



rehilete



(Fig. 14)

Nótese la ventaja del Rotor Tipo Propela de 2 Aspas. Tiene mayor eficiencia, sin embargo tiene un par de arranque muy bajo pues sólo funciona eficientemente con vientos fuertes y alturas muy elevadas.

2. CONDICIONANTES



2.6 CONDENSACION Y RETROESPECTIVA DEL DISEÑO

Tomando en cuenta los productos existentes en el mercado, todos coinciden en concentrar o difundir oxígeno en el agua, mediante el contacto directo de la atmósfera con el agua, por medio de movimiento de ésta; ya sea por turbulencias, oleaje, burbujas, re circulación o arrojarla fuera de la superficie, etc.

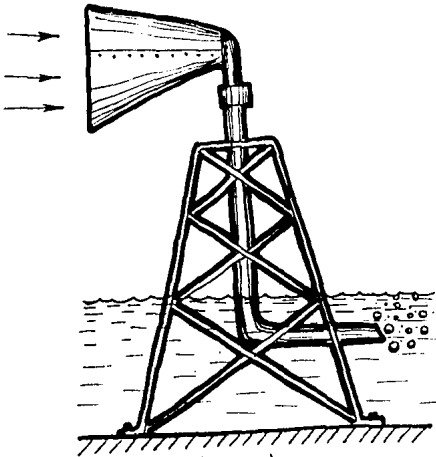
1) El primer concepto de diseño partió de un (S.C.E.E.) sistema de conversión y extracción eólica por medio de un concentrador de viento a un ducto de menor diámetro con el fin de comprimir el aire y finalmente salir en forma de burbujas y borbotones rompiendo la presión del agua (Fig. 15). La estructura o sistema de sujeción es una torre triangular de acero.

Este concepto se descartó rápidamente por incosteable y poco funcional debido a dos aspectos: la gran dimensión de la tolva para captar mejores velocidades de viento, tendrá que estar cuando menos a 15 mts. de altura; esto implica una estructura muy grande y costosa.

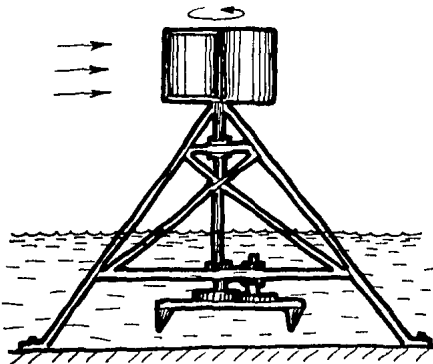
2) La siguiente opción utilizó un sistema de conversión y extracción eólica (S.C.E.E.) de los llamados de eje horizontal, del tipo aerodinámico (propela de 2 aspas de altas R.P.M.) la oxigenación sería mediante paletas que golpean el agua, utilizando como transmisión flecha y engranes de corona y galleta; contaría además con un timón autoalineable para captar el viento en cualquier dirección; la base sería de concreto (Fig. 16).

Este diseño se descartó por pérdidas de energía debido a los diversos mecanismos y dificultad para romper la tensión superficial del agua con relación a la superficie de contacto de las paletas; la base no es la adecuada pues tiene mucho peso más no su superficie para una mejor estabilidad; además el rotor propuesto solo es recomendado para alturas muy elevadas.

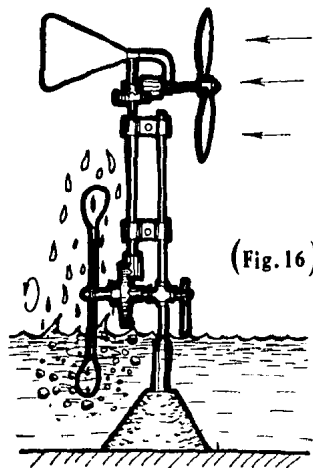
3) El siguiente concepto propondría un (S.C.E.E.) sistema de conversión y extracción eólica del tipo eje vertical llamado savonius, a pesar de las desventajas que presentan los rotores de este



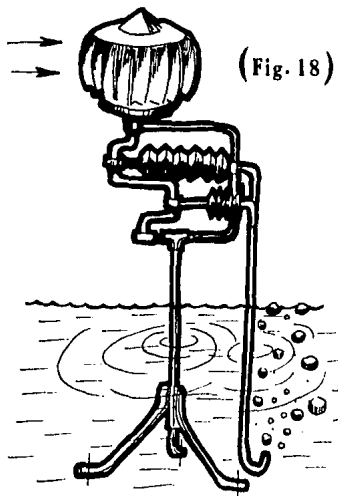
(Fig. 15)



(Fig. 17)



(Fig. 16)



(Fig. 18)

tipo; pues la idea era ganar reduciendo mecanismos y articulaciones por 2 ventajas principales: la primera es que capta el viento en cualquier dirección, además el eje vertical evita cambio de transmisión de energía (Fig.17).

Se descartó principalmente debido a que el rotor funciona con bajas R.P.M. y poca potencia, y se necesita lo contrario para lograr mover las aspas que oxigenen el agua.

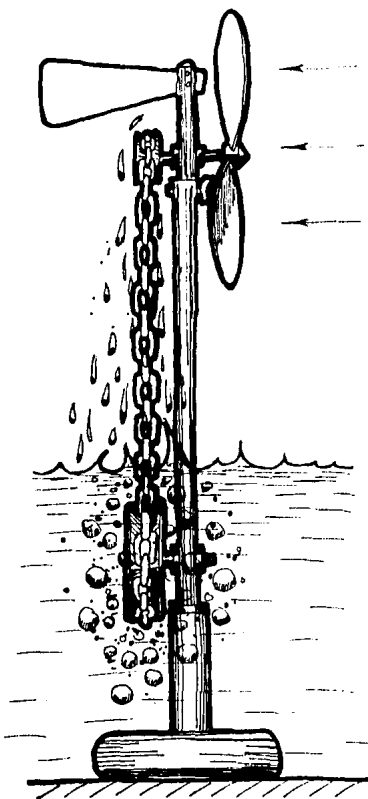
4) Posteriormente se propuso un rotor tipo darrieus de eje vertical. de velocidad media, no requiere control de velocidad. La oxigenación sería succionado aire del medio ambiente a través de fuelles y válvulas checks enviándolo a un ducto al fondo del estanque en forma de burbujas y borbotones. La base sería un tripié tubular anclado al fondo del estanque con tornillos (Fig.18).

Se descartó principalmente por incosteable: primero por el rotor, pues es complicado en su fabricación y si se adquiere comercialmente el costo es muy alto en comparación con otros rotores. Los fuelles tendrían una vida muy corta debido al constante trabajo y al deterioro por el medio ambiente; las válvulas checks requieren precisión en su fabricación; la base no es muy recomendable pues en la instalación se tendría que extraer el agua y fango del estanque; además en varios casos los estanques son de arcilla comprimida y la sujeción sería mas complicada.

5) Entonces los rotores de eje vertical se eliminaron por completo, y se optó por continuar con los de eje horizontal. Retomando el tipo propela de aspas aerodinámicas por ser eficiente en altas R.P.M. con timón autoalineable. La forma de oxigenar sería a partir de una cadena gruesa de polietileno comercial de sección mínima de $\varnothing 1$ " para introducirla en el agua y así obtener burbujas y pequeñas turbulencias y circularía por medio de poleas de fibra de vidrio; la base sería una estructura triangular reforzada con concreto utilizando como cimbra y protección

2. CONDICIONANTES





(Fig.19)

una llanta de camión rodada (18) que esté fuera de servicio (Fig. 19).

Se tomaron en cuenta las asesorías de personas especializadas en el aprovechamiento de la energía eólica así como acuacultores y biólogos, las desventajas que se encontraron fueron: el rotor tipo propela es recomendado para alturas mayores de 20 m y de diámetros muy grandes, además el área barrida por el viento es escasa y por lo tanto tiene un par de arranque - muy bajo, siendo ésto de mucha importancia, pues en condiciones de vientos ligeros no funcionaría adecuadamente. Con respecto a la oxigenación: la distancia entre poleas es de 3 mts. aproximadamente. Esto implica que la cadena medirá cuando menos 6.5 mts. de longitud total, además es gruesa por lo tanto el peso es considerable. Pruebas físicas e investigaciones hechas a escala natural demostraron que la oxigenación con la cadena es insuficiente; en lo que concierne a la base necesita aún menor peso y mayor diámetro.

Posteriormente se recopiló información de diferentes rotores seleccionando algunos para someterlos a pruebas físicas a escala con diferentes formas y pesos:

Rotor tipo propela de 2,3 y 4 aspas, el tipo ventilador aerodinámico de 4 y 8 aspas, el llamado comunmente rehilete de 4 y 8 aspas y un nuevo diseño propuesto llamado rotor compuesto de 2 y 4 aspas. Los resultados de mayor eficiencia tanto en el par de arranque en función del rompimiento de la tensión superficial del agua, como en las R.P.M. fueron los siguientes:

N ^o	NOMBRE	EFICIENCIA %
1°	Rehilete de 4 aspas	100 %
2°	Rehilete de 8 aspas	92 %
3°	Ventilador Aerodinámico 4 aspas	81 %
4°	Ventilador Aerodinámico 8 aspas	78 %
5°	Rotor Compuesto 4 aspas	65 %
6°	Rotor Compuesto 8 aspas	62 %
7°	Tipo Propela 4 aspas	55 %
8°	Tipo Propela 3 aspas	49 %
9°	Tipo Propela 2 aspas	42 %

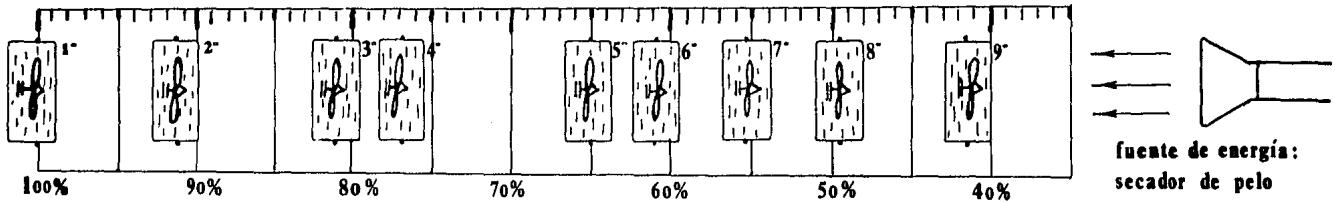
NOTA:



Significa Rotor con Sistema de Oxigenación dentro de un recipiente con agua.

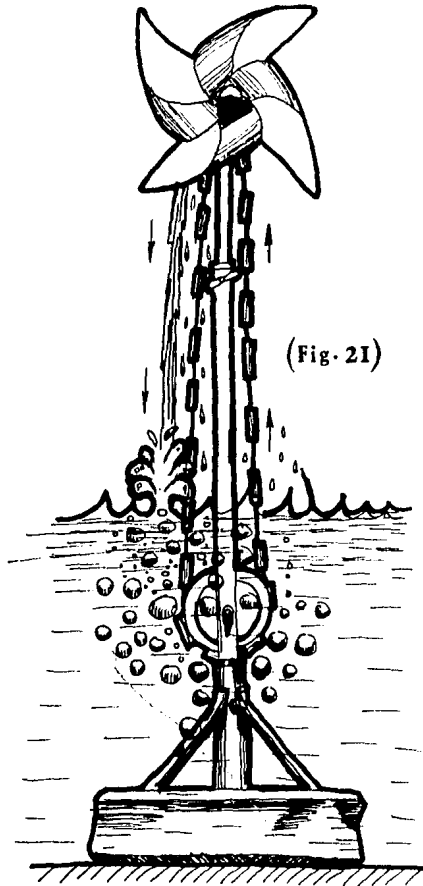
NOTA: El 100 % de eficiencia que se le dá al primero es relativa, ya que para éstas pruebas fué el más alto; y a partir de él, se marcó la escala de porcentaje.

(Fig.20) Diagrama de pruebas físicas de los rotores a escala:



2. CONDICIONANTES





(Fig. 21)

6) Entonces en el siguiente concepto se propuso el rehilete de 4 aspas, además de su eficiencia es de fácil fabricación pudiéndolo hacer de una sola pieza. Por otra parte el sistema de oxigenación se propuso mediante unos recipientes a lo largo de la banda de transmisión, substituyendo la cadena.

Los recipientes entran al agua boca abajo con aire, posteriormente el aire u oxígeno que quedó en los recipientes sale en forma de burbujas justo en el retorno ascendente para dar lugar al llenado de los recipientes con agua, que subirán hasta el punto más alto donde se vertirá en forma de cascada; obteniendo así mayor difusión de oxígeno (Fig. 21).

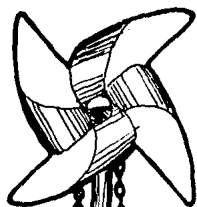
Se analizó la forma de oxigenar; es buena, pero no la mejor pues existen pérdidas de energía debido al peso del agua cuando sube. Otra deficiencia es la base: la llanta que se utiliza como cimbra para el concreto puede producir contaminación en el agua al desprender pequeñas partículas de hule, además el peso del concreto es excesivo (500kg.).

7) El siguiente concepto partió tomando en cuenta el sistema de oxigenación anterior, pero en vez de subir los recipientes con agua hasta el punto más alto, solo subirá algunas pulgadas fuera de la superficie, montados en unos brazos sujetos a la polea inferior reduciendo así la pérdida de la energía. Al timón autoalineable se le aumentó el brazo de palanca para hacerlo más sensible a los cambios de dirección del viento.

Analizando lo anterior se hizo un modelo completo y detallado a escala 1:10 donde físicamente se probó: el sistema de oxigenación, desplazamiento del mismo dentro del agua, dimensiones y formas diferentes de los recipientes, brazos y poleas. Así mismo del rotor; la velocidad, dimensiones, peso y formas. Sin embargo existía una incógnita, pues la densidad del agua no es la misma en un experimento a escala que uno a escala real. Aún así

2. CONDICIONANTES





(Fig. 22)

se obtuvieron resultados importantes; no obstante se fabricó el primer prototipo experimental a escala real, pero modificando totalmente la base proponiendo un tripié tubular desarmable, pues las dimensiones que requiere son mucho mayores que la base de concreto. (Fig.22)

Se probó en un ambiente natural similar al de un estanque en profundidad, con vientos aproximados de 4.5 m/s. (16 k/h) parecidos a los vientos mínimos en las costas.

CARACTERISTICAS TECNICAS GENERALES DEL PRIMER PROTOTIPO EXPERIMENTAL.

A) El rotor (rehilete) gira a 125 r.p.m. promedio. Fabricación de una sola pieza. Peso 4.3 kg. \varnothing 1.10 mts. Material lámina galvanizada cal. 24 cortada y doblada.

B) Las poleas. La del sistema de oxigenación gira a 60 r.p.m. por la relación de 1 a 2 entre poleas. La longitud del brazo de palanca donde se encuentran los recipientes es de .35 mts. Ambas poleas son de acrílico .09 cm. de espesor maquinadas. la polea grande es de \varnothing 35 cm. y la chica de \varnothing 17.5 cm.

C) Los recipientes de \varnothing 4" X 5". Material polietileno comercial, capacidad 1 lt.

D) La banda de transmisión: manguera de neopreno \varnothing .07 cm. X 6 mts.

E) Bujes de nylon \varnothing int. 5/8" X 2". Maquinados.

F) Estructura: tubular galvanizada. Mastil \varnothing 1 3/4", base 2 1/4", el resto de la estructura de \varnothing 1" cortada y doblada.

G) El timón. Material: tubular de acero galvanizado \varnothing 1" y lámina galvanizada cal. 24, cortado y doblado.

LOS RESULTADOS DEL PRIMER PROTOTIPO EXPERIMENTAL FUERON :

A) El buje de la flecha superior sufrió fricción y desgaste

2. CONDICIONANTES



debido a cargas no uniformemente repartidas por el peso del rotor y por la falta de otro buje o apoyo.

B) El rotor aún es pesado pues a mayor superficie y menor peso, mayor eficiencia.

C) El timón aún no pivotea perfectamente a las diferentes direcciones del viento.

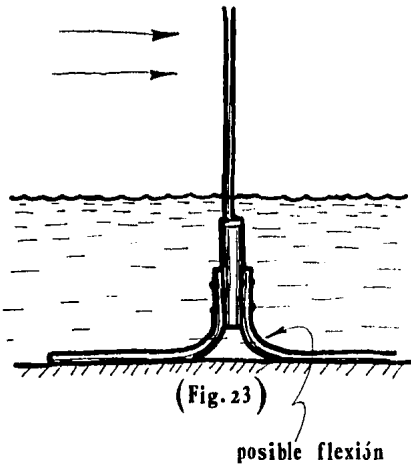
D) Las poleas. El acrílico utilizado no es muy recomendable para uso exterior, es quebradizo, comercialmente es costoso y difícil de adquirir, dado el espesor requerido, además de tener que maquinarlo.

E) La banda. Es de neopreno, no necesita tensor, pero afecta el par de arranque debido a su estiramiento (elongación). además no es tan fácil de adquirir.

F) La base. Este tipo de estructura no es muy estable debido a que gran parte del tripie está en contacto con el fondo del estanque, ya que en ocasiones hay piedras o desniveles que no permiten una buena estabilidad. Además justo en el doblado de los tubulares podría haber flexión debido a vientos con altas velocidades (Fig.23).

G) El sistema de oxigenación es a través de burbujas y borbollos, siendo de regular eficiencia, pues sólo un determinado volumen de agua es oxigenada (Aproximadamente 4 m^3) logrando de 5 a 5.5 mg/lit. sin embargo carece de un aspecto importante en la concentración de oxígeno disuelto en el agua; y es remover o reciclar el agua de todo el estanque, pues como ya se mencionó anteriormente es más fácil y completa la oxigenación del agua recirculándola. El aparato que mide las concentraciones de oxígeno en el agua se le conoce como oxímetro.

Por otra parte los recipientes son grandes, por lo tanto las burbujas también, pero las sugerencias por parte de gente especializada en el área fueron en el sentido de que es mejor burbujas pequeñas en mayor cantidad, que burbujas grandes en menor



cantidad.

En esta etapa ya se establecía el concepto: ROTOR-MASTIL-POLEAS.

8) Se fabricó un segundo modelo a escala plasmando las nuevas alternativas y sometiéndolo a pruebas físicas, con resultados muy satisfactorios.

En base a lo anterior, el concepto de diseño se alteró parcialmente sugiriendo las siguientes modificaciones para el siguiente prototipo:

A) Los bujes: cambiarlos por rodamientos de bolas sellados, poniendo 2 en cada flecha.

B) En cuanto al rotor surgió otro más eficiente que el rehilete con mayor par de arranque y área barrida. se le conoce como AEROBOMBA o MULTIHOJA, a éste diseño se le perfeccionaron detalles estructurales, de mecanismos y de mejor aprovechamiento de área barrida por el viento. Además para aligerarlo se propone la mina de aluminio reduciendo el peso hasta un 40% .

C) Los cálculos matemáticos efectuados al timón por el momento de giro, dieron como resultado un aumento en el brazo de palanca y superficie de contacto de la coleta con respecto al viento. También se propone lámina de aluminio para aligerarla.

D) Para las poleas se propone como mejor opción obtenerlas comercialmente; de las utilizadas en compresoras, bombas, etc. hechas en fundición de aluminio.

E) La banda. El material utilizado es cordón comercial de polietileno $\varnothing 3/8$ " muy resistente al intemperie, corrosión y desgaste.

F) En cuanto a la forma de oxigenar el agua se proponen 2 rotores semejantes al que capta el viento, pero más simples, más pequeños y con la posibilidad de cambiar el ángulo de ataque de las aspas para probar la entrada ideal al agua utilizando el menor esfuerzo según la hipótesis propuesta, dichos rotores provocan turbulencias, burbujas, oleaje, recirculación y lanzamiento

2. CONDICIONANTES



de agua fuera de la superficie, obteniendo abundante concentración de oxígeno en el agua; se proponen dos rotores, uno de ellos tiene diversas perforaciones en todas las aspas, y habría que checar hasta qué punto es conveniente que el agua fluya con el menor esfuerzo y si crea aún más burbujas.

G) La base. Recopilando las ventajas de la propuesta del concreto y del tripié se diseñó una combinación de ambos; es decir, aprovechar el peso del concreto y las dimensiones del tripié para llegar a un diseño con múltiples ventajas sobre las propuestas anteriores. Ejemplo:

- | | |
|-----------------|-----------------|
| -ESTABILIDAD | -ESTETICA |
| -RESISTENCIA | -INSTALACION |
| -FABRICACION | -PLEGABILIDAD |
| -TRANSPORTACION | -DESARMABILIDAD |

Fué así como se conformó todo el diseño. La siguiente etapa fué construir el segundo prototipo experimental en los talleres de la (U.A.D.I.) con el propósito de probarlo en condiciones totalmente reales y así obtener conclusiones para sus posibles y futuras modificaciones.

El sitio de pruebas sugerido por la Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar. S.E.P. fué el CET-MAR de La Paz, B.C.S.

2. CONDICIONANTES



2.6.1 RESULTADOS TECNICOS DEL PROTOTIPO EN LA PAZ, B. C. S. -----

Las pruebas obtenidas del Oxigenador Eólico en el CET-MAR de La Paz, demostraron un funcionamiento satisfactorio, salvo en algunas partes susceptibles a cambios en el material y mayores dimensiones.

DE MATERIALES :

Se recomienda una banda de tipo industrial y comercial standard (long. 220") en vez del cordón de polietileno utilizado para la transmisión de potencia, debido a que patinaba por dilatarse durante las altas temperaturas del día.

Así mismo se propone bronce fosforado como material para los bujes, sustituyendo al nylon empleado en el prototipo, ya que tiene mejores características de resistencia en estos sitios.

DE DIMENSIONES :

El soporte principal 2 1/4" a 3"Ø

Zapatas. Cada una pesa 20 kg. se cambiarán por 30 kg. c/u.

Tubulares de compresión y patas del tripié cal. 18 por 14 y 1" por 1 1/2" de Ø. Así mismo el timón.

Columna telescópica. Tendrá un calibre 12 en vez de 16 y de Ø 2 1/4" en lugar de 1 3/4".

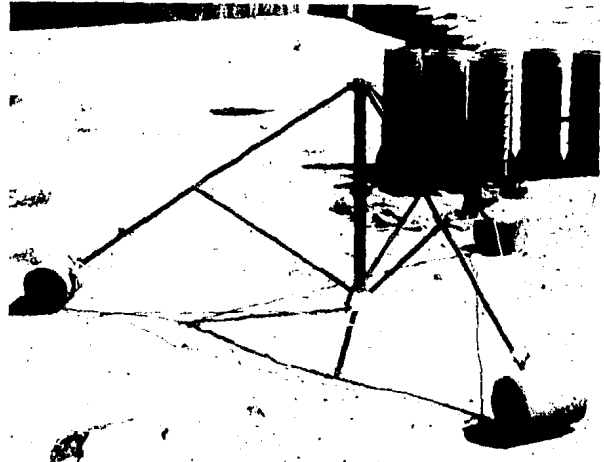
Rotor oxigenador. se cambia al calibre 16 por el 20.

2. CONDICIONANTES

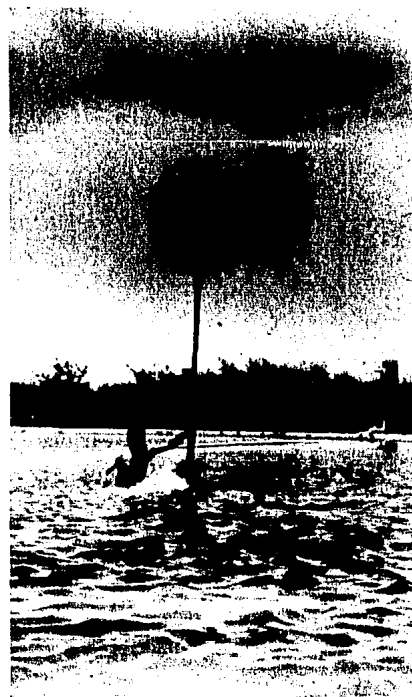




FABRICACION



ARMADO



PROTOTIPO EN CET-MAR DE LA PAZ, B.C.S.

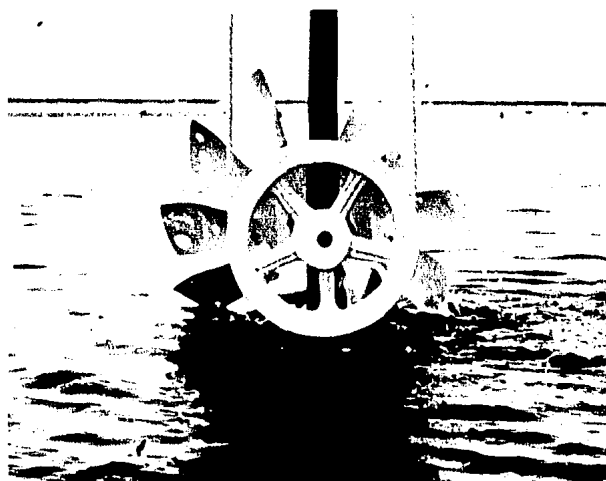
3. DISEÑO

3.1 FOTOGRAFÍAS





ROTOR EOLICO



ROTOR OXIGENADOR

3.2.1 COMPONENTES

BASE	SOPORTE PRINCIPAL	BUJE EXTERIOR BUJE INTERIOR
	PATAS TUBULARES (3)	ZAPATAS DE CONCRETO (3) TUBULARES DE COMPRESION (3) CUERDA DE TENSION
COLUMNA TELESCOPICA	ROTOR OXIGENADOR	FLECHA INFERIOR RETENES (2) RODAMIENTOS (2) POLEA INFERIOR
	BANDA	
	TENSOR	TUBULAR BUJES (2) POLEA GUIA RESORTE
	ROTOR EOLICO	FLECHA SUPERIOR RETENES (2) RODAMIENTOS (2) POLEA SUPERIOR
	SISTEMA DE PIVOTAJE	SECCION TUBULAR BUJE TORNILLO Y TUERCA
TIMON	TUBULAR	COLETA TORNILLO Y TUERCA



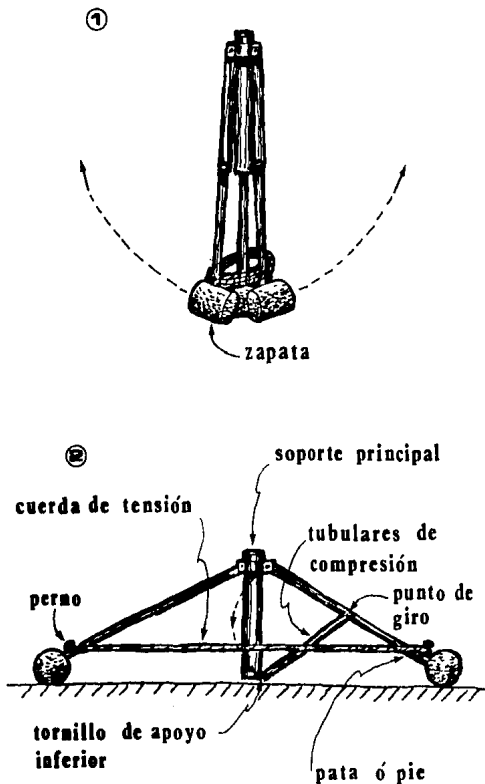
3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL OBJETO

El Oxigenador Eólico es una combinación de formas rectas de color rojo intenso que reviste y precisa la importancia de la estructura; en contraste con superficies relativamente planas en color amarillo tan intenso que integran la disposición del diseño haciéndolo resaltar.

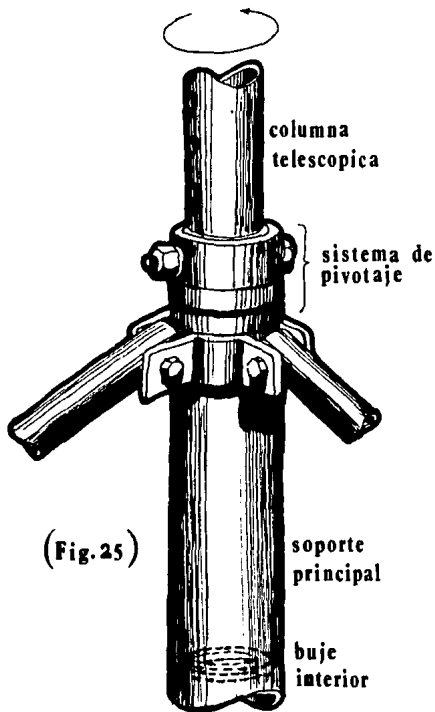
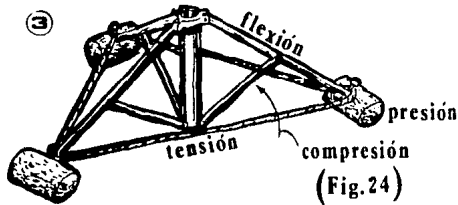
Al Oxigenador Eólico lo conforman 3 partes básicas: BASE, COLUMNA TELESCÓPICA Y TIMÓN.

1) BASE. Está formada por un tripié abatible o articulado, cuya función es facilitar su transportación, instalación y manejo. Para armarlo, basta abatir las patas del tripié hasta topar con la cuerda de tensión, en seguida se hallan sujetos paralelamente a las patas del mismo los pequeños tubulares de compresión, éstos se abaten hacia abajo tomando como punto de giro la parte central de las patas del tripié hasta insertar sus barrenos en los correspondientes tornillos de apoyo, anclados en la parte inferior del soporte principal. Todas las articulaciones y sujeciones son por medio de tornillos y tuercas hexagonales. De esta forma queda tensado, estructurado y listo para montar el resto del aparato. (Fig.24).

La base proporciona una estabilidad visual y estructural debido a la disposición triangular de los tubulares que están sometidos a fuerzas de tensión, compresión y flexión, auxiliada también por las tres zapatas de concreto de forma cilíndrica y ancladas transversalmente en el doblez a 90° del extremo final de cada pie, formando así un "martillo" y una agradable combinación de materiales. Sobre el mismo tubo de cada pie, a unos centímetros de la zapata, se halla un perno que sujeta y tensa a todo el tripié mediante una cuerda de polietileno formando un triángulo de tensión. (Fig 24). Toda la estructura de la base se congrega al centro en el soporte principal (superior e inferior); dentro del soporte principal existen 2 bujes o apoyos,



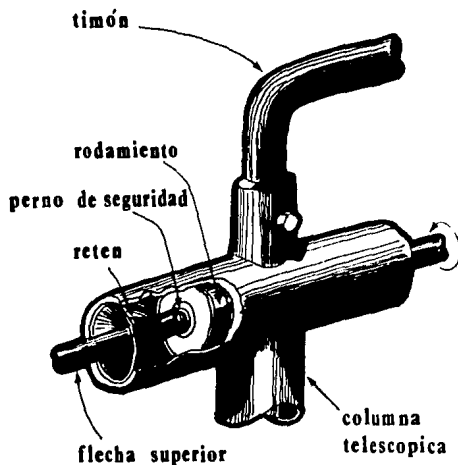
(Fig. 24)



el exterior e interior; su función es reducir la fricción en el pivotaje de la columna telescópica, Al momento de giro del timón. El buje interior está sometido a cargas radiales, mientras que el exterior a radiales y axiales debido al peso del aparato absorbido por el sistema de pivotaje, que comprende una sección tubular, un buje dentro de él y un tornillo hexagonal en posición transversal que se inserta en los 12 barrenos equidistantes y transversales a lo largo de la parte inferior de la columna telescópica, para la altura requerida por el rotor oxigenador que va en función de la profundidad del estanque (Fig. 25).

2) COLUMNA TELESCOPICA. Aquí se encuentra básicamente todo el mecanismo de captación del viento y sistema de oxigenación. Consta de un tubo de 4mts. de longitud en el están montados, en el extremo superior, el rotor eólico y cerca del extremo inferior el rotor oxigenador; ambos están apoyados a lo largo de dos pequeñas secciones tubulares que están soldadas yuxtapuesta y transversalmente en forma de cruz; en el interior de cada sección hay dos rodamientos de bolas, sellados, colocados en los extremos, por donde pasa el eje de cada rotor. Para darles mayor duración se protegen con retenes de hule en ambos extremos. Los ejes llevan cada uno dos pernos de seguridad para evitar el desplazamiento sobre los rodamientos (Fig 26).

El eje superior en la parte delantera sujeta al rotor eólico de múltiples aspas, reforzado por la conificación estructural y aerodinámica localizada en la parte central del mecanismo; en la parte trasera se localiza la polea chica, ésta transmite su energía a la polea grande a través de la banda; ambas poleas están sujetas a los ejes con prisioneros. La relación con que cuentan es de 1 a 2. La polea grande se halla en la parte trasera del eje inferior, mientras que en la parte delantera sujeta al rotor oxigenador con remaches "POP". El rotor es de



(Fig. 26)

una sola pieza; múltiples aspas de lámina de aluminio, tiene numerosas perforaciones de diferentes diámetros para provocar mas burbujas con menor esfuerzo, además tiene la opción de cambiar manualmente el ángulo de las aspas para mayor o menor turbulencia en el agua.

La columna telescópica cuenta también con el tensor para la banda, accionado por un resorte a tensión. Se encuentra entre las dos poleas; es un tubular similar a los de compresión del tripié, cuenta también con una polea guía de hule.

3) TIMON. Está destinado para orientar al rotor eólico a las diferentes direcciones del viento. Esta situado perpendicularmente a la columna telescópica, justo en la parte superior. Lo conforma un tubular simétrico a las patas del tripié, la sujeción es a través de un buje opresor y tornillo hexagonal. En la parte trasera existe una ranura donde ensambla la coleta de lámina de aluminio con remaches "POP" y presenta en su parte trasera un pequeño desnivel estructural. Esta es una superficie en la cual el viento choca ejerciendo una presión que provoca un movimiento angular en todo el aparato exceptuando la base.

Todos los ensambles y articulaciones son con remaches "POP" y tornillos con tuercas hexagonales.

Los acabados en las partes metálicas son con primer de cromato de zinc y pintura de poliuretano alifático acabado cristal, solo las partes de acero llevan además recubrimiento galvanizado y tropicalizado antes del acabado final.

El resto de los materiales (polietileno, hule y concreto) son de acabado natural.



3.2.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS

ROTOR:

CONFIGURACION: || EJE HORIZONTAL. TIPO AEREOBOMBA REDISEÑADO, DE UNA SOLA PIEZA CON CINTURON PERIMETRAL ESTRUCTURAL Y CONIFICACION AEREODINAMICA Y ESTRUCTURAL.
|| ORIENTACION AL VIENTO POR MEDIO DE UNA COLETA.

DIAMETRO: || 1.22 MTS.

TIPO DE ASPAS: || 12 ASPAS TRAPEZOIDALES ANGULO DE ATAQUE 28° FIJO. CONCAVAS.

VELOCIDAD: || CONTROL DE VELOCIDAD: NO NECESARIO.
|| VELOCIDAD INICIAL DE OPERACION 4 M/S.
|| R.P.M MINIMA PROMEDIO 172.

MATERIAL: || LAMINA DE ALUMINIO CAL. 20.

SOPORTE:

TIPO: || ESTRUCTURA TUBULAR DE ACERO, ANCLADA A 3 ZAPATAS DE CONCRETO.

ALTURA: || DE 4.10 A 4.60 MTS.

TRANSMISION MECANICA:

TIPO: || BANDA INDUSTRIAL LONG: 220".
|| POLEAS TIPO 'A', SUP. ϕ 10", INF. ϕ 5".

RELACION: || 1:2

POTENCIA DEL ROTOR

OXIGENADOR AL FRENO: || 3/4" H.P. PARA VIENTOS 4.5 M/S (16 KM/H)
(APROXIMADAMENTE) || 1.6 H.P. PARA VIENTOS 6.0 M/S (21 KM/H)
|| 3.5 H.P. PARA VIENTOS 10 M/S (36 KM/H)
|| 6.5 H.P. PARA VIENTOS 14 M/S (50 KM/H)



CAPACIDAD DE OXIGENACION
APROXIMADA (DEPENDE DE LAS
CONDICIONES DEL ESTANQUE):

$O_2 = 9.4$ a 14.5 MG/LT. DE H_2O EN ESTANQUE CIRCULAR
EN 16 M³, CON PROFUNDIDAD .95 MT.
VELOCIDAD DE VIENTO PROMEDIO 10 M/S.
CON MEDIANA DENSIDAD PLANCTONICA.

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES GENERALES

ALTURA MAXIMA: 4.60 MTS.

PESO: ROTOR EOLICO: 3.2 KG.

ANCHO MAXIMO: 3.40 MTS.

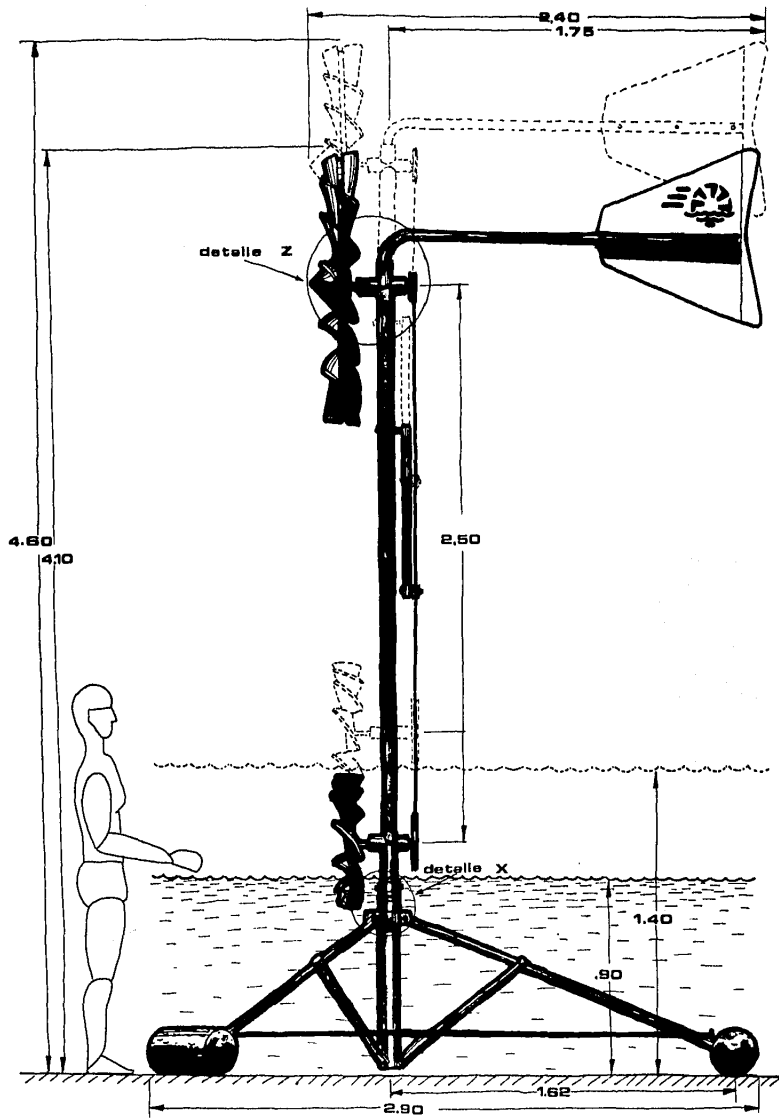
ZAPATAS C/U: 30 KG.

DISTANCIA ENTRE EJES: 2.50 MTS.

BASE CON ZAPATAS: 97 KG.

TOTAL: 135 KG.



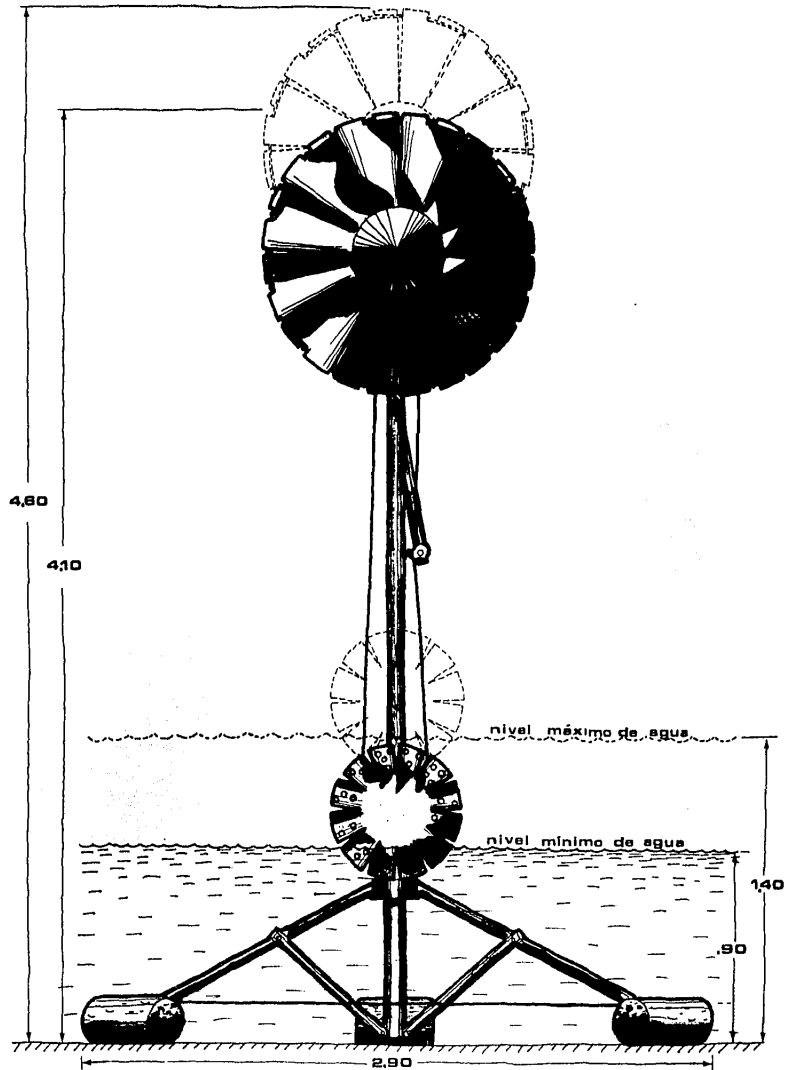


1. DISEÑO

esc. 1:20

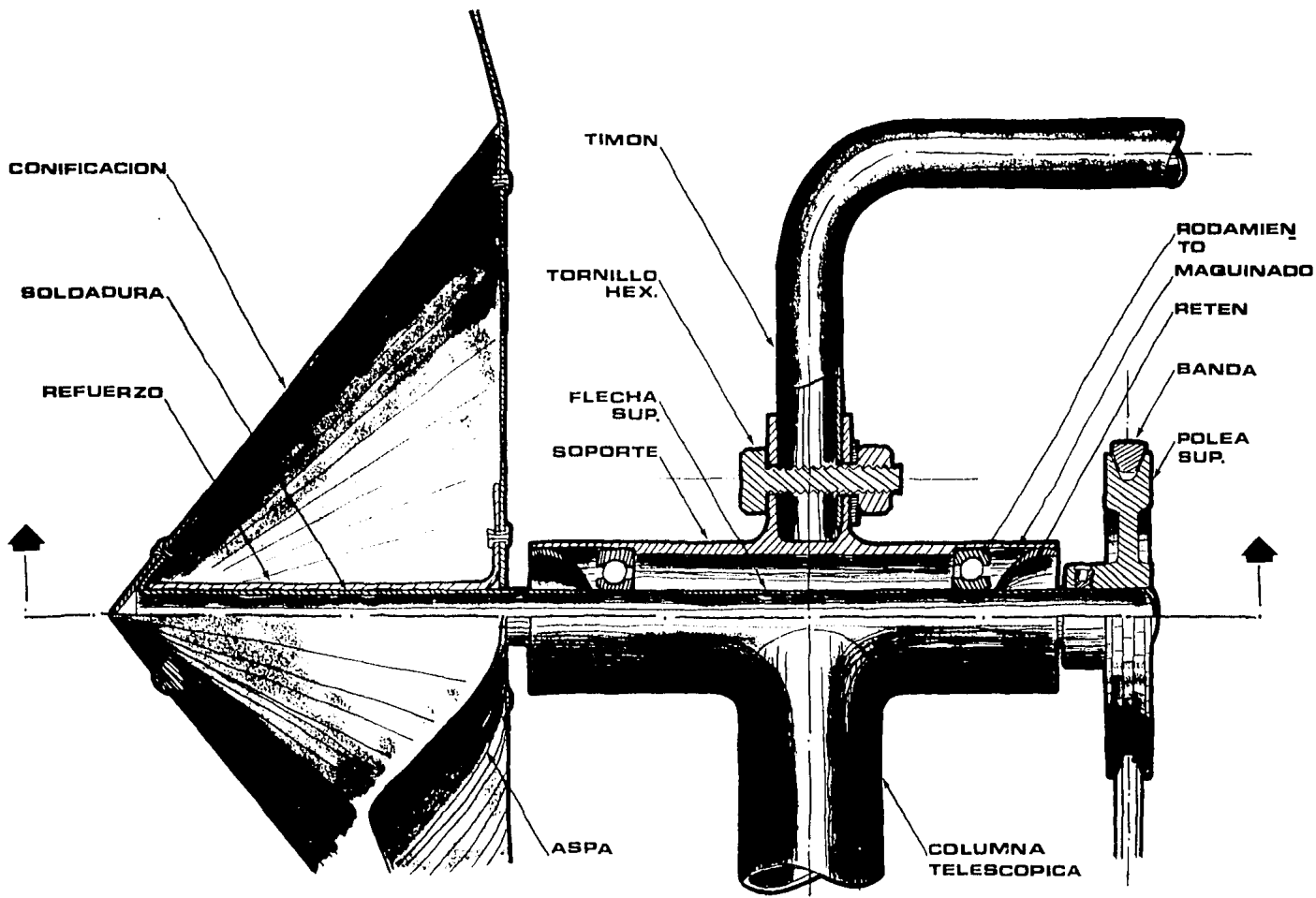
3.3.1 VISTA LATERAL





3. DISEÑO
 REC. 1120 331 VISTA
 FRONTAL



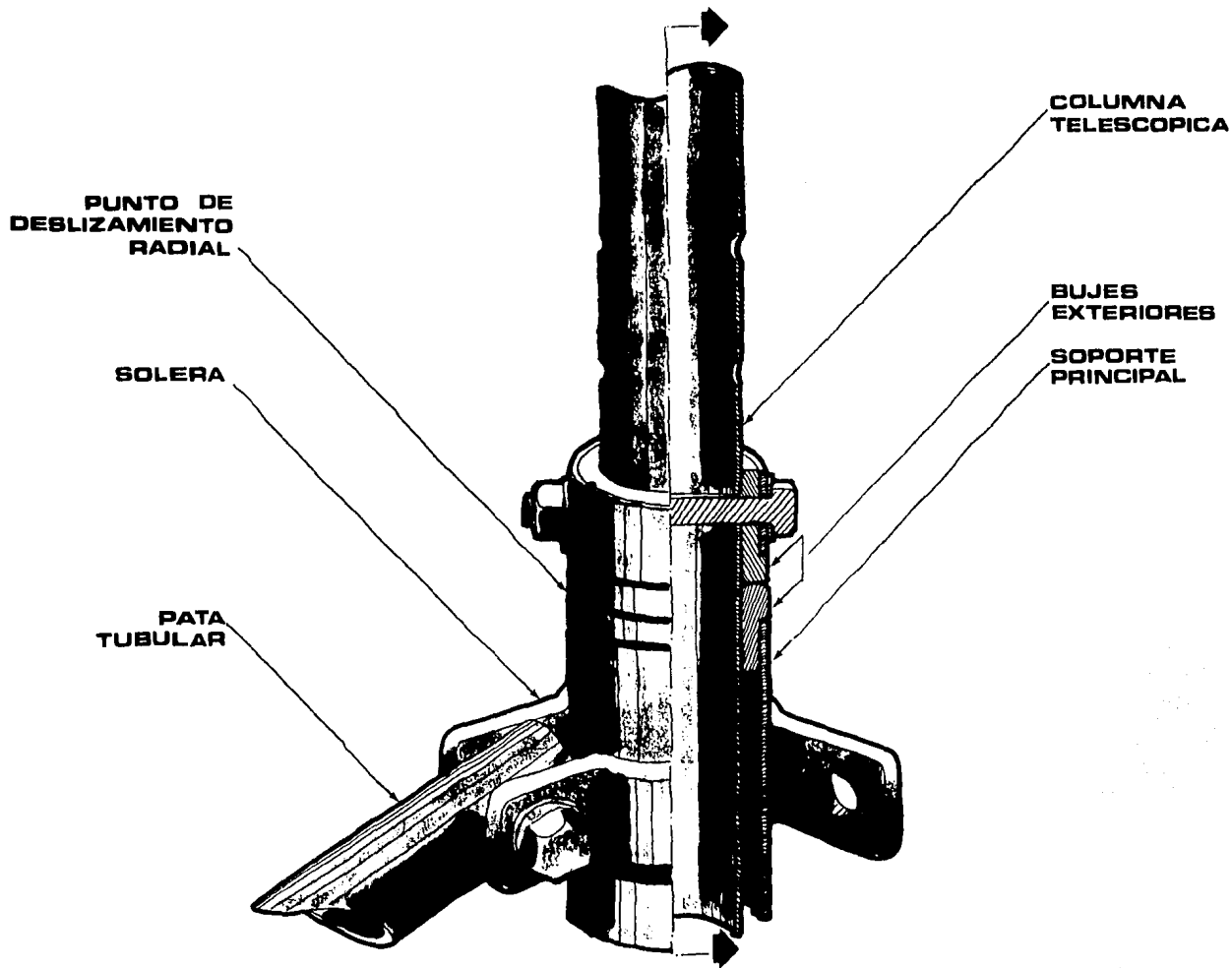


3. DISEÑO

996.112

3.3.2 DETALLE Z



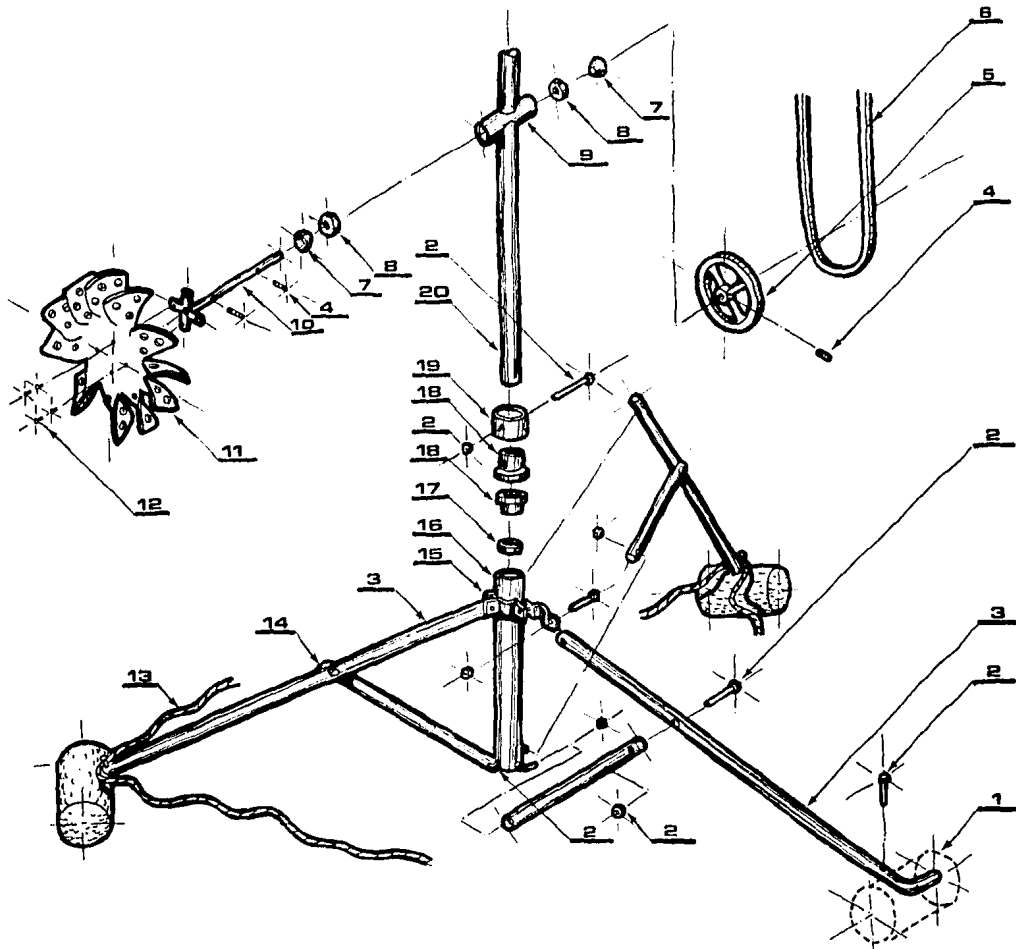


3. DISEÑO

980/112

3.32 DETALLE X



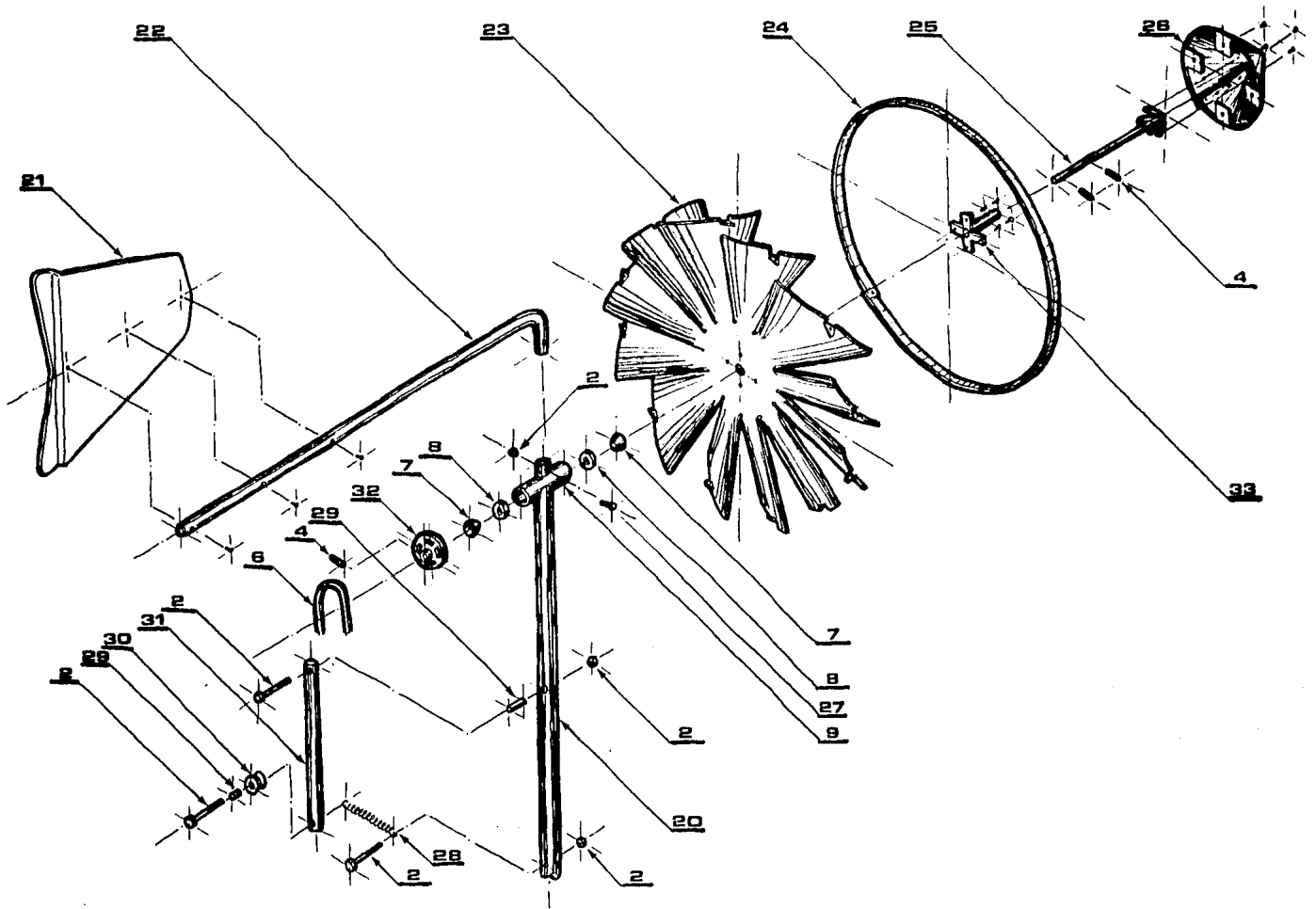


3. DISEÑO

asc. 1. 20

333 DESPIEGE
 ISOMETRICO
 (INFERIOR)





3. DISEÑO

esc. 1:20

333 DESPIECE
ISOMETRICO
(SUPERIOR)



CLAVE	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	COLOR
1	ZAPATA	CONCRETO	HECHO A MANO	3	PESO 30 KG.	NATURAL
2*	TORNILLO HEXAG. C/ TUERCA Y ARANDELA	ACERO	*** COMERCIAL	12	Ø 3/8" x 3 1/2"	ROJO
3	PATAS TUBULARES	TUBO DE ACERO	CORTADO, DOBLA DO Y BARRENADO ***	3	Ø 1 1/2" CAL. 14	ROJO
4*	OPRESOR ALLEN	ACERO	COMERCIAL	6	Ø 1/4" x 1/2"	NEGRO
5*	POLEA INFERIOR	ALUMINIO	COMERCIAL **	1	TIPO "A" Ø EXT. 10" Ø INT. 7/8"	AMARILLO
6*	BANDA INDUSTRIAL	HULE NATU_ RAL C/CUER DAS DE NYLON	COMERCIAL	1	TIPO "A" LONG. 220"	NATURAL
7*	RETEN	HULE NATU_ RAL	COMERCIAL CORTADO	4	PIEZA COMERCIAL ADAPTADA	NATURAL
8*	RODAMIENTO	ACERO	COMERCIAL	4	DE BOLAS, SELLADO Ø EXT. .54 mm. Ø INT. .20 mm.	NATURAL
9	SOPORTE DE RODAMIENTOS	TUBO DE ACERO	CORTADO, BARRE_ NADO, TORNEADO Y SOLDADO ***	2	Ø INT. .53 mm. Ø INT. (RECTIFICADO) 54.2 mm.	ROJO
10	FLECHA INFERIOR	"	TORNEADO, DOBLA_ DO, RANURADO, CORTADO, BARRE_ NADO ***	1	Ø EXT. 21.5 mm. Ø EXT. (RECTIFICADO) 20.2 mm.	ROJO
11	ROTOR OXIGENADOR	LAM. DE ALUMINIO	TORNEADO, DOBLA_ DO, RANURADO, CORTADO, BARRE_ NADO ***	"	CAL. 16 Ø 24"	AMARILLO

3. DISEÑO

3.33 CUADRO DE
ESPECIFICACIONES



CLAVE	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO	CANT.	ESPECIFICACIONES	COLOR
12*	REMACHES "POP"	ALUMINIO	COMERCIAL **	1/2 CIENTO	Ø 1/8"	AMARILLO
13*	CUERDA DE TENSION	POLIETILENO	COMERCIAL	1	Ø 10 mm. LONG. 9 mts.	AMARILLO
14	TUBULAR DE COMPRESION	TUBO DE ACERO	CORTADO, BARRENADO ***	3	Ø 1 1/2" x 29 1/2"	ROJO
15	SOLERA	ACERO	DOBLADO, BARRENADO Y SOLDADO ***	3	7 1/2" x 2" x 1/4"	ROJO
16	SOPORTE PRINCIPAL	TUBO DE ACERO	CORTADO, SOLDADO ***	1	Ø 3" LONG. 29 1/2" (75 cms.)	ROJO
17	BUJE INTERIOR	BRONCE FOSFORA DO	TORNEADO	"	Ø EXT. 72 mm. Ø INT. 57 mm.	NATURAL
18	BUJE EXTERIOR	"	TORNEADO Y BARRENADO	2	"	"
19	SECCION TUBULAR	TUBO DE ACERO	CORTADO Y BARRENADO ***	1	Ø 3" x 1 1/2"	ROJO
20	COLUMNA TELESCOPICA	"	CORTADO, LIMADO, SOL DADO, BARRENADO ***	"	Ø 2 1/4" x 11' 10" (3.60 mts.)	"
21	COLETA	LAM. DE ALUMINIO	CORTADO, DOBLADO, BA RRENADO, REMACHADO **	"	81 x 81 x 26 cms. CAL. 20	AMARILLO
22	TIMON	TUBO DE ACERO	" ***	"	DIMENSIONES MODU LADAS A LAS PATAS TUBULARES	ROJO
23	ROTOR EOLICO	LAM. DE ALUMINIO	" **	"	Ø 1.22 MTS. CAL. 20	AMARILLO Y ROJO
24*	CINTURON PERIMETRAL	SOLERA DE ALUMINIO	"	"	12' x 1/8" x 1"	ROJO

3. DISEÑO

3.3.3 CUADRO DE ESPECIFICACIONES



CLAVE	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES	COLOR
25	FLECHA SUPERIOR	TUBO DE ACERO	CORTADO, TORNEADO BARRENADO, RANURADO Y DOBLADO ***	1	Ø EXT. 21.5 mm. Ø EXT. (RECTIFICADO) 20.2 mm.	ROJO
26	CONIFICACION	LAM. DE ALUMINIO	CORTADO, DOBLADO BARRENADO, REMACHADO **	"	Ø 40 cm.	ROJO
27	TORNILLO HEXAG. C/ TUERCA Y ARANDELA	ACERO	COMERCIAL ***	"	Ø 3/8" x 2 1/4"	ROJO
28	RESORTE	ACERO	COMERCIAL ***	"	20 ESPIRAS Ø 1/2" ALAMBRE DE 1/16" Ø	AMARILLO
29	BUJE DE TENSOR	BRONCE FOSFORADO	TORNEADO	2	Ø INT. 3/8" Ø EXT. 1/2"	NATURAL
30*	POLEA GUIA	HULE NATURAL	COMERCIAL	1	ROTULA DE DATSUN (1980)	"
31	TENSOR	TUBO DE ACERO	CORTADO Y BARRENADO ***	"	Ø 1 1/2" x 29 1/2"	ROJO
32*	POLEA SUPERIOR	ALUMINIO	COMERCIAL **	"	TIPO "A" Ø EXT. 5" Ø INT. 7/8"	AMARILLO
33	REFUERZO DE ROTOR	TUBO DE ACERO	CORTADO, RANURADO BARRENADO, DOBLADO Y SOLDADO ***	"	Ø INT. 20 mm. x 14 cm.	ROJO

* PIEZAS COMERCIALES

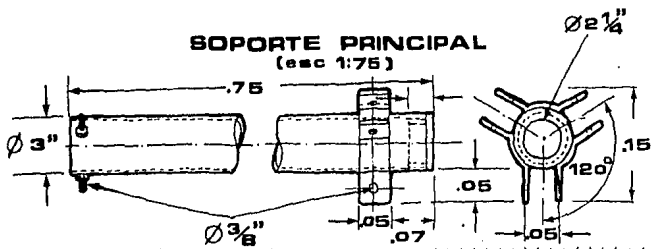
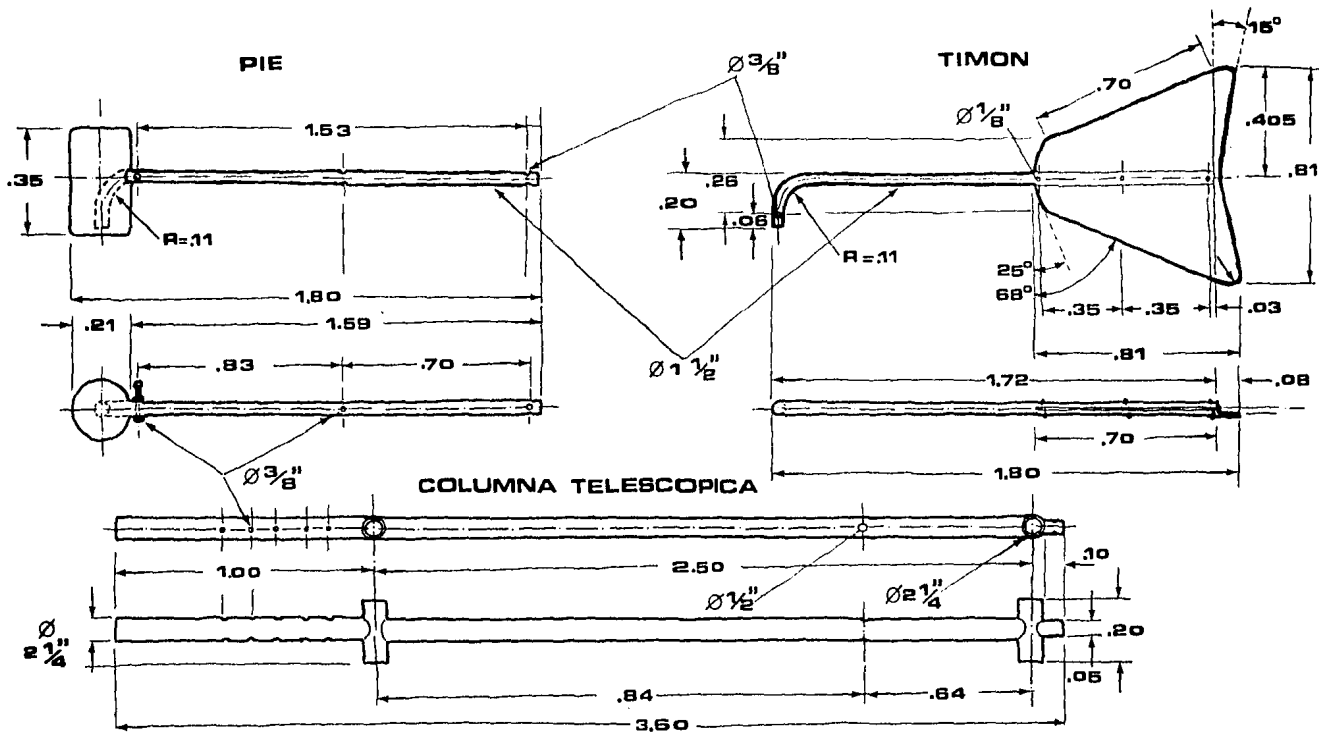
** PIEZAS CON ACABADO DE PRIMER Y PINTURA (POLIFORM)

*** PIEZAS GALVANIZADAS, TROPICALIZADAS Y CON ACABADO DE PRIMER Y PINTURA (POLIFORM)

3. DISEÑO

3.3 CUADRO DE ESPECIFICACIONES





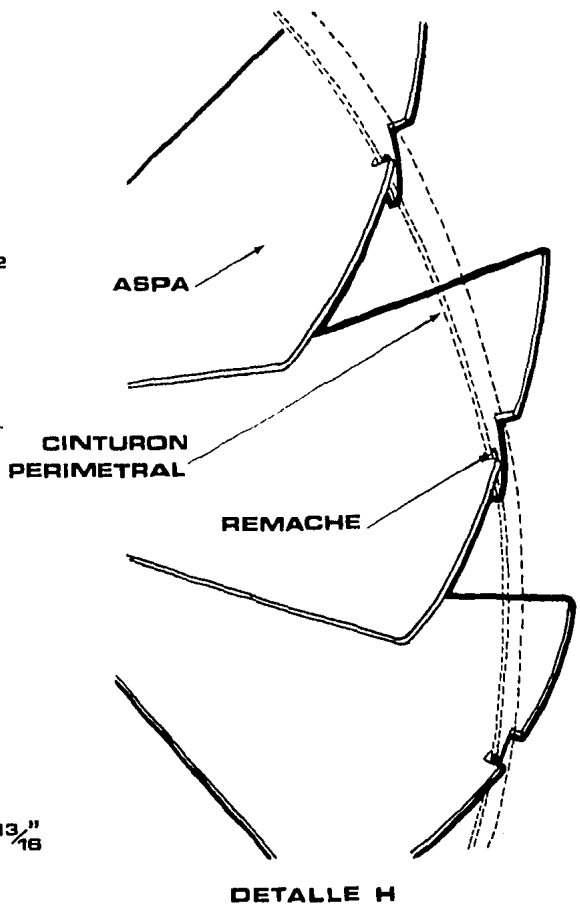
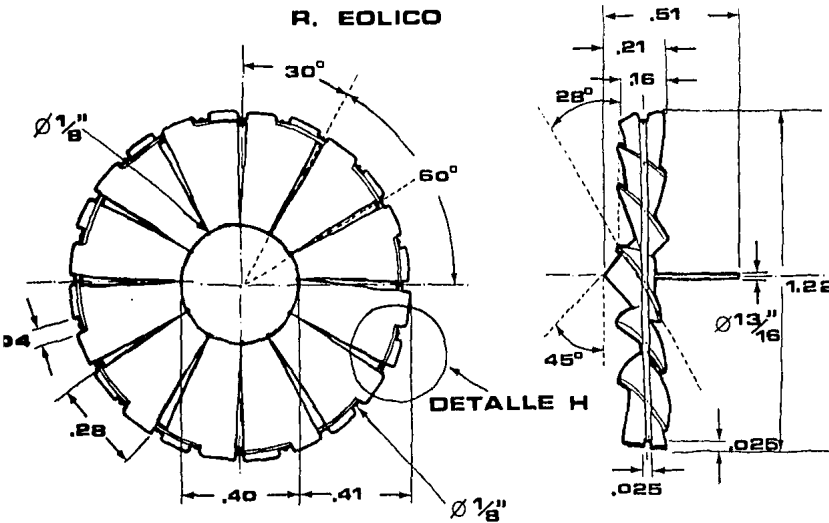
3. DISEÑO

esc. 1:20

334 TUBULARES
ZAPATAS Y
GOLETA

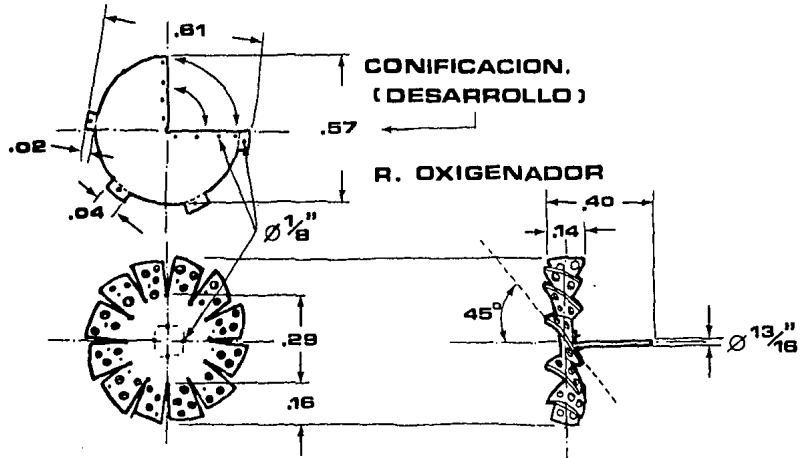


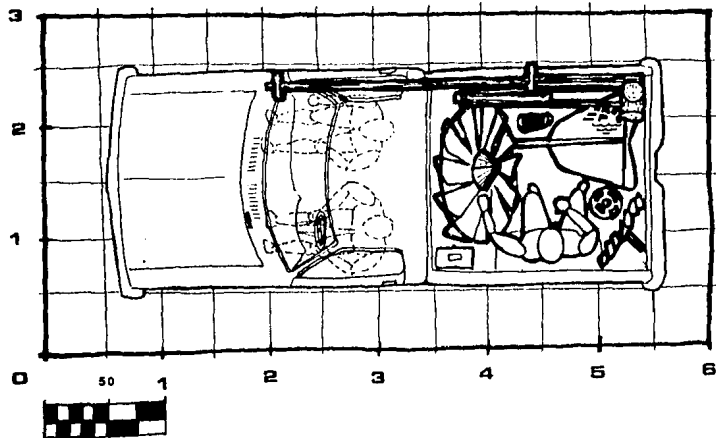
R. EOLICO



**CONIFICACION.
(DESARROLLO)**

R. OXIGENADOR





TRANSPORTE .

Camioneta pick-up

3 operadores.

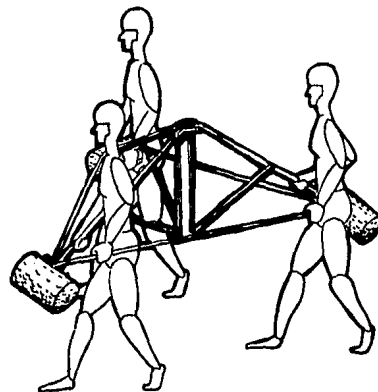
esc. 1:50

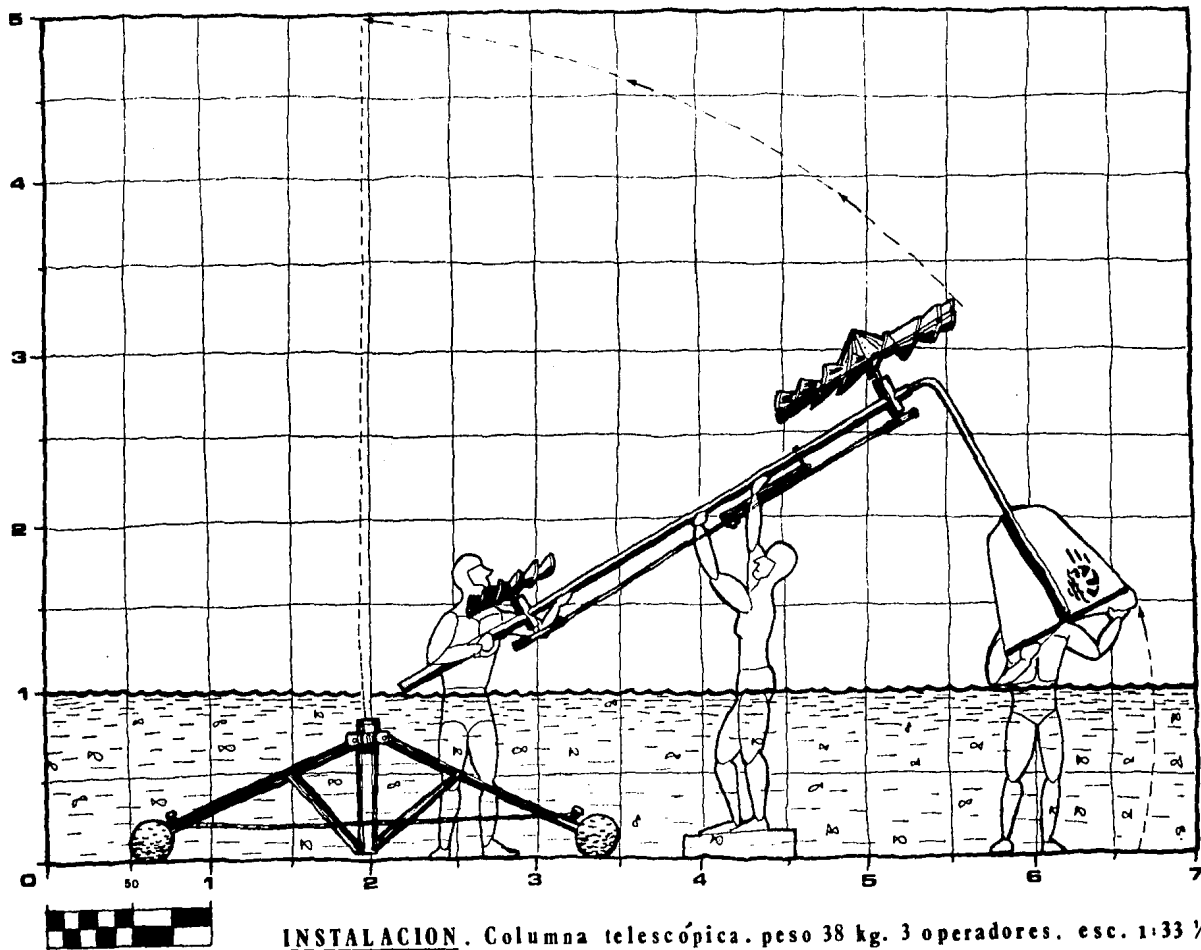
INSTALACION .

Tripié. peso 97 kg.

32 kg. por operador.

esc. 1:33 1/3





INSTALACION. Columna telescópica. peso 38 kg. 3 operadores. esc. 1:33 ½

3. DISEÑO

3.35 ERGONOMIA



POTENCIA

Para obtener la potencia del rotor eólico se aplica la siguiente fórmula:

$$P = K \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p$$

Donde:

K - Es la constante para la energía eólica.

A - Es el área barrida en m²

V³ - Es 11 m/s velocidad de máximo rendimiento del rotor en relación con la velocidad del viento mínima promedio 4.5 m/s (16 Km/h) según la (tabla 6)

C_p - Es el coeficiente de potencia del rotor.

Poniendo estos valores en la ecuación tenemos:

$$P = (0.00064) (1.16) (11) (.3) \\ P = .2964 \text{ KW}$$

$$1 \text{ Kw} = 1.341 \text{ H.P.} \\ .2964 \text{ Kw} = ?$$

$$\underline{P = 0.3974 \text{ H.P.}}$$

Para obtener la potencia del rotor oxigenador, se multiplica por 2 según la relación de poleas 1 a 2:

$$(0.3974) (2) = \underline{.798 \text{ H.P.}}$$

P min. prom. = 3/4 H.P. con vientos min. prom. 4.5 m/s

P med. prom. = 3.5 H.P. con vientos min. prom. 10 m/s



R.P.M.

Para obtener las R.P.M. Según vientos mínimo promedio de 4.5 m/s. en relación con el máximo rendimiento del rotor 11 m/s. se efectúa lo siguiente :

ROTOR EOLICO :

La circunferencia del círculo barrido por las aspas es $\pi \cdot d$, donde d es el diámetro del rotor eólico que es 1.22 mts. esto nos da 3.83 mts. como longitud de la circunferencia.

En 1 segundo el extremo del aspa se desplaza 11 m/s. (gira aproximadamente 3 vueltas por segundo). En 60 segundos girará un total de $(11) \cdot (60) = 660$ mts. dividida esta cifra por la longitud de la circunferencia se halla el número de R.P.M., es decir :

$$\frac{660}{3.83} = 172 \text{ R.P.M. ROTOR EOLICO}$$

ROTOR OXIGENADOR :

Según la relación de poleas se aumentó la potencia al doble; pero disminuyó la velocidad a la mitad, es decir :

$$86 \text{ R.P.M. ROTOR OXIGENADOR}$$

Tabla 6:

Vel. prom. en m/s.	Vel. de máximo rendimiento en m/s.
3.5	8
4.0	9
* 4.5	11
5.0	11
5.5	13
6.0	14
7.0	16
8.0	18
9.0	20



EFICIENCIA

La eficiencia se obtiene con la siguiente fórmula :

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{potencia del rotor}}{\text{potencia del viento}} \times 100 \% =$$

$$\frac{0.3974}{0.8592} \times 100 \% = .4625 \times 100 \% = 46 \%$$

$$\text{pv.} = \frac{\text{p. del rotor}}{\text{Cp}} = \frac{0.3974}{.3} = .8592$$

EFICIENCIA = 46 % del rotor eólico



ESTRUCTURA

Debido a que el Oxígenoador Eólico experimenta diversas fuerzas, la del viento y la de su propio peso, su comportamiento es parecido al de una palanca de primer género, para tener equilibrio en el Oxígenoador Eólico debe cumplirse entonces :

$$F_e \cdot l_t = F_r \cdot l_b$$

Donde ,(Fig.27):

F_e - Es la fuerza equilibrante

l_t - Es la longitud total

F_r - Es la fuerza de resistencia (zapatas)

l_b - Es la longitud de la base

Ya que es de interés conocer la fuerza que mantendrá en equilibrio al Oxígenoador Eólico entonces despejaremos F_e de la ecuación anterior :

$$F_e = \frac{F_r \cdot l_b}{l_t}$$

Sustituyendo los valores reales del Oxígenoador Eólico :

$$l_b = 2.5 \text{ mts.}$$

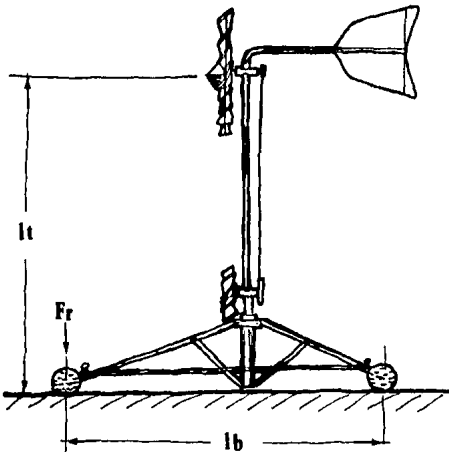
$$l_t = 4.0 \text{ mts.}$$

$$F_r = 30 \text{ kg.}$$

Donde $F_r = m \cdot g$

$$F_e = \frac{(30) (9.81) (2.5)}{4.0} = \underline{\underline{184 \text{ NEWTONS}}}$$

Ahora es necesario comparar esta fuerza con la del viento,



(Fig. 27)



pues de esta forma se sabrá si ésta no desequilibra al Oxígeno dor Eólico.

La fuerza del viento F_v se puede calcular con la expresión

$$F_v = P \cdot A$$

Donde P es la presión del viento, la cual se tomará como la máxima posible en estas regiones; y A es el área barrida en m^2 por el rotor.

El valor máximo de P corresponde al de un huracán: 38 m/s. (137 k/h) y es $P = 147.7 \text{ kg/m}$, el área barrida por el rotor es de $A = 1.16 \text{ m}^2$, por lo que :

$$F_v = (147.7) (1.16) = \underline{\underline{171.3 \text{ NEWTONS}}}$$

El resultado anterior nos muestra que es menor a la fuerza de equilibrio, por lo que se concluye que el Oxígeno dor Eólico se mantendrá estable con vientos que como se dijo anteriormente es el máximo posible en estas regiones.

TIMON

Para obtener un máximo aprovechamiento de la energía eólica, el rotor debe captar el viento en cualquier dirección, para ello necesita un mecanismo que lo oriente :

EL TIMON, este debe tener ciertas formas y dimensiones que lo hagan funcionar perfectamente.

Esto se logra a través de un desequilibrio de fuerzas, dado que el comportamiento del timón es también, el de una palanca de primer género.

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$



Donde, (Fig.28)

F_1 - Es la fuerza equilibrante

L_1 - Es el brazo de palanca

F_2 - Es la fuerza de resistencia

L_2 - Es la longitud de resistencia

Despejamos la fuerza equilibrante F_1 :

$$F_1 = \frac{F_2 L_2}{L_1} = \frac{(2.8) (9.81) (.16)}{1.50} = \underline{\underline{2.92 \text{ NEWTONS}}}$$

Ahora es necesario comparar esta fuerza con la del viento, pues de esta forma se sabrá si ésta desequilibra el estado de reposo del timón.

La fuerza del viento F_v se puede calcular con la expresión:

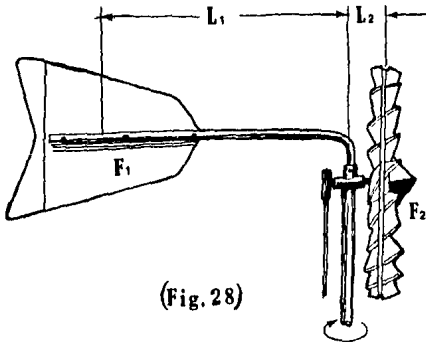
$$F_v = P \cdot A$$

Donde P es la presión del viento la cual se tomará como la mínima promedio en estas regiones; A es el área barrida en M^2 de la coleta del timón.

El valor mínimo de P corresponde al de un viento de 4.5 m/s. (16.2 km/h) y la presión según la tabla 4 es de 4.30 kg/m, el área barrida de la coleta es de $A = .70 m^2$, por lo que:

$$F_v = (4.35) (.70) = \underline{\underline{3.04 \text{ NEWTONS}}}$$

Por lo tanto, es mayor la fuerza del viento que desequilibra al timón, haciéndolo desplazar radialmente con una velocidad mínima promedio de 4.5 m/s. de estos lugares.



3.5 VENTAJAS DE DISEÑO

El Oxigenador Eólico tiene múltiples ventajas en el diseño, pero principalmente sobre los oxigenadores existentes, pues por ser innovación tecnológica a partir de la fuerza del viento mejora aspectos económicos, funcionales, ergonómicos, entre otros:

ECONOMICAS la ventaja principal es que no consume ningún tipo de energía que cueste monetariamente.

El costo total del aparato es aproximadamente la mitad de los más económicos de su categoría en el mercado :

- Por utilizar materiales y piezas estandarizadas.
- Por la fácil adquisición comercial.
- Por la unificación y modulación de piezas.
- Por los procesos de fabricación sencillos y semindustriales.
- Por su fácil transportación.

(Todas estas ventajas están en función de su baja y mediana producción).

FUNCIONALES debido a que en las costas hay suficiente viento y además constante, tendrá un uso diario casi continuo, aunque según experiencias de acuacultores e investigadores, se afirma que unas cuantas horas al día serán suficientes.

- Por el número reducido de piezas y mecanismos la probabilidad de fallas es mínima.
- Podrá instalarse y funcionar en lugares remotos y aislados, siempre y cuando exista un previo estudio del viento en esa zona.
- En cuanto al mantenimiento no es complicado, ya que consistirá en una revisión de pintura, rodamientos retenes y banda siendo aproximadamente semestral. (Aunque la pintura se



garantiza por dos años).

ERGONOMICAS

- En cuanto al transporte e instalación, el Oxigenador Eólico, pesa 135 Kg. sin embargo es desarmable y requiere de 3 operadores para su armado. Además cabe perfectamente en una camioneta pick-up.

3. DISEÑO



3.5.1 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS MATERIALES

UTILIZADOS

Todos los acabados en las partes metálicas son con primer - cromato de zinc y pintura de poliuretano alifático, acabado -- cristal, solo las partes de acero llevan además recubrimiento galvanizado y tropicalizado antes del acabado final.

GALVANIZADO - Es un proceso electrolítico en frío o un proceso en inmersión en caliente, consistente en un recubrimiento de zinc muy resistente a la corrosión.

TROPICALIZADO - Es un proceso posterior al galvanizado de -- las mismas características pero el recubrimiento es además de -- ácido crómico; es aún más resistente que el galvanizado, es muy recomendado para las zonas tropicales con alta cantidad de sal en el medio ambiente.

PRIMARIO EPOXICO DE CROMATO DE ZINC - Es un recubrimiento de resina epóxica sin plomo recomendado para superficies de aluminio y acero galvanizado por su excelente anclaje a la superficie, con altas ventajas anticorrosivas, es recomendado para piezas sumergidas en agua, resiste temperaturas hasta 150°C.

PINTURA DE POLIURETANO ALIFATICO (POLIFORM) ACABADO CRISTAL - Se presenta en dos componentes (resina y catalizador) es de alta resistencia al intemperismo, no se amarillea resiste el - caleo, corrosión e impacto, por su elasticidad soporta flexiones mecánicas y tensiones originadas por cambios bruscos de -- temperatura. Por su formulación alifática el brillo y color resisten ampliamente los efectos destructores de la luz solar -- (Rayos ultravioleta).

El acabado cristal - comúnmente llamado - deja una película



tersa y muy dura.

Se recomienda especialmente para maquinaria, estructuras, - tanques de almacenaje a la orilla del mar, en interiores y exteriores de cascos de los barcos.

CONCRETO - Es utilizado en las zapatas, el peso es la característica principal, para ello se utilizó cemento puzolánico - recomendado en la construcción en zonas costeras.

ALUMINIO - Es el segundo metal por orden de importancia utilizado por el hombre. Usado en las poleas, rotores y timón. Le da ligereza y eficiencia a la estructura, no se corroe, además es protegido con el primer de cromato de zinc y recubierto con la pintura "poliform" de poliuretano alifático.

BRONCE FOSFORADO - Es una aleación de cobre y estaño en proporciones que son aproximadamente y respectivamente de dos tercios y un tercio.

El bronce fosforado aumenta la dureza y es utilizado principalmente en bujes y cojinetes por su autolubricación, alta resistencia mecánica y además no se oxida.

En el Oxigenador Eólico en todos sus bujes se utiliza dicho material.

HULE NATURAL Y CUERDAS DE NYLON - Son los materiales que forman la banda, ambos materiales le dan resistencia mecánica, flexibilidad, duración, evitando también la dilatación.

POLIETILENO - Se usó en la cuerda de tensión. Es resistente al intemperismo, no corrosivo, además no contamina el agua.

3. DISEÑO



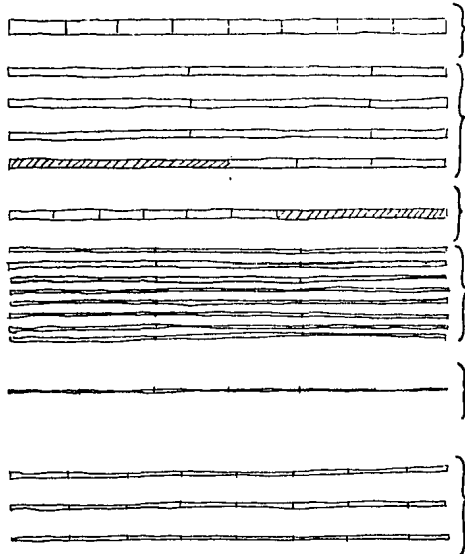
LOS RODAMIENTOS - Son de bolas y sellados para mayor duración, protegidos contra el exterior por los compartimientos de la sección tubular y sellados a su vez con retenes de hule. Estos son flexibles e intercambiables.

3. DISEÑO



3.5.2 APROVECHAMIENTO DE MATERIAL (60 unidades)

TUBERIA : tramos de 6 mts.



TUBULARES : NOMBRE	MEDIDAS	CALIBRE	CANTIDAD EN TRAMOS	COSTO \$
SOPORTE PRINCIPAL	Ø3"x 29.5"	14	8	39,744
COLUMNA TELESCOPI CA (PARTE SUPERIOR E INFERIOR)	SUPERIOR Ø2 1/4"x 99" INFERIOR Ø2 1/4"x 40"	16	35	103,740
SECCION TUBULAR	Ø2 1/4"x 8"	16	4	11,856
PATAS TUBULARES Y TIMON	Ø1 1/2"x 79"	14	14	175,734
FLECHAS (SUPERIOR E INF.)	SUPERIOR Ø13/16"x 22" INFERIOR Ø13/16"x 17"	14	10	42,840
TUBULARES DE COMPRESION Y TENSOR	Ø1 1/2"x 29.5"	14	30	67,590
			101	\$ 441,504
			CANTIDAD TOTAL DE TUBULARES	COSTO TOTAL PARA 60 U.

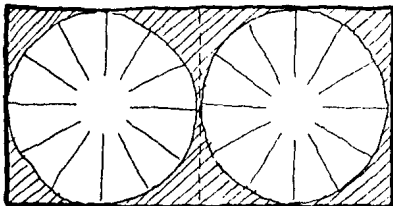
(Fig.29)

La (Fig.29) SOLO muestra gráficamente la cantidad de tubulares requerida para 6 unidades.

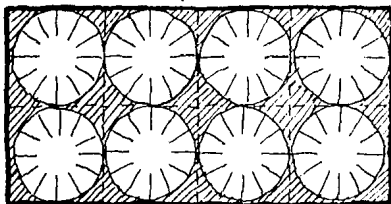


LA MINA DE ALUMINIO:

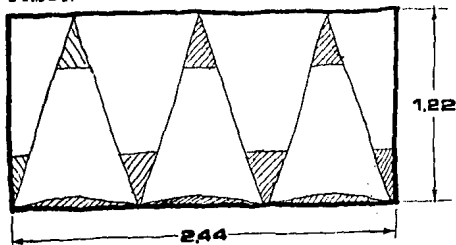
R. EOLICO



R. OXIGENADOR



TIMON



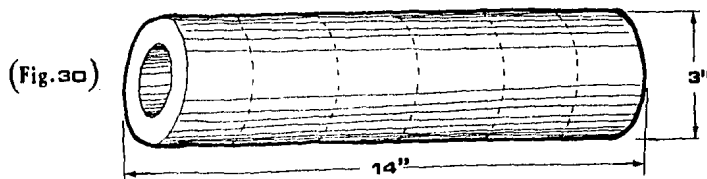
(Fig.31)

ROTORES, BUJES Y COLETA :

NOMBRE	MEDIDAS	CALIBRE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
BUJES	Ø INT. 2 1/4" Ø EXT. 3" LONG. 1"	-	10	9,680	96,800
			BARRAS HUECAS		
ROTOR EOLICO	Ø 1.22 mts.	20	30 HOJAS	10,432	312,975
ROTOR OXIGENADOR	Ø .61 mts.	16	8 HOJAS	18,346	146,771
COLETA DE TIMON	.81x.81x.26	20	12 HOJAS	10,432	125,184

§ 681,730
COSTO TOTAL

Bronce Fosforado. (Fig.30)
barra hueca medida comercial :



NOTA : Lo ashurado de la Fig.31 se vende para aprovecharse como material reciclable.



3.5.3 COSTOS

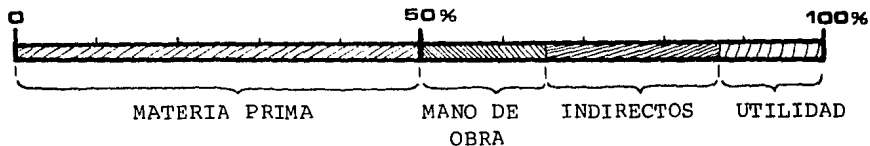
La cotización real del Oxigenador Eólico no se podría precisar ahora, dado que falta un estudio exacto y específico del costo de mano de obra, de gastos indirectos, utilidad, etc.-- pues otros profesionales se dedican ampliamente a elaborarlos.

Sin embargo se podría dar una estimación aproximada del costo total, pues conocemos el precio de la materia prima y podemos afirmar que los procesos de fabricación son sencillos y económicos; en cuanto la maquinaria y herramienta no necesita ser especial; en lo que respecta a piezas y mecanismos se minimizaron y modularon; de tal forma que nos permiten presuponer que el costo se encuentra en un nivel accesible.

A continuación se da el costo total de materia prima para una producción de 60 unidades, que cubre la primera etapa de la producción del Oxigenador Eólico. (precios de septiembre de 1985).

El costo del producto es aproximadamente el doble del presupuesto del material :

COSTO APROXIMADO DEL PRODUCTO:



$$\$ 1.972.914 \times 2 = 3.945.828 \div 60 \text{ unidades} = 65.763$$

MATERIA	§ TOTAL
PRIMA	X 60 U.

COSTO TOTAL APROXIMADO POR OXIGENADOR EOLICO = \$ 65.763

A continuación se da el costo de materia prima para 60 unidades:



COSTO DE MATERIA PRIMA PARA 60 UNIDADES : \$ 1,972,914

NOMBRE	\$ X PROTOTIPO	\$ X 60 UNIDADES
TUBULARES EN GENERAL cantidad (11)	6,644	441,504
ROTORES, COLETA Y BUJES (2) (1) (3) \$ 7,509 \$ 2,086 \$ 1,613	11,362	681,730
RODAMIENTOS (4) \$ 850	3,400	204,000
POLEAS; INFERIOR Y SUPERIOR (1) \$ 2,400 (1) \$ 980	3,380	202,800
PRIMER Y PINTURA (POLIFORM) \$ 1,170 \$ 1,373 (1) lt. c/u	2,545	152,720
BANDA (1)	2,376	142,560
GALVANIZADO Y TROPICALIZADO	850	51,000
RETENES, POLEA GUIA Y C. DE TENSION (4) \$ 310 (1) \$ 80 (1) \$ 180	570	34,200
TORNILLOS, TUERCAS Y REMACHES (14) \$ 420 (50) \$ 175	595	35,700
ZAPATAS DE CONCRETO (3) \$ 148	445	26,700

3. DISEÑO



354 CONCLUSIONES

Las experiencias e investigaciones realizadas constituyeron un valioso antecedente para el desarrollo de este diseño.

El Oxigenador Eólico es una máquina auxiliar en la concentración de oxígeno en el agua de estanques acuícolas, utiliza como principio la fuerza del viento, y con cierta relación de velocidad-potencia la transforma en energía mecánica, para posteriormente introducirla en el agua a través de un rotor que provoca agitación y turbulencias.

Investigadores y acuacultores han coincidido que son más eficientes y prácticos los aereadores mecánicos que otros sistemas de oxigenación, ejemplo:

Las bombas que envían agua de un estanque a otro, se ha comprobado que reducen la fertilidad de los estanques por dilución, en cambio el aereador mecánico al remover el agua, aumenta el oxígeno sin intercambio de agua.

Los acuacultores recomiendan el funcionamiento de los mismos en forma frecuente (una vez al día durante una hora), pues se ha comprobado que aumenta los rendimientos en el 14 % (28 % para las carpas plateadas y de cabeza grande), aproximadamente.

El Oxigenador Eólico es un aereador mecánico que entra en la categoría de aereadores superficiales. Recomendado principalmente para estanques pequeños o para colocar varios en estanques grandes. Tiene una capacidad de oxigenación aproximada de hasta 16 m de agua, logrando de 9.4 a 14.5 mg/lt. en condiciones standard a nivel del mar, de agua salada, temperatura de 25°C, profundidad del estanque de .95 mt. y velocidad de viento 10 m/s dependiendo de las condiciones del estanque y densidad de plancton.

Las concentraciones pueden variar según las condiciones.

El Oxigenador Eólico puede incrementar la producción acuícola



como otros aereadores mecánicos, lo único que habría que comparar ahora es la eficiencia con respecto a los demás; esto se puede lograr a través de una serie de observaciones comparativas que implican la medición de las concentraciones de oxígeno disuelto mediante un aparato llamado oxímetro, 2 ó 3 veces al día durante un año; de esta forma obtendremos una estimación de eficiencia comparativa.

El Oxigenador Eólico funciona perfectamente en el CET-MAR de La Paz B.C.S. con las modificaciones mencionadas en el punto (2.6.1) y obteniendo hasta el momento buenos resultados.

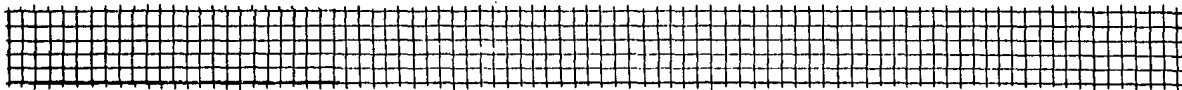
Esto probablemente es debido a la circulación de los elementos nutrientes y a la estimulación del desarrollo controlado del plancton.

Por lo tanto al Oxigenador Eólico se le podría denominar "MÁQUINA DE INCREMENTAR RENDIMIENTOS" en lugar de máquina de salvar a los organismos acuáticos.

3. DISEÑO



EL OXIGENADOR EOLICO ES UN PROYECTO QUE SE CONJUGA CON
OTROS EN SU REALIZACION Y QUE A LA VEZ SON COMPLEMENTA
RIOS ENTRE SI (ESTANQUE MODULAR Y CALIBRADOR PISCICOLA)



- ABELSON
Energy: Use, Conversion and Suprly
"Windmills: The Resurrection of an Ancient Energy Technology"
U.S.A. 1974.

- BAPPELL - GARCIA, José Javier
Granjas Acuáticas
Madrid España 1980.

- COURT, Annold
Wind Extremes as Design Factors

- FIRZGERALD, Robert W.
Resistencia de Materiales
Presentación y Servicios de Ingeniería,S.A.
México 1970.

- GARCIA NORIEGA, Francisco
El viento: Una Alternativa Energética
Tesis Profesional.
Fac. Arq., U.A.D.I., UNAM.
México 1979.

- GOLDING, E.M.
The Generation of Electricity by Wind Power
E & F.N. L.T.D. Londres, 1977

- HUERTA MORALES, Inés
Método de Evaluación Económica para Convertidores Eólico-Eléctricos.
Tesis Profesional.
Fac. Ingeniería, UNAM. México 1979.

BIBLIOGRAFIA



- Instituto de Investigaciones Eléctricas. (IIE)
Boletín
Vol. 4 Número 8/9
México, 1980

- LIONEL S., Marles y BOUMAISFER, Theodore
Unión Topográfica
Edit. Hispano Americana
México, 1978

- MATZUNAGA, Nubio
Introducción al Conocimiento del Medio Acuático
S.E.P. México

- National Geographic Magazine
HAMILTON, Roger
Can We Harness The Wind
Vol. 148, NO. 6
December 1975 U.S.A.

- Programa Universitario de Energía.
Coordinación de la Investigación Científica
Tecnologías Energéticas del Futuro
UNAM. México, 1983

- WHEATON, Frederick W.
Acuacultura Diseño y Construcción de Sistemas
A.G.T. Editor S.A.

BIBLIOGRAFIA

