

INDICE GENERAL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRIMERA PARTE

=====

Indice.....1
 Dedicatoria.....2
 Acta oficial.....3
 Agradecimientos.....4
 Motivo de la tesis.....5

Capítulo 1
INTRODUCCION

a) Panorama energético.....6
 b) Fuentes alternas de energía...14
 c) Aplicaciones del diseño industrial a las fuentes alternas de energía.....19

Capítulo 2
LOS AEROGENERADORES Y EL VIENTO
COMO RECURSO ENERGETICO.

a) Qué son los aerogeneradores y como producen la energía.....20
 b) Naturaleza y tipos de viento....21
 c) Evolución de los aerogeneradores y potencial a futuro.....25

SEGUNDA PARTE.

=====

Capítulo 3
CONVERSION DEL VIENTO EN ELECTRICIDAD

a) Algunos aspectos importantes en el diseño.....33
 b) Aerodinámica.....35
 c) Sistemas mecánicos.....39
 d) Sistemas eléctricos.....46
 e) Sistemas electrónicos.....48
 f) Almacenamiento y distribución...49

Capítulo 4
ASPECTOS HUMANOS

a) Aspectos humanos.....53
 b) Aspectos estéticos.....69

Capítulo 5
ASPECTOS ECONOMICOS, PROCESOS.
PLANOS Y ESPECIFICACION DE MATERIALES

a) Aspectos económicos.....72
 b) Procesos.....74
 c) Procesos, acabados y materiales..77
 d) Planos.....80
 CONCLUSIONES.....91

Bibliografía.....92

Indice





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

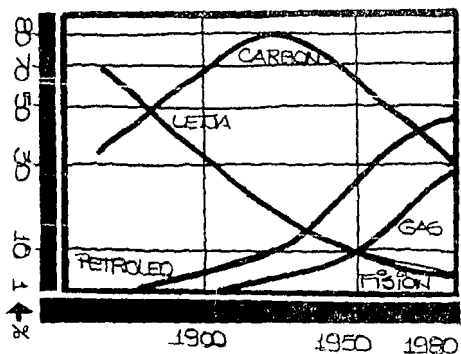
Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

PORQUE EL USO DE LA ENERGIA EOLICA Y NO DE OTRAS FUENTES PARA SU APLICACION EN ESTA TESIS.

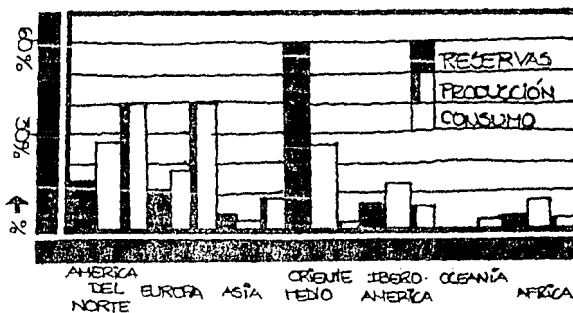
Para poder adentrarnos en el problema energético, y las consecuencias de usar tal o cual fuente generadora para el área rural aislada que nos atañe, es conveniente verlo de un punto de vista global e ir desechando aquellas alternativas, que dejarían a lo largo del tiempo consecuencias no deseables, para ello es conveniente considerar los resultados de la utilización de diversas fuentes a lo largo de su evolución.

Si recordamos un poco dicha evolución histórica en las principales fuentes de energía, por las que se ha desarrollado lo que hoy en el término cotidiano conocemos como industria, podemos retroceder al final del siglo XVIII cuando el papel preponderante lo lleva el carbón, denotando los límites y características, psicológicas, políticas, sociales y económicas de la época. Con esto, los países ricos en recursos carboníferos, tenían capacidad para convertirse en potencias industriales.



Pero a principios de este siglo, el petróleo obtuvo el lugar de vanguardia, cuando la combustión interna rebasaba en eficiencia al vapor. Así el novedoso combustible con bajos costos de explotación y abundancia de yacimientos, generó un cambio en la economía internacional, provocando una mayor dependencia de los países escasos de este recurso energético, sabemos que la crisis del petróleo va en aumento; debido a que dentro de poco tiempo será difícil azagurar la oferta con la misma intensidad que exige la demanda. Como respuesta inmediata a este problema, los países industrializados están sometidos a una política internacional de ahorro energético.

Para el aprovechamiento del petróleo y sus diversas formas en el área rural contamos con toda una vasta infraestructura que contiene entre otras; la disposición inmediata de plantas de combustión interna convencionales para generación eléctrica, mismas que se consiguen de diversas capacidades y se compran en las grandes ciudades. Para la operación de estas plantas es imprescindible utilizar como materia prima dicho petróleo en sus diversas formas; y en consecuencia del panorama evolutivo de este energético, nos vamos en la necesidad no sólo de obtener un considerable ahorro de él, sino además de sustituirlo por otras fuentes de energía.



Introducción

Un energético ya bien conocido es el carbón (turba, lignito, hulla, antracita, etc.) que cuenta con enormes reservas mundiales, las conocidas hasta el momento corresponden a un volumen aproximadamente del triple del conocido para el petróleo y gas natural juntos. Opciones interesantes son la gasificación y la licuefacción del carbón, pero desgraciadamente al mencionar el carbón y el petróleo como combustibles, tenemos que ligarlos con la oscura contaminación, en que el monóxido de carbono a diferencia de los venenos corrientes, no actúa interfiriendo con las acciones de las enzimas, sino que bloquea la molécula de la hemoglobina, que es una proteína que transporta el oxígeno desde los pulmones a las células, y cuando se fija el monóxido de carbono en ella no puede realizar su función.

La energía nuclear como otra fuente energética, que quizá ya se puede considerar como convencional y no alterna en países que cuentan con una vasta infraestructura nuclear. Tiene como finalidad la obtención de calor y se lleva a cabo mediante la fisión (ruptura) nuclear producida con el bombardeo neutrónico a muy específicos isótopos (átomos que tienen diferentes pesos, pero que pertenecen al mismo elemento químico y tienen el mismo número atómico, siendo muy común entre estos isótopos; el uranio 235 que corresponde al 0.7% del uranio natural).

Al ser bombardeado un isótopo se rompen los enlaces de los componentes del núcleo y se emiten partículas, cuya masa se transforma en energía, $E=mc^2$ (teoría cuántica). Esta energía es muy atractiva, pues de una masa muy pequeña se puede obtener una cantidad extraordinaria de energía (nuclear 10^{10} cal por mol, otras 10^7 cal por mol.). Por este motivo de los años cincuentas a los setentas se dio gran auge a la obtención de electricidad nuclear.

En base a las experiencias obtenidas en este campo, se ha tenido que tomar medidas rigurosas en los aspectos de seguridad, por lo que han surgido comisiones reguladoras, que al instaurar normas han provocado un aumento considerable en el costo de dicha energía.

Los elementos radiactivos naturales tienen tiempos de desintegración variables, los hay que se desintegran rápidamente (fracciones de segundo), y los que lo hacen lentamente (millones de años). En la desintegración se emiten partículas y tan natural es este proceso que el mismo hombre tiene cierta radiactividad emitida por el tejido orgánico que contiene potasio 40. Pese a que esta radiación es de tipo natural, también es dañina; se le supone responsable del 3% de las muertes por cáncer.

Cuando se produce artificialmente el fenómeno se emiten muchas partículas o radiaciones ($\alpha, \beta, \gamma, e^-$) que implican cambios químicos en la desintegración de las moléculas orgánicas. Por ejemplo, el agua que está presente en todos los tejidos vivos, y que es la vida de las zonas rurales, al ser atacada por radiación, se queda como radical libre y reacciona con los tejidos vivos. Cuando la radiactividad afecta la médula, complica la formación de sangre, lo que implica severa gravedad en los animales.

Se conocen varias sustancias radiactivas que se fijan en el cuerpo como lo hace el estroncio, que por su similitud electrónica con el calcio, permanece en los huesos donde se mantiene, ya que las células óseas se reemplazan muy lentamente y por ello puede permanecer en la persona toda su vida. Los materiales radiactivos se van concentrando conforme avanza la cadena alimenticia, y esto debemos evitarlo a toda costa en el área rural. Pese es la principal fuente de alimentos.

El proceso de fisión, no es aplicable para poder ser usado en zonas rurales aisladas, ya que para que sea económico su generación tenemos que irnos a una escala de megawatts y no es nuestro objetivo.

Introducción



Los reactores de fusión (unión) nuclear proporcionan entre 5 y 10 veces más energía que los de fisión, aunque requieren de millones de grados centígrados para alcanzar el plasma fusionable, se propone para ello el uso de ondas supersónicas, corrientes eléctricas, rayos láser ... Manteniendo el plasma dentro de un campo magnético, pues ningún recipiente hecho con materiales conocidos resiste temperaturas de un centenar de millones de grados centígrados. La fusión no desprende cenizas radiactivas, y su materia prima principal sería el deuterio del que solo en el océano contamos aproximadamente con 35 billones de toneladas. Pero la reacción de fusión adecuada es deuterio-tritio, y éste se obtiene del litio, el cual no es muy abundante. Como conclusión esta tecnología queda eliminada actualmente en el agro mexicano.

Se requiere de investigación y mejoras, tanto en los reactores como en la eliminación o almacenamiento de los residuos radiactivos, para que la energía nuclear tenga una buena aceptación por la población mundial. Y si nos vamos de un panorama de población mundial a población rural y tomamos en cuenta el objetivo de la tesis, la utilización de la energía nuclear sólo cabe en la utopía.

Por la necesidad de conservar el abastecimiento de energía, por la gran importancia que tiene en nuestras civilizaciones y conociendo el problema del agotamiento a futuro de los yacimientos energéticos, surgen las fuentes de energía renovables, como una alternativa prácticamente inagotable.

Dentro de las fuentes inagotables conocidas, porque estoy segura que se descubrirán otras más, encontramos la energía solar, eólica, hidráulica, biomasa y geotermia.

Introducción



Al hablar de las fuentes alternativas de energía me refiero a todas aquellas alternativas no convencionales de las que es posible obtener energía. La mayoría de las fuentes alternativas dependientes del sol (radiación solar, energía eólica etc.) debido a sus limitantes en el almacenamiento, no se consideran como un suministro continuo de esta, lo anterior queda muy claro, por ejemplo, si el día es nublado con lluvias y se necesita calentar agua, debe pensarse en lograr dicho fin, utilizando otra fuente alterna que no requiera de buen potencial de radiación solar, quizá si es que se cuenta con ella, una solución sea: biogas, por medio de generación eólica, quema de biomasa, o simplemente si no se cuenta con el potencial necesario y suficiente para utilizar otra fuente alterna habrá que recurrir a las fuentes convencionales.

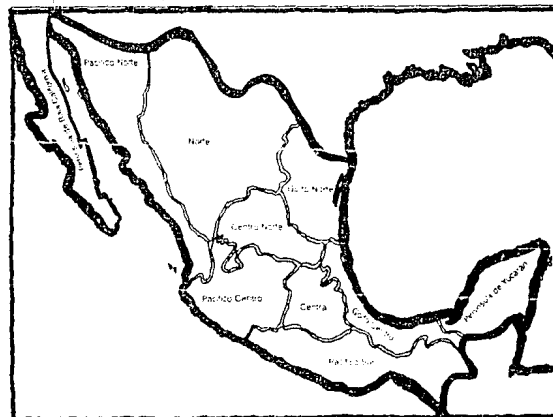
Para economizar costos en la demanda de energía, es viable que un ahorro se produzca con la utilización de energía alterna; quizá a primera vista esto no parezca cierto si el costo del equipo e instalación del mismo es caro. Pero las ventajas comienzan al utilizar materia prima gratuita, que se genera en el mismo lugar donde se utiliza, y en algunos casos también aporta un beneficio ecológico (obtención de energía y además alimentos o fertilizante natural).

Debido a que las condiciones bioclimáticas, sociales, políticas, psicológicas y económicas entre algunas otras, limitan el uso de varias tecnologías alternativas en algún lugar específico, es cuando se debe proceder a un estudio de las tecnologías apropiadas; para escoger una tecnología alterna, conveniente al caso específico. Y éstas deben manejarse a todos los niveles (agrícola, industrial, rural etc.) para lo cual se necesita cumplir con varios requisitos, que entre algunos se encuentran los siguientes: deben dirigirse a satisfacer necesidades básicas, respetar el equilibrio ecológico, fortalecer las tecnologías autóctonas, la utilización de materiales locales, evitar en lo posible la tecnología extranjera o en su defecto adecuarla al

país, utilizar fuentes de energía renovables principalmente, pero de no ser posible utilizar de modo racional las fuentes convencionales. Con esto dentro de la fuentes no convencionales se discernirá cuál es la más adecuada para este proyecto.

Paralelamente a las fuentes con las que contamos para subsanar las necesidades energéticas generales del área rural, es necesario conocer los aspectos principales que implican el uso de dicha energía. Para discernir y concluir con el tipo más adecuado de fuente que se requiere y comprobar si en realidad la electricidad es la mejor solución.

El objetivo central de los siguientes esquemas es el fácil acceso a la información de la estructura del consumo de energía en el área rural. Para lo cual se analizaron los orígenes y los usos de los energéticos utilizados en las actividades domésticas y productivas principales. Se identificaron 10 grandes áreas geográficas más o menos homogéneas energéticamente, para lo cual se estudiaron 204 sitios representativos del territorio nacional, este estudio se elaboró en 1989 por la SENEF.



Fuentes Alternas

ESTRUCTURA DEL CONSUMO ENERGÉTICO RURAL.

MACRORREGION	POBLACION	CONSUMO MEDIO	CONSUMO TOTAL	ELECTRICIDAD	GAS L.P.	PETROLEO	GASOLINA	DIESEL	LEÑA
		PER CAPITA (Kcal./día)	Kcal./año (x 10e12)	%	%	%	%	%	%
P. DE BAJA CALIFORNIA	256,466	22,814.57	2.1064	4.64	10.10	.24	32.61	10.74	41.67
PACIFICO NORTE	1,672,633	11,785.53	7.0966	4.00	12.47	.90	33.65	12.10	36.88
NORTE	1,646,812	14,212.83	8.4261	1.68	8.82	3.44	11.40	1.49	73.17
GOLFO NORTE	852,832	14,684.48	4.5084	4.36	10.55	1.98	19.37	5.33	58.41
CENTRO NORTE	1,716,088	9,753.55	6.0257	3.20	15.15	.37	16.56	7.39	57.33
PACIFICO CENTRO	4,168,398	9,419.23	14.1347	2.65	13.33	1.69	8.73	7.52	66.08
CENTRAL	5,281,351	9,433.49	17.9358	2.57	14.13	1.25	7.70	8.96	65.39
GOLFO CENTRO	3,544,776	10,079.62	12.8628	2.87	9.65	2.64	6.69	12.00	66.15
PACIFICO SUR	4,530,091	15,089.10	24.6078	1.49	4.27	1.10	3.83	.87	88.44
P. DE YUCATAN	539,772	11,119.56	2.1607	1.75	1.31	1.78	4.00	.01	91.15
NACIONAL RURAL	24,209,210	11,458.57	99.8650	2.53	9.98	1.58	10.43	6.33	69.15

CONSUMO RURAL DE GAS.

MACRORREGION	USUARIOS (%)		CONSUMO MEDIO FAMILIAR (kg/mes)		PRECIO MEDIO (\$/kg)(*)		USOS COCINAR(%)		AGUA CALIENTE(%)	
	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
P. BAJA CALIFORNIA	100.00	50.00	43.88	24.80	203.37	140.75	100.00	92.31	100.00	12.50
PACIFICO NORTE	100.00	65.00	31.71	16.83	259.22	105.84	100.00	100.00	16.67	7.14
NORTE	100.00	11.43	35.08	10.00	266.00	188.11	100.00	95.24	10.71	5.88
GOLFO NORTE	100.00	6.67	47.30	15.00	160.16	64.43	100.00	71.43	100.00	33.33
CENTRO NORTE	100.00	8.00	41.91	20.00	170.00	140.00	100.00	87.50	64.71	15.79
PACIFICO CENTRO	100.00	16.67	37.71	17.33	256.00	140.00	100.00	92.85	50.00	7.14
CENTRAL	100.00	3.70	40.00	10.17	277.50	115.00	100.00	50.00	100.00	5.26
GOLFO CENTRO	80.00	6.67	36.00	19.14	356.30	110.00	100.00	100.00	40.00	7.14
PACIFICO SUR	85.71	5.00	28.12	5.00	205.87	136.60	100.00	80.00	42.31	5.00
P. DE YUCATAN	75.00	8.33	27.75	4.00	275.00	75.00	100.00	66.67	100.00	66.67

Dado



CONSUMO RURAL DE *Baterías*

MACRORREGION	U S U A R I O S (%)		CONSUMO MEDIO FAM. (unid./mes)		PRECIO MEDIO (\$/unid.) (*)		U S O S APARATOS ELECTRICOS (%)		I L U M I N A C I O N (%)	
	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
P. BAJA CALIFORNIA	25.00	3.33	12.00	4.00	400.00	300.00	100.00	33.33	100.00	66.66
PACIFICO NORTE	95.00	13.33	12.00	2.00	381.58	263.33	73.20	7.14	100.00	55.56
NORTE	100.00	6.67	9.75	1.75	607.25	365.00	100.00	25.00	100.00	28.57
GOLFO NORTE	70.00	4.00	11.00	1.50	385.71	223.33	100.00	21.43	100.00	11.11
CENTRO NORTE	28.00	2.86	8.00	1.50	430.00	250.00	100.00	50.00	66.67	25.00
PACIFICO CENTRO	100.00	5.00	10.44	1.00	433.17	275.00	100.00	21.43	100.00	57.14
CENTRAL	83.33	2.86	18.00	1.00	330.83	255.00	100.00	50.00	100.00	8.33
GOLFO CENTRO	100.00	3.70	9.33	2.00	395.83	296.67	100.00	5.88	100.00	40.00
PACIFICO SUR	100.00	37.50	9.03	2.35	479.19	294.52	48.39	12.50	100.00	72.22
P. DE YUCATAN	50.00	5.00	15.20	2.50	375.00	236.67	50.00	40.00	100.00	50.00

CONSUMO RURAL DE LEÑA

MACRORREGION	U S U A R I O S (%)		CONSUMO MEDIO FAMILIAR (kg/mes)		COMERADORES (%)		PRECIO MEDIO (\$/kg) (*)		U S O S COCINAR (%)		AGUA CALIENTE (%)		CALEFACCION (%)	
	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
P. BAJA CALIFORNIA	91.67	24.00	831.82	85.00	20.00	2.85	50.00	20.00	100.00	75.00	100.00	31.58	9.00	6.67
PACIFICO NORTE	100.00	31.43	579.00	97.50	33.33	4.00	68.40	13.80	100.00	96.88	53.33	5.33	80.00	10.00
NORTE	100.00	76.00	1,350.00	141.11	30.00	3.45	44.33	13.00	100.00	92.31	100.00	31.43	100.00	37.04
GOLFO NORTE	100.00	16.67	1,302.80	25.00	41.18	3.33	80.00	10.00	100.00	50.00	100.00	18.75	92.86	16.67
CENTRO NORTE	100.00	40.00	465.80	117.78	66.67	5.00	150.00	20.00	100.00	55.56	100.00	14.81		
PACIFICO CENTRO	100.00	54.55	500.00	142.00	85.00	3.57	153.00	2.00	100.00	86.67	68.00	7.14		
CENTRAL	100.00	77.78	447.00	85.33	100.00	5.00	84.00	15.28	100.00	90.91	100.00	10.00	62.50	
GOLFO CENTRO	100.00	80.00	340.53	141.10	48.57	5.00	33.00	6.50	100.00	100.00	20.69	4.17		
PACIFICO SUR	100.00	91.11	1,300.00	442.80	50.00	3.45	50.00	10.17	100.00	100.00	34.48	6.67	76.47	5.26
P. DE YUCATAN	100.00	70.00	530.00	228.21	15.00	5.00	280.00	12.40	100.00	97.14	100.00	10.00	21.00	5.26

Dato

CONSUMO RURAL DE GASOLINA.

MACRORREGION	USUARIOS (%)		CONSUMO MEDIO FAMILIAR (lt/mes)		PRECIO MEDIO (\$/lt)(*)		U S O S EQUIPO MOTRIZ(%)		O S ILUMINACION(%)	
	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
P. BAJA CALIFORNIA	66.67	20.00	319.62	61.50	275.00	207.00	100.00	75.00	25.00	12.50
PACIFICO NORTE	93.33	2.86	802.14	110.00	272.86	198.41	100.00	97.50	25.00	5.88
NORTE	100.00	5.71	233.75	27.00	355.00	267.00	100.00	100.00	19.05	3.33
GOLFO NORTE	87.10	3.33	361.43	2.00	225.00	165.60	100.00	60.00	100.00	.00
CENTRO NORTE	45.71	4.00	283.33	40.00	250.00	197.91	100.00	92.86	.00	.00
PACIFICO CENTRO	100.00	11.76	286.50	14.20	260.00	207.00	100.00	50.00	.00	.00
CENTRAL	37.50	5.00	320.00	65.00	221.33	127.63	100.00	100.00	12.50	6.67
GOLFO CENTRO	33.33	4.00	600.00	2.00	348.00	297.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PACIFICO SUR	46.67	4.44	1,860.00	137.86	392.86	267.00	100.00	83.33	16.67	16.67
P. DE YUCATAN	75.00	5.00	485.33	2.00	300.00	90.00	100.00	25.00	100.00	66.67

CONSUMO RURAL DE DIESEL.

MACRORREGION	USUARIOS (%)		CONSUMO MEDIO FAMILIAR (lt/mes)		PRECIO MEDIO (\$/lt)(*)		U S O S EQUIPO MOTRIZ(%)		O T R O S	
	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO		
P. BAJA CALIFORNIA	33.33	5.71	576.00	20.00	187.00	187.00	100.00	100.00	BOMBEO, COCINAR, ILUMINACION	
PACIFICO NORTE	26.67	3.33	932.67	5.00	350.00	187.00	100.00	25.00	ILUMINACION	
NORTE	19.05	3.33	600.00	55.00	240.00	187.00	100.00	100.00		
GOLFO NORTE	35.00	4.00	799.50	80.00	240.00	155.00	100.00	100.00		
CENTRO NORTE	83.33	3.33	3,050.00	10.00	210.00	172.50	100.00	50.00	BOMBEO	
PACIFICO CENTRO	52.94	5.26	479.80	2.00	260.00	126.77	100.00	80.00	ILUMINACION	
CENTRAL	12.50	5.88	875.00	100.00	190.00	158.33	100.00	100.00		
GOLFO CENTRO	22.86	5.00	860.00	1.00	187.00	187.00	100.00	13.00	ILUMINACION	
PACIFICO SUR	62.50	7.50	410.71	6.30	244.29	183.33	100.00	100.00		
P. DE YUCATAN	8.33		6.00		130.00		100.00			

Patón

PRINCIPALES USOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MEDIO RURAL.

MICROREGION	%	ILUMINACION (hr/día)					TELEVISION (%)					RADIO (hr/día)				PLANCHA (hr/día)			REFRIGERADOR (%)	
		Focos																		
		MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	MIN.	
BAJA CALIFORNIA	100.00	100.00	3.84	2.20	6.40	2.62	95.00	54.55	5.81	3.79	80.00	60.00	4.08	2.00	40.00	4.00	1.10	.15	100.00	40.00
PACIFICO NORTE	100.00	100.00	3.62	2.36	5.21	2.77	87.50	34.62	5.57	2.10	93.33	30.00	4.13	1.50	91.67	50.00	.52	.13	90.00	34.62
NORTE	100.00	100.00	3.11	1.79	4.60	2.40	95.00	10.71	3.89	1.60	100.00	50.00	5.57	2.14	100.00	3.57	1.00	.21	92.86	11.76
GOLFO NORTE	100.00	94.12	3.81	2.10	6.00	2.65	100.00	10.00	3.59	1.50	96.30	40.00	7.00	1.88	88.24	21.43	.57	.20	96.00	5.82
CENTRO NORTE	100.00	96.43	4.55	2.41	4.56	2.36	100.00	6.67	5.25	1.50	93.33	42.86	6.00	2.12	100.00	40.91	.77	.21	80.00	5.26
PACIFICO CENTRO	100.00	100.00	3.33	2.07	5.37	2.80	93.10	10.00	3.92	1.60	100.00	40.00	6.73	1.50	100.00	8.33	1.00	.12	85.71	7.41
CENTRAL	100.00	90.91	4.33	2.27	3.82	2.18	96.43	25.00	4.00	1.67	100.00	67.86	7.38	2.11	100.00	22.22	.84	.08	58.33	3.57
GOLFO CENTRO	100.00	100.00	2.63	1.33	3.82	2.60	94.12	33.33	3.72	1.42	80.95	47.37	3.86	1.71	87.88	40.00	.36	.11	59.09	7.41
PACIFICO SUR	100.00	91.67	4.13	1.54	4.26	2.07	63.16	4.00	2.50	1.00	100.00	86.98	2.75	1.12	89.19	22.22	.39	.21	65.79	8.00
P. DE YUCATAN	100.00	100.00	4.00	2.10	3.29	2.13	54.84	6.67	3.83	1.67	81.25	26.67	4.00	1.00	73.33	13.33	.55	.18	47.37	8.33

Datos

Posterior a dichos esquemas y para continuar con el panorama energético, menciono brevemente, algunas generalidades importantes de cada una de las fuentes alternas, que sí podrían ser de gran utilidad para subsanar las necesidades energéticas en cuestión.

Notas
La energía solar es una fuente de energía segura, limpia, gratuita y que no necesita transporte, entre algunas ventajas de sus múltiples ventajas. Como dato curioso, aunque no comprobado de tecnología solar, se menciona el hallazgo de reflectores parabólicos en ruinas de templos olmecas, así como espejos cóncavos encontrados en Perú, aunque no se puede asegurar su uso, se cree que con ellos producían el fuego, otra anécdota interesante, cuenta que, en el año 212 a.C. cuando los romanos atacaban Siracusa Arquímedes incendió las naves romanas reflejando hacia ellas los rayos del sol por medio de espejos.

La tecnología solar consiste en transformar la radiación solar que llega a la tierra en calor, en energía mecánica o electricidad, de esta manera podemos encontrar hornos, estufas, destiladores, refrigeradores, calentadores de agua, secadores industriales y domésticos, estenques, bombas de calor, máquinas de vapor, módulos fotovoltaicos para obtener electricidad, etc.

Los sistemas pasivos de energía solar, están enfocados a solucionar el bienestar y confort en cuanto a calefacción y enfriamiento principalmente, así como el aprovechamiento máximo del medio ambiente, tomando en cuenta: temperatura, humedad, velocidad del viento, altitud, latitud... Estos sistemas están casi siempre implícitos e integrados a la arquitectura, pero esto no es restrictivo. Los sistemas de este tipo son muy aplicables al área rural sobretudo para subsanar las necesidades de calefacción y substituir como se puede ver en los esquemas anteriores a la leña, el gas Lp, el diesel, la gasolina, y en algunas ocasiones a la electricidad.

Existen sistemas de colectores tanto fijos como móviles, cuya finalidad es transformar la radiación solar en calor, elevando la temperatura de un fluido, para convertirla posteriormente si se requiere en energía mecánica y/o eléctrica. Los colectores fijos, son dispositivos estáticos que no necesitan seguir la trayectoria del sol, absorben la radiación directa o la difusa, a diferencia de los colectores focales que requieren de un movimiento para seguir la perpendicularidad de los rayos solares y solo hacen verdaderamente productiva la radiación directa. Aunque las eficiencias son bajas (40 % como máximo, aprox.) en los colectores planos (fijos), se obtienen comúnmente 60° C, pero si se aplican recubrimientos (superficies selectivas) que absorben la radiación con mayor productividad, podemos obtener un poco más de 100 grados, mismos que se logran alcanzar mediante el uso de tubos evacuados (si vacío). El principal uso de estos sistemas es: para el calentamiento de agua y demás fluidos. Son también muy adecuados y de fácil aplicación en el área rural, sobretudo para usos domésticos y de algunas microindustrias principalmente la textil.

Dentro de los colectores móviles, se encuentran los lineales, que son canales parabólicos o semicilíndricos que reflejan los rayos solares a un foco lineal, que alberga el fluido a calentar, con lo cual se eleva aún más la temperatura. Pertenecen a los sistemas móviles los colectores focales, que son parabólicas de revolución o semiesferas, en las cuales se llega a temperaturas mucho mayores de 2000 grados centígrados, ya que concentran la radiación que llega a toda la parábola, hacia un foco (un espacio muy pequeño), estos sistemas se utilizan principalmente para: fundir metales, realizar evaporaciones, generar energía mecánica, o después de esta transformarla mediante un generador en electricidad. Aunque este tipo de alternativa es aplicable al área rural, su uso se adecúa más para una microindustria rural que para la doméstica, por su elevado costo.

Con la energía solar se puede obtener electricidad directamente mediante el efecto fotovoltaico, donde la fotocelda es la unidad básica para generar energía: si se conectan varias en serie o en paralelo se conforman los paneles solares que satisfacen las necesidades energéticas, según la demanda; entre mayor sea ésta mayor número de paneles se ocuparán.

A diferencia de los colectores focales, los módulos fotovoltaicos no necesitan seguir la trayectoria solar. Las fotoceldas tienen una eficiencia superior al 10%, pero hasta la fecha, estos equipos son caros en comparación con otras fuentes alternativas, las investigaciones siguen y el mayor reto por el momento es bajar los costos. Estos sistemas son convenientes para las necesidades de iluminación rural pero a muy baja escala (40 watts), pues al aumentar la capacidad para conectar algunos aparatos le hace salir del mercado debido a su alto costo en comparación con la energía eléctrica entre otras.

Otro sistema solar para obtención de calor y almacenamiento de energía, lo constituyen los estanques solares, que son espacios o pozas de poca profundidad, que contienen agua con minerales, principalmente sales, su eficiencia es del 20% y su costo es bajo, en ellos se origina una diferencia de temperaturas entre el fondo y la superficie; y se obtiene el calor de este gradiente mediante extractores de calor para posteriormente transformarlo. Aunque son adecuados en el área rural los costos aún son demasiado elevados para su aprovechamiento.

Biomasa

La biomasa como fuente alterna es de vasta utilidad, pues es materia orgánica y la encontramos en gran parte de la superficie del planeta. Toda

la materia orgánica es precisamente lo que se conoce con el término de biomasa. La energía de la biomasa está en los carbohidratos (azúcares y celulosa, ésta última a su vez está compuesta de azúcares), a mayor contenido de estos, mayor obtención de energía (ATP), debido a que al fermentarse, digerirse o pasar por otro proceso adecuado al caso; se obtienen de ellos alimentos o energéticos.

A un sustrato (material orgánico) se le utiliza como nutriente de algunos microorganismos específicos (algas, levaduras, hongos, bacterias... no tóxicos), para que metabolicen y se obtenga a partir de esta biomasa, alimento en condiciones deseadas para aprovechamiento humano o animal, esto es, que se enriquezca con un considerable aumento de proteína unicelular o con aquel producto deseado.

Los microorganismos son muy específicos como también lo son los productos que generan, y es posible manejarlos en ingeniería genética y microbiología industrial para obtener dichos productos deseados. Existe una serie de proyectos en los cuales se está cambiando la información genética a estos microorganismos, para que produzcan mayores cantidades de algún metabolito requerido, o se les pueda manipular con mayor facilidad.

La fermentación (aerobia o anaerobia según el metabolito que se desee obtener) o digestión de la materia orgánica etc. se obtiene en un recipiente llamado fermentador, digestor o según lo requerido, en el cual se propicia un medio adecuado para realizar el proceso, por ejemplo, un ambiente anaeróbico, en el caso muy común de los digestores rurales, en éstos, se mezcla agua y desperdicio orgánico (estiércol, hojas secas, paja, rastrojo etc.) y se mantiene vigilada la temperatura (30° - 60° C), acidez (PH. 6.7-7.5), proporción de los sólidos (7-8%), relación carbono-nitrogeno, salida de biogas, así como el tiempo en que se extraiga la materia orgánica para introducir otra carga.

Al fermentarse o digerirse se obtiene la biometanación; dando como producto el biogas (metano 54-70%, bióxido de carbono 27-45%, hidrógeno 1-10%, ácido sulfúrico menos del 1%), que se utiliza como gas combustible, teniendo la ventaja de que su costo es 40 veces más bajo que el propano (propano 22052 Kcals/m, biogas 5335 Kcals/m). Del biogas también se puede obtener el etanol mediante dos procesos: hidrólisis y fermentación; pese a la complejidad que esto implica, suena muy agradable aprovechar el desecho orgánico en la obtención de alcohol, para diversos usos, entre ellos su aplicación como combustible en implementos del campo, transportes en general, y uso doméstico rural.

Otro combustible que se puede obtener es la biomasa ya fermentada y seca para posteriormente quemarla y obtener calor.

O bien es conveniente, extraer la materia ya fermentada; y utilizarla como fertilizante con la ventaja de que no atraerá moscas (ya que se concluyó la fermentación), se puede también combinar con forrajes como sustituto de la urea (contiene sales amoniacales).

Pero la biomasa es muy rica y otorga muchos campos de investigación, actualmente se estudia la producción y almacenamiento de energía en plantas verdes (bioenergética). La adición de proteínas y otros nutrientes por medio de enzimas para enriquecer alimentos como en el caso de los biocatalizadores de la ingeniería enzimática.

La biomasa como se puede apreciar en los párrafos anteriores es una posibilidad de sumo interés para las áreas rurales aisladas, es muy sencilla de manejar, aunque hay que prever los riesgos. Su principal interés es que todos la conocen pues a ella pertenece la leña y es el energético mayor usado en el campo, sin embargo utilizando adecuadamente la biomasa se puede obtener un mejor aprovechamiento de la leña, y desechos rurales.

Aunque es muy adecuada como energético rural, me preocupa que para su utilización más directa hay que emplear la combustión; desechando al medio ambiente contaminación, por lo que aún estando consciente de sus ventajas pues la mayoría de los habitantes rurales la conocen, no le temen como a otras tecnologías, y a pesar de estar distribuida por casi toda la República, por razones ecológicas prefiero no utilizarla.

Hidráulica

La obtención de energía en plantas hidroeléctricas es un proceso muy conocido, en el cual se aprovecha la caída de agua, y mediante un mecanismo se obtiene energía de rotación que posteriormente alimenta a un alternador para obtener electricidad. Las plantas hidroeléctricas se clasifican según la altura de la caída de agua con que se cuenta en altas, medianas y pequeñas que varían desde 2m. hasta 150 metros. Son conocidas las minihidráulicas y con gran auge se integran las microhidráulicas para obtención de pequeñas cantidades de energía. El funcionamiento a cualquier escala es el mismo para todas las plantas hidroeléctricas.

La energía hidráulica se ocupa para muchos fines, pudiendo ser utilizada como energía mecánica, con importantes aplicaciones sobretudo a nivel agrícola y en el bombeo de agua.

El movimiento de las olas, como producto de los vientos marinos, es aprovechado gracias a unos dispositivos para extraer de ellas la energía, esto se realiza mediante la aplicación de boyas o flotadores; cada uno de ellos se levanta con una componente vertical (debido al movimiento de las olas) y se transmite en movimientos alternativos (según la frecuencia de la ola) a un eje que conecta con el alternador o generador.

Otra forma de extraer la energía, es almacenando el agua en estanques, en cuyos fondos se encuentran membranas que se deforman por la presión de las olas, obteniéndose así energía mecánica, que posteriormente podrá utilizarse para transformarla en electricidad.

Un proceso de obtención energética, se lleva a cabo mediante la diferencia de niveles producidos por las mareas, acumulando agua en marea alta y descargándola en una turbina.

También es posible obtener energía aprovechando la diferencia de temperaturas entre el agua de la superficie y la que está a mayor profundidad, estancada en pozos o recipientes casi siempre naturales, quizá, y no siempre, recubierto con algún material impermeable. Comúnmente se incorpora el fluido, sales minerales para exagerar más el gradiente térmico. O bien otra posibilidad a futuro consiste en, anclar turbinas en el fondo del mar.

Cuando se habla del agua de mar, generalmente se le a relucir el problema que causa la salinidad en los dispositivos utilizados.

Además del aprovechamiento de las caídas de agua en la energía hidráulica, es viable la utilización de los cauces de ríos, para obtener energía mecánica o eléctrica, que bien se puede aprovechar para uso doméstico y agrícola en sitios con buen potencial hidráulico.

El agua y vapor que emana de la tierra es fuente de calor y es conocida como geotermia también de ella se puede obtener energía mecánica y transformarla en electricidad. Sin embargo aunque se localizan dichas emanaciones geológicas en el área rural, éstas son escasas y no servirían para necesidades rurales. A mi punto de vista, las plantas microhidroeléctricas de baja capacidad, son una alternativa interesante para la generación de energía suficiente con fines de iluminación, aunque son factibles para utilizarse como

energía mecánica. Se requiere mayor desarrollo para la utilización de alternativas no tan comunes, que sí se podrían tomar como fuentes alternas aplicables a zonas rurales, con esto me refiero a la energía maremotriz, a los estanques solares, y a las turbinas ubicadas en ríos que sólo son aplicables a lugares donde pasa alguno con suficiente corriente, y como las casas rurales no están muy cercanas a los ríos por posibles inundaciones y desbordamientos aumenta el costo de transporte; al igual que si se genera en el mar y se transporta hasta las casas

Estas fuentes alternas, en un menor grado afectan el ecosistema donde se implantan, lo cual no produce cambios definitivos ni perjudiciales tan aparatosos, para todo el beneficio que de ellas se puede alcanzar.

Existen en el mercado numerosos y diversos aparatos domésticos o industriales, que tienen como finalidad la comodidad y el ahorro de tiempo para los usuarios. Desgraciadamente estos dispositivos no se han podido utilizar en muchas áreas rurales, por carecer de energía eléctrica. Sería ilógico diseñar nuevos productos para este confort planteando otros métodos que no sean la electricidad, puesto que implica transformar la infraestructura, lo cual repercute en costo y tiempo. La mejor solución es electrificar para aprovechar los ya convencionales aparatos eléctricos. Lo necesario es introducir la electricidad en las zonas donde se requiere.

Los puntos abordados en las hojas previas nos llevan a pensar que cualquier sistema para obtener la energía eléctrica en dichos lugares es apreciable. Por tal motivo encontramos una ganancia económica al evitar el costo generado por la instalación de la red (postes, cable, transformadores, etc.) a lo largo de varios kilómetros de distancia hasta algún lugar donde se requiere. Otro aspecto interesante es que podemos utilizar el viento como materia prima que es gratuita y así continuará con el tiempo, en comparación con el

precio del kilowatt de CFE, o el de las plantas de combustibles fósiles, que seguirán aumentando conforme a la inflación y su agotamiento. Pronto la generación en micro e hidroeléctricas tendrá severos problemas con la escasez y costo del transporte de agua, además de que muchos ríos cambian constantemente de curso y con ello habría que estar continuamente colocando y quitando instalaciones.

Como todos sabemos la electricidad de la CFE está subsidiada pero no sabemos por cuando tiempo continúe así. Los sistemas solares son adecuados pero para bajas capacidades y solo serían adecuados económicamente hasta los 40-60 watts, posterior a esto ya la energía eólica es la mejor alternativa.

En el medio ambiente contamos con muchos recursos que no hemos sabido aprovechar satisfactoriamente, se conocen en algunos casos el potencial y las fuentes propicias, pero falta el dispositivo o el medio por el cual extraigamos ese beneficio, aquí es donde debe hacer su aparición el diseño industrial, generando dispositivos de buena calidad, para no perder el mercado nacional y poder competir en el mercado internacional, no contaminantes, seguros, que inciten al usuario a que los ocupe, atractivos al comprador, que mejoren las condiciones de vida, producidos en serie para abaratarlos, y sobretodo, que utilicen el potencial energético ambiental que en su mayoría se está desperdiciando.

Por ejemplo, se pueden aplicar conceptos tales como ergonomía, estética y semiótica así como mejoras en el funcionamiento a los ya conocidos calentadores solares, a los hornos solares. Se necesitan destiladores solares bien diseñados, para ayudar en la reducción de la contaminación del agua. En biomasa, es necesario diseñar digestores de fácil manejo, así como iniciar su producción en serie. Reducir las pérdidas en el campo, por la descomposición prematura de la leche, auxiliándose con un buen diseño de pasteurizadoras, enfriadores y refrigeradores solares. Podría seguir con una lista muy amplia pues la cantidad de diseños industriales alternos es muy basta y es aplicable en todos los campos, desde secadores industriales o agrícolas, hasta la anexión de electricidad a las redes de la CFE, obtenida mediante aerogeneradores.

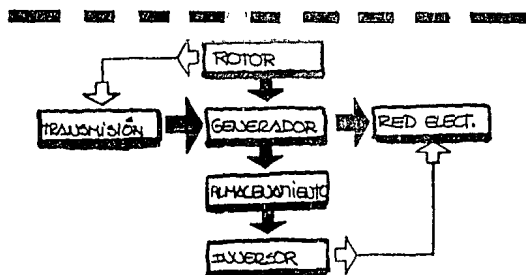
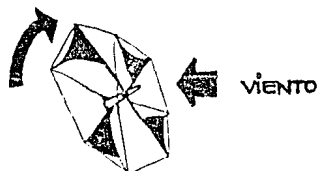
Generalmente estos productos son diseñados por especialistas en un solo aspecto técnico, pero es muy común que en estos productos no se incluyan aspectos de tipo humano, y esto en gran medida se ve reflejado en las ventas, en la crítica del producto por difícil operación, porque no tiene una semiótica clara, porque su estética no es agradable, porque es enredoso e incómodo el reemplazo de partes, o porque es caro, ya que al diseñarse no se tomaron en cuenta aspectos de fabricación industrial.

Las fuentes alternas, como productos de diseño industrial deben ser abordados, desde un punto de vista multidisciplinario para lograr cumplir con todos los requisitos para generar un producto bien diseñado y sobretodo adecuado a México.

Debe hacerse incapié al diseñar estos dispositivos, en evitar que el futuro usuario les tema; en México no son muy conocidos tales sistemas, y por lo mismo podría presentarse una similitud con el inicio de la primera revolución industrial, donde los accidentes mellaron la aceptación de las máquinas.

Es conocida por todos la sensación que deja el viento cuando nos cruzamos por su camino, y es fácil deducir que el viento no es más que aire en movimiento. El aire está compuesto por partículas, por tanto tiene masa aunque su densidad es muy baja. Cuando esta masa lleva velocidad se obtiene una energía cinética, que conocemos como energía eólica.

Para extraer la energía del viento y poder aprovecharla, se utilizan sistemas conversores de energía eólica SOEE. Estos dispositivos transforman la energía cinética del aire, en energía mecánica de rotación, esto se logra porque el viento al chocar con las aspas (también llamadas álbis, o palas) les suministra movimiento y como todas las aspas están unidas en un punto central, esto las fuerza a girar. Hasta este punto el viento suministró la energía necesaria para que el rotor tenga movimiento; rotor se llama al conjunto de las aspas con la flecha, y su nombre refleja el tipo de movimiento.



Esta energía de tipo mecánico se puede utilizar para mover implementos agrícolas, bombas de agua, moledores de granos y todo aquello derivado de un movimiento rotativo. O bien esta energía puede retransformarse en electricidad y esto se logra cuando el rotor hace girar la flecha de un generador de electricidad de tipo convencional, cuando estos sistemas conversores de energía eólica generan electricidad se les conoce como aerogeneradores, turbinas eólicas de generación eléctrica o generadores eólicos, principalmente.

Debido a que el motivo de la tesis es la obtención de electricidad, entonces se requiere que al girar el rotor mueva a su vez un generador, del cual se obtiene la corriente, misma que se controla por varios dispositivos, para que sea posible conectar los aparatos eléctricos, ya que si no se lleva a cabo un control adecuado, muchos aparatos domésticos e industriales quedarían dañados porque no están diseñados para soportar súbitos cambios en el voltaje. Los cambios en el voltaje son directamente proporcionales a los cambios en la velocidad del viento.

Para que los aerogeneradores produzcan la energía eléctrica se necesita de sistemas mecánicos, cuya importancia radica en que van a mantener el sistema del rotor siempre perpendicular al viento para que se genere el movimiento, así como regular la velocidad del rotor, y regular la velocidad de entrada al sistema de generación, se requiere del sistema de generación y finalmente el sistema de control que en la mayoría de los casos son eléctricos y electrónicos. Todos estos sistemas antes mencionados se explicarán a lo largo de la tesis.

Los Aerogeneradores

El sol ha tenido importancia vital desde tiempos muy remotos, creando en las mentes de los hombres un sentimiento de respeto y admiración, en ocasiones traducido en miedo y superstición.

Como uno de tantos ejemplos en Egipto, Akhenaton dando gran importancia al astro ray, cambio la religion de politeismo a monoteismo basándolo en el sol, junto con la creación de la ciudad de Heliopolis. En nuestro país el Tonacastentli, que era la representación del sol se le consideraba como al creador de todo cuanto existe.

Esta fuerte admiración, provoco la observación y con ella los primeros conocimientos astronómicos que proceden según parece de la India, así se pudo explicar que el viento terrestre es una consecuencia del sol, y es provocado porque la radiación llega con diferente intensidad a la regiones del planeta, lo cual implica una diferencia de temperaturas y con ello una diferencia de presiones; como el aire es un gas, tiende a trasladarse de zonas de mayor presión hacia otras donde esta es menor produciéndose el viento.

Por el día la superficie terrestre adquiere mayor temperatura, que la superficie de los océanos, ya que parte de ésta se pierde en evaporación, entonces se crea un desequilibrio de temperaturas.

Como el suelo adquiere mayor temperatura, el aire que está en contacto con él se calienta, se dilata, pierde presión y tiende a elevarse, siendo remplazado por el aire con menor temperatura que está en contacto con la superficie oceánica.

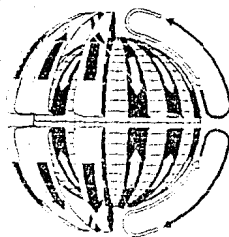
Durante la noche, la temperatura del agua se mantiene mas alta que el suelo y ocurre exactamente el proceso inverso que de día.



En la misma superficie terrestre también se produce un gradiente de temperaturas, debido a que la radiación solar incidente en una montaña es diferente a la que llega al nivel del mar, y de manera similar al mecanismo con que la tierra y el océano producen el viento, las diferencias de temperatura provocan presiones distintas que son generadoras de los desplazamientos de aire.

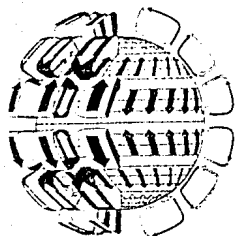


Ampliando un poco la circulación del viento, a nivel del globo terrestre, la explicación del principal movimiento eólico se facilita si suponemos que no existe el movimiento de rotación del planeta, con esta utopía es fácil deducir que la radiación solar máxima llega al plano ecuatorial y con mucha menor intensidad a los polos, por tal motivo en el ecuador se calienta el aire y se eleva a las capas altas de la atmósfera, al levantarse esta masa de aire deja un vacío que va a ser remplazado por el aire frío proveniente de los polos. El aire caliente que viaja por las capas altas de la atmósfera se dirige hacia los polos, para remplazar el aire frío que se desplaza hacia las zonas ecuatoriales, quedando así equilibrados los volúmenes de aire.



El viento

Saliéndonos un poco de esta utopía y simulando con más realismo la circulación principal de los vientos en el globo, notamos que al girar la tierra genera fricción con la atmósfera.

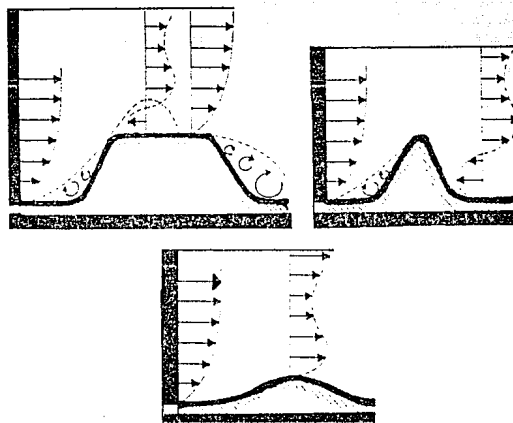


El aire caliente que asciende desde el ecuador se desplaza hacia el polo norte, y conforme avanza tiende más y más a desplazarse hacia el este, el mismo fenómeno ocurre en el polo sur, sólo que el desplazamiento es hacia el oeste (fuerza de Coriolis), y al llegar a la zona subtropical desciende volviendo por la superficie terrestre hacia el ecuador.

El aire cálido cuando desciende a la zona subtropical se traslada por la superficie hasta la zona subpolar donde al ganar calor se eleva.

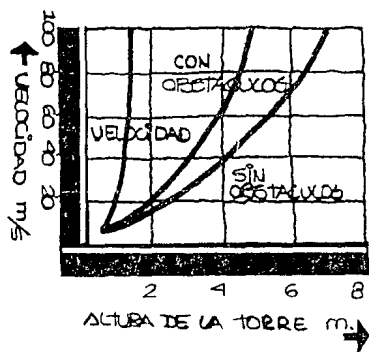
A muy grandes rasgos esta circulación es la producida por la rotación, pero existen muchos tipos diferentes de vientos, específicos de cada zona, que por razones de espacio no se explican en este trabajo, sin embargo, los encontramos bien caracterizados en mapas meteorológicos, mismos que deberán tomarse en cuenta para la instalación de SOEEs.

Existen muchos elementos que provocan irregularidades en la velocidad de los vientos, un factor de peculiar importancia es la orografía, esta barrera natural o artificial, reduce entre un 30 a un 50% la velocidad del viento, en comparación con la que se logra en un espacio libre. Y es muy importante mantener una velocidad alta de viento, pues por cada aumento en su velocidad incrementamos al cubo la energía a obtener.



Para disminuir el rozamiento es conveniente adquirir altura y por esta razón se instalan los rotores eólicos sobre torres; el siguiente esquema explica gráficamente la variación de la velocidad respecto a la altura.

Por estos y muchas más variables que dan particularidad a un régimen de viento podemos resumir que los principales aspectos para la aplicación a los aerogeneradores son: situación geográfica, microclima local, topografía, irregularidad de la superficie del terreno, y altura sobre el suelo.



Con el fin de mostrar a muy grosso modo el potencial eólico en México incluyo algunos esquemas interesantes.



El éxito o fracaso de un aerogenerador depende en gran medida de la obtención y el procesamiento de los datos meteorológicos para su instalación en un lugar viable. Entre los instrumentos utilizados para hacer las mediciones meteorológicas se encuentran los anemómetros, cuya función es medir la velocidad del viento en un lugar dado, para tener datos fidedignos es necesario que la medición se lleve a cabo por un periodo mínimo de cinco años pues la velocidad del viento varía con el tiempo (hora, estación, año etc). Existen muy diversos tipos de anemómetros, entre los principales se encuentran los que convierten la velocidad del viento en otro tipo de señal cuya medición es más fácil: tipo copas, tipo molino de viento, tipo sonico y tipo alambre caliente.

Los anemoscopios son los instrumentos que se utilizan para especificar la dirección del viento, los hay desde el más sencillo que es amarrar un listón a un árbol y conocer según la dirección de éste la trayectoria de los vientos dominantes, hasta los anemoscopios electrónicos.

Dado que contamos con ciertas eólicas por regiones dentro de la república, se facilita mucho el trabajo de obtención y manejo de datos meteorológicos.

En los esquemas siguientes se pueden apreciar velocidades y direcciones de viento; en varios lugares de la república y la población rural sin electricidad en el país. Con el fin de observar lo conveniente que sería utilizar la aerogeneración en lugares con vientos adecuados para ello y donde una cantidad importante de la población rural no cuenta con la red eléctrica de la CFE.

LUGAR VELOCIDAD DIRECCION

TORREON, COAH.	38.0m/s	NE
ENSENADA, B.C.	14.4m/s	SW
LA PAZ, B.C.	37.0m/s	SW
PUERTO CORTES, B.C.	21.8m/s	N
CAMPECHE, CAMP.	36.0m/s	ESE
MONCLOVA, COAH.	16.5m/s	NE
PIEDRAS NEGRAS, COAH.	41.0m/s	E
SALTILLO, COAH.	29.0m/s	ENE
COLIMA, COL.	38.4m/s	S
MANZANILLO, COL.	65.0m/s	W
CD. LAS CASAS, CHIS.	29.3m/s	E
TAPACHULA, CHIS.	25.1m/s	N
TUXTLA GTEZ, CHIS.	19.5m/s	NW
CHIHUAHUA, CHIH.	38.5m/s	SW
TACUBAYA, D.F.	28.4m/s	NW
CD. LERDO, DGO.	38.7m/s	NE
DURANGO, DGO.	23.8m/s	SW
CHILPANCIÑO GRO.	23.0m/s	E
GUANAJUATO, GTO.	21.0m/s	NE
ACAPULCO GRO.	49.9m/s	ENE
PACHUCA, HGO.	33.0m/s	NE
GUADALAJARA, JAL.	27.6m/s	variable
TOLUCA, MEX.	20.0m/s	SE
MORELIA MICH.	22.1m/s	S
TEPIC, NAY.	12.5m/s	NW
MONTERREY, NL.	30.5m/s	E
OAXACA, OAX.	27.0m/s	W
MAZATLÁN SIN.	60.0m/s	W
SALINA CRUZ, OAX.	54.0m/s	N
PUEBLA, PUE.	23.8m/s	E
QUERETARO, QRO.	25.0m/s	NE
COZUMEL, Q. ROO.	53.5m/s	SE
CHETUMAL, QROO.	14.0m/s	SE
S.L.P. S.L.P.	25.2m/s	NW
TAMPICO, TAMPS.	36.7m/s	E
GUAYMAS, SON.	39.5m/s	NW
TLAXCALA, TLAX.	29.3m/s	S
CORDOBA, VER.	25.0m/s	SE
ORIZABA, VER.	19.6m/s	E

VERACRUZ, VER.	67.5m/s	N
JALAPA, VER.	32.2m/s	E
MÉRIDA, YUC.	24.7m/s	ESE
PROGRESO, YUC.	28.9m/s	ENE
LA BUFA, ZAC.	17.9m/s	E

LOCALIDADES	% ELECTRIFICADO		
AGUASCALIENTES	32	MORELOS	99
BAJA CALIFORNIA	57	NAYARIT	26
BAJA CALIFORNIA SUR	25	NUEVO LEON	17
CAMPECHE	21	OAXACA	50
COAHUILA	39	PUEBLA	44
COLIMA	66	QUERETARO	46
CHIAPAS	20	QUINTANA ROO	25
CHIHUAHUA	9	SAN LUIS POTOSI	24
DISTRITO FEDERAL	100	SINALOA	28
DURANGO	12	SONORA	10
GUANAJUATO	38	TAMAULIPAS	20
GUERRERO	27	TLAXCALA	81
HIDALGO	45	VERACRUZ	34
JALISCO	16	YUCATAN	21
MICHUACAN	26	ZACATECAS	34

En base a lo anterior y como ejemplo de algunos estados viables tenemos.

REGION

FACHUCA
SALINA CRUZ
VERACRUZ

El viento



24

Un concepto muy importante dentro del diseño industrial, es el análisis y evaluación de los objetos, que satisfacen la misma función o funciones similares a las que se pretende subsanar.

Este análisis nos evita el desperdicio de recursos tanto económicos, como de tiempo; que se utilizarían al realizar el mismo trabajo que alguien ya llevó a cabo tiempo antes.

Por ello considero importante aprovechar las conclusiones, resultados y experiencias llevadas a cabo en los aerogeneradores a lo largo de su evolución y para ello presento aquí una síntesis de la misma.

Las máquinas eólicas actuales, han sido el fruto del desarrollo tecnológico-evolutivo de un principio muy sencillo que es la vela, aunando a ésta elementos mecánicos y eléctricos, así como perfeccionando todos los sistemas a través de muchos siglos, es como hemos llegado a los conocidos aerogeneradores, aerobombas, aerotrituradores etc.

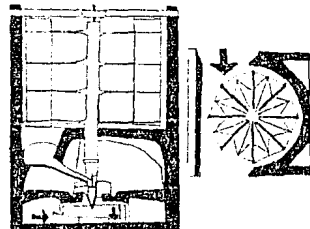
La referencia impresa más antigua conocida sobre la navegación a vela, procede del alto imperio egipcio, y data del quinto milenio a.C. de manera similar a los desplazamientos por el Nilo; los sumerios se trasladaban por el Tigris y el Eufrates valiéndose de la vela.

Pero esta no fué la única aplicación de la energía del viento, los chinos utilizaban unos molinos llamados Panémonas para el bombeo de agua, los cuales tenían el eje vertical y sus palas eran estructuras de langueras de madera a los que se amarraban telas, mismas que se cambiaban de posición para el mejor aprovechamiento del viento.

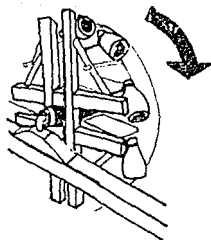
En 1700 a.C. El emperador Hammurabi emprendió en Babilonia un proyecto de irrigación a base de molinos de viento. Otro uso de las máquinas eólicas fueron las ruedas de oraciones, que tenían un fin puramente religioso en el Tibet y Mongolia hacia 300 a.C.

Perteneciente a este mismo siglo; parece que surgió en Alejandria y atribuido a Herón, el Aneurion que funcionaba de manera similar a un órgano, para producir sonidos musicales.

Uno de los principales usos del molino de viento que se ha conservado durante mucho tiempo es con fines de molienda, se cree que el primero en surgir fue en Persia (600 d.C.) y constaba de una torre de piedra y adobe que permitía el paso del viento como se ilustra, el movimiento de las aspas se transmitía a las muelas, que para adaptarlas a las diversas necesidades de molienda se variaba la distancia que separaba ambas muelas mediante una cuña.



Los molinos de eje horizontal hicieron su aparición según se estima en Persia debido a que la disposición del rotor se adaptaba con mayor facilidad para mover una noria a compensación de los de eje vertical, puesto que no hay necesidad de un mecanismo que cambie la dirección de la fuerza matriz. El eje se sustentaba sobre un trípode de madera que a su vez se colocaba encima del pozo.



En el Mediterráneo los molinos, eran de uso común y generalizado poco antes de 1200 d.C. así como también lo eran en la Península Ibérica. El molino tomó características muy específicas de la región del Mediterráneo, que en realidad es sólo un poco del desarrollo en la evolución de los rotores persas de los que se cree proceden, así, los palos con las velas (telas atadas) se insertaban en el rotor, adaptándose a la velocidad del viento soltando o recogiendo la vela, cosa que ya conocían muy bien los navegantes. Para la mejor estructura del rotor las velas se unían al rotor mediante tirantes, el rotor era fijo y por ello no se podía orientar conforme la dirección del viento, así que se limitaba solo a aprovechar los vientos perpendiculares a las espas, como respuesta a esta limitación se montó el rotor sobre una torre de mampostería que en la parte superior se encontraba una cúpula orientable donde residía la transmisión.

En la Península Ibérica destacan los molinos andaluces, que siguiendo los parámetros marcados por las máquinas mediterráneas, contienen sobre el rotor, dos juegos de espas dispuestos paralelamente.

Los molinos portugueses también aportaron un sistema de aviso, cuando los vientos cambiaban de dirección o velocidad, basado en un fenómeno sónico, producido porque en los tirantes del rotor estaban atados unos cántaros de barro, que generaban diferentes sonidos, según la incidencia del viento sobre ellos.

Un molino ya muy conocido, es el manchego, dado a conocer al mundo por una obra literaria, más que por sus elementos técnicos, se podría decir que fué la pieza principal del sincretismo entre los molinos mediterráneos de los que tomó la torre, y de los molinos europeos de los que adoptó la forma de las palas.



Ya que una severa limitante del molino del Mediterráneo es el uso de la vela como pala, cuestión que se complica como en todos los molinos de vela, cuando ocurrían tormentas o fenómenos meteorológicos drásticos que cargaban su influencia rompiendo las velas. Con el fin de evitar esto se utilizó el aspa de estructura de madera formando módulos cuadrados pequeños unidos rigidemente, y cubiertos con tela.

El molino mallorquín aportó un sistema de tirantes para dar rigidéz y torsión a las palas, que consistía en muchos tirantes que unían la pala con el rotor, pero dispuestos a unas distancias muy pequeñas entre unos y otros.

Evolución de Los Aero generadores

Al iniciarse la construcción de los molinos europeos, alrededor de 1180 surge la duda por parte de los historiadores si en realidad esa tecnología fué importada en la época de las cruzadas, o si Europa ya contaba con los medios necesarios para generar por sí misma los molinos sin recurrir al oriente.

Quizá como muchos comparto la opinión al suponer que se dió un fenómeno de integración de los molinos horizontales de oriente y un mecanismo utilizado desde tiempos cumbres de los romanos llamado rueda de Vitrubio. Esto se refuerza por que en Rusia, existía este tipo de molinos, pero implicaban serios problemas debido a que el mismo eje se utilizaba, tanto como elemento matriz como para llevar a cabo el proceso de molienda. Por ello no se podía dar ninguna conveniente a las aspas, ya que quedaban prácticamente encima del piso, además causaba un aumento en el trabajo humano, el tener que acarrear los granos constantemente a la parte superior, para que por gravedad cayeran a las muelas, esto se tenía que realizar porque no era posible almacenarlos por razones de espacio, debido a esto no tuvo gran auge.

Estos antecesores incipientes tuvieron su germinación en Francia hacia 1180, con el previo documento (1105) que abría las puertas a los franceses para la construcción de este tipo de equipo. En Gran Bretaña el primer reporte se refiere a 1191. En Alemania alrededor de 1222. Los italianos construyeron el primero hacia 1237. En Holanda en 1299. Pero como ya mencioné estos molinos carecían de muchas ventajas que solo el tiempo las podía brindar, dentro de sus principales desventajas se encuentra que en el interior del molino donde se guardaba la transmisión, tenía que orientarse al viento mediante una palanca, y el peso de todo este conjunto ya era considerable, a esto había que anexar que la parte inferior o base donde se apoyaba el cuerpo que incluía la maquinaria estaba sobre una estorbosa, elevada, poco estética y costosa torre fabricada con mampostería.

Como primer cambio en esta mole sólida, surgió un tripode de madera que lo reemplazaría.

El tripode como base del molino pasó por un proceso lento de desarrollo, el cual se transformó en una especie de torre, en la cual podía vivir o almacenar alimentos el dueño del molino.

En 1325 surge a nivel de prefactibilidad la idea de usar los molinos para alejar colmenas de abejas de una población. Para 1335 ya se había diseñado un carro de combate impulsado por un molino de vela, en 1400 ya se hablaba de un elevador cuyo funcionamiento se basaba también en un molino. El siglo XV se consagró por ser muy productivo en materia eólica, pues se abrió un amplio abanico de diseños de muy diversos fines impulsados por sistemas hidráulicos que a su vez pertenecían a los eólicos, y los eólicos propiamente dichos.

Con base a referencias de tipo estético, la representación de los paisajes y las costumbres son un tema interesante para los artistas, y como es de suponer tampoco faltó el molino en la escultura o la pintura. En 1349 se realizó un bronce flamenco dando cuerpo a un molino, esta forma tridimensional se encuentra en Kingslynn, otro ejemplo donde se plasma en dos dimensiones un molino se encuentra en Nuremberg y fué realizada en 1390.

El ingenio de Leonardo Da Vinci, no podía evitar algún diseño de estos molinos y precisamente en 1500, realizó un bosquejo concerniente a su construcción.

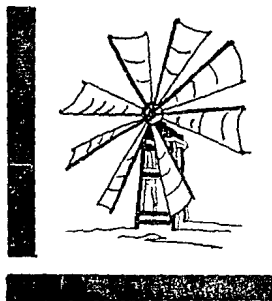
En 1578 fué publicado un documento donde se exponía un diseño innovador, en las aspas, aplicable a los sistemas de eje vertical, que probablemente fué la pauta para que Savonius rediseñara y desarrollara ya en el siglo XX su rotor.

Evolución de Los Aerogeneradores



Como en muchos descubrimientos científicos y desarrollos de tecnología, la iglesia también realizó su aporte a la causa, así como Gregorio Mendel, dió importantes pautas en la genética. Fausto de Verancio, que en aquel entonces era obispo en Polonia, publicó un documento, donde plasmaba un serio y verdadero estudio sobre molinos, y enriqueció éste, con diseños que suponían la obtención de potencias antes no logradas en los sistemas de eje horizontal.

Algunos historiadores afirman que mientras lo antes expuesto ocurría en Europa, con la colonización de América, se construyeron algunos molinos de tipo europeo, en la parte oriental del nuevo continente.



La sal otorgó un nivel preponderante, no sólo económicamente sino también políticamente hacia el siglo XVI a muchos países europeos, para entonces la moda era evaporar agua de mar para la obtención de sal, y un elemento de ayuda fué el molino de viento. Un siglo más tarde en Holanda por medio de 26 molinos de 30 Kw, desecaron el Polder Beemster, que fué el primer logro e inicio para posteriores fines de secado.

Otra nueva aplicación fué en Holanda, al usar la energía en cuestión para dar el impulso necesario a una sierra mecánica, y para 1592 su aplicación, ya era muy conocida en las extracciones de minerales en las minas.

Los avances continuaban, y los desarrollos mecánicos eran aplicados a los sistemas eólicos, así el tornillo de Arquímedes tuvo gran aceptación para el bombeo de agua; simplemente en Holanda se sabía que el número de molinos con este sistema quizá rebasaba los 700.

Con la curiosidad innata del ser humano por descubrir, razonar y aplicar los conocimientos; además de anexas todas las consecuencias de los estudios científicos y filosóficos que provenían del renacimiento y se consolidaban con la Ilustración. Las mejoras tecnológicas abrían un amplio panorama extendiéndose a muy diversos campos, del que no pudo escapar la máquina eólica. Ya dentro de la época de los grandes inventos y con toda la carga de la revolución industrial comenzaron una serie de avances paulatinos dentro de un rápido desarrollo tecnológico.

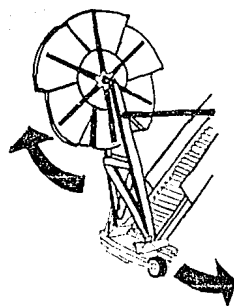
Un nuevo criterio obtenido empíricamente, prevalecía dando mayor importancia a las turbinas de eje horizontal; ya muy poco énfasis se otorgaba a la de tipo vertical, por los graves problemas que se presentaban para regular la velocidad, aunque se efectuaron mecanismos ingeniosos, pero complicados y caros realizados en Polonia principalmente.

Por esta razón se desarrollaron con más fuerza los de eje horizontal, encontrando mejoras substanciales en los rendimientos de algunos sistemas de los que cabe mencionar: regulación automática, orientación constante, fabricación de prototipos con métodos que se inclinaban un poco hacia lo conocido como industrial, dejando de pertenecer absolutamente a lo artesanal, motores con mejor comportamiento aerodinámico, utilización de materiales más resistentes, en especial el hierro colado dejó atrás a la madera en muchas ocasiones.

Pero en este enjambre de aplicaciones prácticas, surgió una época muy prolífica en cuanto a la publicación de literatura abarcando todos los campos concernientes a las máquinas eólicas.

La observación de la relación entre la pala y el viento, impulsó investigación y pruebas encaminadas a obtener la geometría adecuada en el aspa para que el borde de ataque de ésta aceptara la entrada del viento evitando en lo posible el rozamiento, se encontraron y se pusieron en práctica conceptos tales como la torsión de la pala a lo largo de la envergadura, de igual modo se demostró que la cantidad de palas no iba directa y constantemente relacionada con la potencia; esto es, que teniendo las mismas características de las palas, un rotor de un número reducido como 3 o 4 palas, podía generar la misma potencia que alcanzara uno de gran cantidad de aspas.

Después de muchas patentes, realizadas para subsanar la necesidad de reducir el volumen, peso, así como la complicación y el tiempo de manufactura de la masa que fungía como orientador, Edmund Lee patentó en 1945 un sistema automático pues anexa un rotor extra montado sobre unas ruedas, quedando sujeto al molino por la escalera, el fin del rotor auxiliar que estaba dispuesto perpendicular al rotor original, era que al cambio en la dirección del viento, este provocaba que el rotor auxiliar se alineara paralelamente al viento, mientras se producía esto todo el molino giraba hasta que el rotor principal quedara perpendicular al viento, este principio ha tenido tal importancia que en nuestros días sigue utilizándose, y para comprender mejor su funcionamiento anexo una ilustración.



Paralelamente a la tecnología eólica, el generador eléctrico sentaba sus bases. H.C. Ørsted y A.M. Ampere, habían definido, el primero cualitativa, y el segundo cuantitativamente, la relación entre electricidad y magnetismo. Con base a estos conocimientos en 1831 Faraday con fines puramente experimentales produjo movimiento mecánico a partir del electromagnetismo. Un año más tarde, ya se había diseñado y construido el primer generador mecánico hecho por Pixii que para fines publicitarios estuvo expuesto en París. La evolución de estos alternadores hasta fechas actuales, abarcaría muchas hojas si se narrara tan solo; los puntos básicos del desarrollo, mismas que por razones de espacio omito.

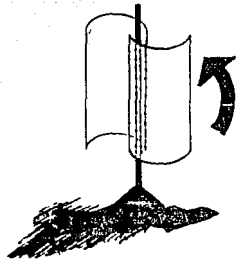
En USA, se difundió la idea original de Daniel Halladay del año 1854, en el que se sugería un rotor multipala muy sencillo, que evitaba la base tan pesada de las turbinas europeas y que daba muy buen resultado en el bombeo de agua. El estado de Chicago se convirtió en los 70's en el gran centro industrial de molinos de viento. Algunos autores narran que las exportaciones tenían una magnitud fantástica y se habla de producciones alrededor de 6 000 000 de unidades.

Pero la geografía de muchos lugares puede prescindir de bombas, por lo que se inició la adaptación de molinos tradicionales en plantas de generación eléctrica utilizando la energía del viento.

Alrededor de 1890 las autoridades danesas otorgan todo el apoyo necesario para el impulso a la tecnología eólica, donde La Cour, estaba al frente del proyecto, siendo él mismo quien dos años después diseñara un aerogenerador con rotor multipala de 25m de diámetro, con una torre metálica de 24m de altura, capaz de generar entre 5 y 25 kw. Este fué un buen inicio para el contundente desarrollo, que se llevaría a cabo en esta área, en la que un fuerte motivo como lo es la primera guerra mundial apoyaría además la causa.

Una fuerte cantidad de bases teóricas se publicaron, entre las más importantes se encuentra el teorema de Betz, quien demostró analíticamente que el rendimiento de los motores aumentaba con la velocidad del rotor, y que ni en el diseño más perfeccionado de un aerogenerador la eficiencia podría rebasar el 60 % de la energía contenida en el viento.

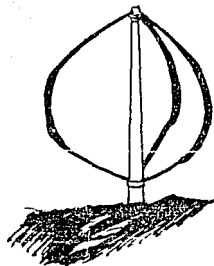
Pese al apogeo de la primera guerra mundial y todas las consecuencias que esto implica, Sigmund Savonius trabajaba alrededor de un molino de eje vertical que lograra operar con velocidades de viento relativamente bajas. Fruto que culminó en 1924 con la invención del rotor hoy conocido como Savonius.



Otro rotor interesante diseñado en esta época, (Ing. Andréau) fué en el que se aplicaba la fuerza centrífuga en el aspa, esto es, las palas eran huecas y por ellas fluía internamente una corriente de aire que generaba la fuerza antes mencionada.

A. J. Dekker realizó la génesis de los rotores de altas velocidades, logró obtener en 1927 un rotor cuyas palas estaban diseñadas con un adecuado perfil aerodinámico, que podía alcanzar velocidades superiores en cinco tantos a la velocidad del viento incidente, mientras los de tipo multipala y los clásicos lograban velocidades de 2 veces o menores en relación con la velocidad del viento.

Por esos años, Darrieus, generaría su, hoy muy famoso y utilizado rotor, que siendo de tipo eje vertical, dos perfiles aerodinámicos en forma de "u", funcionaban como palas, estando éstas dispuestas una frente a otra.



Con la postguerra surge de nuevo la utilización de los aerogeneradores, pues era una buena alternativa de obtención energética para la política que prevalecía, a diferencia del petróleo que para quienes lo importaban introducía severos problemas político-económicos.

Evolución de los Aerogeneradores

En USA, Marcellus Jacobs, retomando y generando serias adaptaciones de los molinos de bombeo, llegó a una simplificación en todos aspectos y a este diseño le adaptó un generador de corriente eléctrica, con lo cual llegó a su conocido aerogenerador tripala.

La crisis económica que había dejado la primera guerra mundial se extinguía y con ello la energatización tendía más hacia los combustibles fósiles que hacia el viento, pero después de la segunda guerra mundial, como en todas las crisis, se recurre a las tecnologías básicas, autóctonas o adecuadas a su momento, y fué justamente lo que ocurrió con las máquinas eólicas, hacia los 50's la economía internacional tornó a otras alternativas energéticas, y la energía atómica obtuvo un lugar preponderante, que opacó la mayoría de intentos para el mayor desarrollo de la eólica.

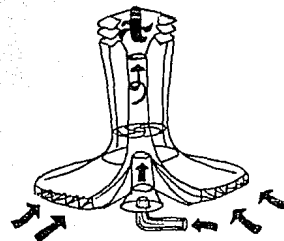
Con todos estos antecedentes brevemente descritos llegamos a esta década, en la que los precios de los energéticos fósiles son altos, y se prevé una mayor alza por su cercano agotamiento.

Si a estas razones le aunamos el daho ecológico grave con el que está repercutiendo, se entiende el regreso a las tecnologías alternas inagotables que no alteran en gran medida el entorno ambiental.

Hoy en día, se siguen desarrollando principalmente los diseños de dos y tres aspas en eje horizontal y el Darrieus en eje vertical, con muy pocas variantes conceptuales de los antes expuestos, pero sí con muchas mejoras, producto de pruebas y estudios profundos. Quedando a la vanguardia USA. (Nasa, General Electric, Westinghouse), Dinamarca (Sedser), RFA. (Messerschmitt Bolkow Blohm), Suecia (Karlstads Mechaniska Verksad), Gran Bretaña (North Scotland Hydroelectric Board), Francia (Aerowatt), Italia (Fiat) entre algunas de las más importantes.

Son muy claras dos tendencias, que se llevan a cabo por el momento, una es la realización de grandes turbinas y la otra es la concerniente a bajas potencias. Debido al apoyo económico de los diferentes gobiernos y por razones de costo-rentabilidad, son muy comunes las de altas potencias, quedando las otras para fines casi siempre rurales.

Un proyecto interesante que se encuentra en etapa de experimentación, es el referente al calentamiento de una gran superficie de terreno, para que caliente el aire circundante, mismo que asciende a través de un cilindro central que aloja a la turbina (100 kw de potencia).

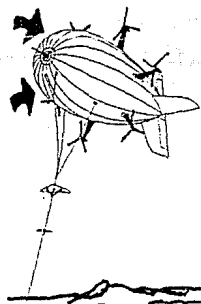


Los llamados generadores ciclónicos se inspiran precisamente en ese género de vientos extremos, y pretenden producirlos, con la entrada de aire por la parte inferior de un cono truncado que se encuentra dentro de un cilindro gigantesco, en este cono se produce una corriente vertical misma que se acelera conforme se eleva, en cierto punto de altura dentro de este cono y justo donde se trunca, es el sitio donde está colocada una turbina, que está acoplada a un generador. Aunque estas máquinas se consideran muy modernas, se sabe la existencia de un boceto de Da Vinci, donde plasmó un sistema bastante parecido. Hoy se sabe de varios aerogeneradores de este tipo que están por probarse.

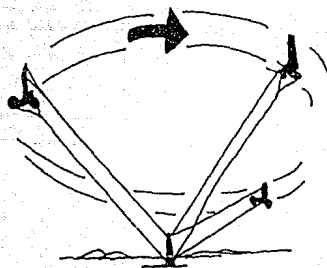
Evolución de Los Aerogeneradores



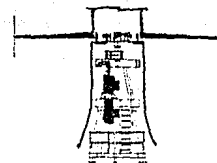
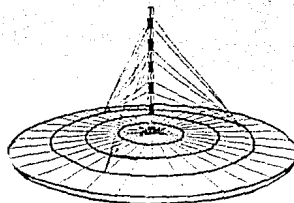
Sobre la base ya conocida, de que al aumentar la altura, aumenta la velocidad del viento, se diseñó un tipo de aerogenerador que consiste en módulos aerostáticos, dispuestos en una especie de proyectil aerostático del cual se suponen potencias de 20 hasta 100 Mw.



Siguiendo un poco el diseño de Darrieus, se diseñó un proyecto, con el cual, se supone un ala horizontal de las utilizadas en aviación cuya función es puramente de sustentación, que a su vez detiene otra aspa pero vertical, y dos hélices impulsoras que se colocan en la primera, éstos elementos forman cada uno de los rotorez, y varios rotorez se encuentran girando en círculo, a 100 m. o más de altura, y éstos rotorez están unidos a una torre ubicada en tierra en la cual se encuentra el generador.



Se sabe de muchos otros diseños futuristas, que en realidad se estima su potencia, rendimiento, funcionamiento etc. y están diseñados para obtener potencias muy elevadas.



Analizando las necesidades energéticas, económicas y las posibilidades de generar una micro o pequeña industria en el área rural, planteo el diseño de dos tipos de aerogeneradores. El primero de 700 watts, es suficiente y adecuado para cubrir las necesidades de una casa rural. El segundo tipo de 2000 watts, además de proveer la energía a la casa, aporta un excedente que se puede aprovechar para el uso de algunos implementos como sierras, taladros, molinos, bombas etc.

Se definieron las capacidades de 700 y 2000 watts, en base a los datos obtenidos de la distribución de la energía en zonas rurales mostradas en páginas anteriores, y a los probables consumos.

De esta manera ya definidas las capacidades se llevó a cabo un ajuste, para definir las contra el costo de los generadores; esto es, el límite máximo para el generador pequeño es de 700 watts ya que si se utilizara uno de 900 watts los costos aumentarían desequilibradamente. Lo mismo ocurre para el de 2000 watts si se utilizara uno de 3000 los costos también se desequilibran.

CONSUMO

IMPLEMENTO	WATTS	H/día	H/mes	KwH/m	P.G
4 focos	80	4	120	9.6	* *
1 refri- gerador	150	5	150	22.5	* *
1 t.v.	150	4	120	18.0	* *
1 radio	15	6	180	2.7	* *
1 electrodo- méstico	2000	0.5	15	30.0	* *
1 bomba	100	0.5	15	1.5	* *
1 motor ind	1000	5	150	150.0	*

GENERACION

1 generador 2000	4	120	240.0	*
1 generador 700	4	120	84.0	*

Para lo cual se tomaron focos de alto rendimiento es decir consumen 20 watts y alumbran lo que un foco convencional de 75 watts.

H/día = horas al día

H/mes = horas al mes

KwH/m = kilowatts hora por mes

p= satisface el de pequeña capacidad

g= satisface el de mayor capacidad.

Para poder definir los procesos así como otros parámetros del diseño fue necesario llevar a muy groso modo una estimación probable mensual de ventas de aerogeneradores.

Población nacional rural con viento suficiente.....	24 209 218
Población nacional rural con viento suficiente sin electricidad.....	9 683 687
Consumo KwH/mes habitante....	6.78
Consumo total KwH/mes.....	65 655 395
Uso de otras fuentes (90%)...	59 089 859
Uso de energía eólica(10%)...	6 565 540
Otros competidores (2/3)....	4 377 026
Saldo KwH/mes (1/3).....	2 188 513
Sin viabilidad económica(2/3)	1 459 009
Con viabilidad económica(1/3)	
El gobierno otorga financia- mientos interesantes.....	729 504
Sin viabilidad social(2/3)...	496 396
Con viabilidad social(1/3)...	243 158
Aerogeneradores para cubrirla Tomando los de mayor capacidad	2 894
Ventas anuales durante 20 años	144
Ventas mensuales.....	12

Donde KwH/mes=Kilowatts hora, por mes.

Por lo cual la fabricación mensual de aerogeneradores es de 12 piezas.

Aspectos

Importantes

de Diseño



Como ya se mencionó en las primeras páginas de esta obra; uno de los objetivos de la misma es la reducción del precio de venta al usuario. Esta disminución no debe recaer únicamente en las ganancias para el fabricante, sino que el aspecto primordial en la reducción de costos se dirige esencialmente a los costos de producción.

Con el objeto de bajar dichos costos, el aerogenerador pequeño lleva las mismas piezas; aunque no se incluyen todas aquellas que son utilizadas en el de mayor capacidad. Presentándose solo dos excepciones, que radican en la capacidad del alternador y las dimensiones de las aspas; con ésto se adecúa a cada tipo de bolsillo y necesidad del cliente. Al referirme posteriormente al aerogenerador incluyo los dos tipos, debido a la similitud entre ambos, excepto cuando especifique alguno en particular.

El diseño se elaboró de una manera muy versátil para que se pueda llevar a cabo la fabricación por procesos con pocas variantes en sus producciones baja-media (menor de 6 aerogeneradores mensuales), media (de 6 a 12), y media-alta (mayor de 12).

En el diseño, se contempla un aerogenerador de tipo convencional, con algunas innovaciones técnicas y aunando elementos de factores humanos dentro del diseño industrial, tales como ergonomía, estética, semiótica, factores psicológicos...

Como fin del diseño industrial se cubrirá una necesidad del hombre, para concluir con un producto bueno, bonito y con especial énfasis en el bajo costo, en comparación con la competencia, para lograr distribuirlo en mayor escala.

El mercado a quienes va dirigido, es a compradores en zonas rurales, o de ser posible al gobierno, para que lo distribuya en lugares de potencial edílico adecuado, en la república, donde no llega la red de la CFE. (Comisión Federal de Electricidad).

Su venta se prevee principalmente por menudeo, siendo el paquete completo, o bien, el equipo sin incluir el módulo de almacenamiento de energía. También estarán a la venta todas las refacciones necesarias. Un aspecto importante es la garantía del equipo por errores de fabricación o de instalación si lo efectuara el fabricante.

El orden de los parámetros principales y limitantes para su diseño, es:

- 1) La generación de 700 y 2000 watts respectivamente, mismos aparatos que deben funcionar adecuadamente.
- 2) Que su precio de venta sea accesible así como su mantenimiento bajo, en comparación con la competencia.
- 3) Que atrás de él, se cuente con un respaldo técnico suficiente es decir una buena calidad, y tanto refacciones, como servicio.
- 4) Ágil transportabilidad.
- 5) Facilidad de instalación y operación respecto a la competencia.
- 6) Belleza
- 7) Adecuado a la producción media.

Se efectuará un manual de instalación, misma que podrá realizarse por personal con poca capacitación, (nivel técnico, así como por egresados de secundaria) o bien por el comprador del equipo si cumple con lo anterior, en éste manual también se expondrá el mantenimiento, uso limitaciones y demás aspectos que el usuario debe conocer. Como es básico que el aerogenerador esté bien instalado, ya que de no estarlo su funcionamiento sería poco eficiente o nulo, y con ésto los rumores proliferarían que el surgimiento en México de los mismos sea más difícil se necesita entonces que durante la instalación esté presente un supervisor bien capacitado por parte de la empresa.

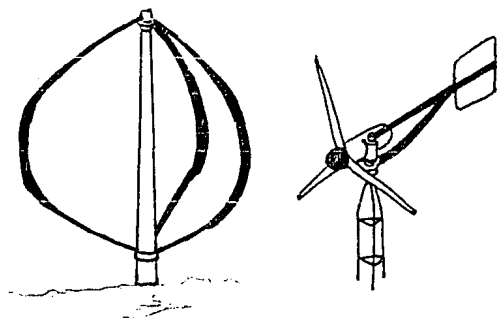
La aerodinámica ha tenido influencia vital en las máquinas eólicas, y sus principios se aplican en los rotores y palas (también llamadas aspas o alabes) principalmente, ya que son los elementos transformadores de la energía cinética del viento, en energía mecánica.

Gracias a la aerodinámica podemos lograr que las aspas estén diseñadas de tal manera, que cuando el viento choque con ellas las mueva hacia arriba óptimamente; y con esto gire el rotor.

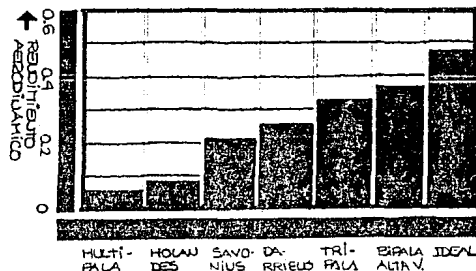
En la antigüedad la aerodinámica se aplicaba de forma muy empírica, pues no fué, sino hasta principios del siglo XX cuando se inició la teoría aerodinámica que conocemos y utilizamos hoy en día.

Para la transformación de la energía eólica se encuentran dos tipos de rotores que difieren por la colocación del eje, en verticales y horizontales.

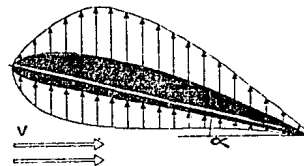
Los primeros se caracterizan por que su eje de rotación es normal a la dirección del viento y solamente una parte de los alabes es motriz, mientras que la otra parte anula o disminuye el efecto del viento, siendo los dispositivos anuladores lo que los hace diferentes entre sí.



En general los sistemas de eje vertical, tienen como ventajas frente a los de eje horizontal que son: omnidireccionales y por ello no necesitan de sistemas de orientación, requieren de muy pocas piezas móviles, su fabricación es muy sencilla, y en general su diseño es más simple. Pero su coeficiente de potencia o rendimiento aerodinámico no es tan alto en comparación con los de eje horizontal, por lo cual para el presente diseño es preferible el uso de eje horizontal.

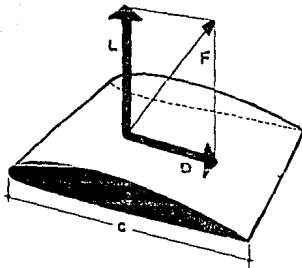


En los rotores de eje horizontal, las aspas se desplazan perpendiculares al viento, con una velocidad en el extremo del ala superior a la del viento, la potencia se obtiene por la desviación que sufre el viento al chocar con la pala, formando zonas de mayor y menor presión, mismas que actúan produciendo el movimiento.



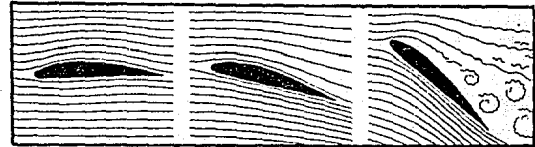
Todos los conocimientos aerodinámicos que se manejan en los SOEE, han sido obtenidos de la aeronáutica, para la cual funcionan adecuadamente, ya que dentro del campo de los rotores eólicos, la investigación se inició recientemente. Por esta razón es común encontrar conceptos utilizados en aeronáutica.

Para el diseño de las aspas, se consideran dos fuerzas aerodinámicas elementales, una en sentido vertical, la cual le da sustentación a la pala (lift misma que mantiene a un avión en el aire, y que le brinda al rotor la energía para girar). La otra fuerza a la que hago mención es la que corresponde a la resistencia (drag, misma que se opone a la dirección de avance en los aviones y que en los rotores no es productiva, pero que puede provocar el desequilibrio y en ocasiones destruir el sistema). Por tanto son conocidos: el coeficiente de sustentación C_l y el de resistencia C_d , que varían principalmente con la forma del ala y el ángulo de ataque, y se obtienen ensayando en túneles de viento.



Para que se cumpla la sustentación y gire el rotor, es necesario que el viento ataque al aspa con cierto ángulo.

Conforme aumenta el ángulo de ataque se incrementan linealmente C_l y C_d hasta que el ángulo es demasiado grande y se entra en pérdida, lo que significa la reducción de la sustentación e incremento en resistencia. Dado que lo que se busca es sustentación, se requiere de un coeficiente máximo de C_l/C_d .



Inicialmente una opción atractiva era la utilización de un perfil (nombre que se da a la sección transversal de la pala) con torsión, esto como resultado de que la velocidad de rotación se incrementa conforme aumenta el diámetro de la pala (longitud de esta).

Si imaginariamente dividiéramos el aspa por estereotomía en varios segmentos, notamos que la velocidad de la corriente incidente es diferente para cada segmento, en consecuencia cada segmento requiere de un ángulo de incidencia específico para lograr un giro óptimo en el rotor, y esto se consigue dando a cada segmento un ángulo diferente y es la razón de la gran demanda de aspas con torsión.

Analizando y calificando según los objetivos de este trabajo, comparando las ventajas y desventajas de las aspas con rotación y sin ella, decidí utilizar las últimas, por facilidad constructiva, reducción de costos, sacrificando un poco la eficiencia, misma que se intentará obtener utilizando otros aspectos de diseño del rotor.

Algunos rotores se diseñan para que las aspas cambien el ángulo de ataque conforme aumenta o disminuye la velocidad del viento, las palas con esta posibilidad se denominan de paso variable. En ocasiones como es el caso, no conviene su utilización pues se complica el funcionamiento del sistema, y como la potencia generada es muy pequeña en la turbina rural, no amerita su costo.

El rendimiento aerodinámico se refiere a la cantidad de energía cinética del viento; que se transforma en el rotor en energía mecánica. El porcentaje de rendimiento real oscila entre el 20 y 40%, ya que el máximo teórico fue calculado por Betz, y su teorema expresa que para los rotores no se puede dar más del 60%.

La inercia, juega un papel importante en el diseño del rotor, ya que si la inercia es grande se necesitaría mucho tiempo con velocidad de rotación baja para alcanzar la velocidad de régimen (velocidad para la que se diseña optimamente el rotor), por ende, el presente rotor tiene como características principales: tener poca inercia, ser liviano y rígido.

Se han publicado muchos y muy diversos tipos de aspas, ya probados y con las especificaciones técnicas que presentan.

Los perfiles NACA 4412 son muy adecuados aerodinámicamente para la turbina rural, pero deben ser rigidizados por una estructura o un mayor espesor en la pared del material etc. Había contemplado para ello muy diversas posibilidades, por ejemplo: una estructura interna de acero, y una pared externa de fibra de vidrio con resina poliéster envolviendo una masa de espuma plástica, o bien, sacar 2 piezas moldeadas y estructuradas con la misma fibra de vidrio, también el moldeo de maderas, etc. Se comparó eficiencia, costos,

facilidad de fabricación, seriabilidad ... de aquellas alternativas.

Se procedió a utilizar la placa de acero arqueada con un tubo en el lado cóncavo, por su elevado Cl/Cd , por la facilidad de fabricación, ya que con lámina de acero rolada y con unos rigidizadores de solera remachados o atornillados a ella, no varía tan drásticamente la eficiencia pero sí se bajan costos, y la sujeción de la lámina rolada con el tubo, también se realizará con remache o tornillo, evitando la soldadura con la que se elevan costos (luz, gas, trabajo humano, soldadura etc.)



Según los mapas edáficos de la república: la mayoría de las velocidades medias en regiones con buen potencial, el porcentaje del área no electrificada ... y la gran pérdida de potencia presentada al utilizar mecanismos para el aumento de las revoluciones entre otros aspectos previamente analizados, da como conclusión que se necesite un rotor no lento, para lo cual se utilizan palas estrechas y largas, así como también se requiere un cierto par, para que inicie la rotación del sistema, y ésto no es adecuado con las aspas delgadas. Con objeto de contrarrestar lo anterior se recurre para lograr dicho par, a la utilización de un rotor tripala.

Las tres palas del rotor, van ancladas en la cabeza del mismo (ver planos), que consta a su vez de dos partes, diseñadas y calculadas para su fabricación, en fundición en arena verde; pues previendo la demanda a corto plazo, no conviene la utilización de fundición a presión, o procesos para alta producción, ya que se esperan posibles mejoras que sólo el tiempo y la experiencia darán.

Un gesto de inconformidad se prevé, cuando se critica aerodinámicamente el rotor, especialmente por la resistencia que presenta la superficie de la cabeza; ya que no se diseñó en forma de nariz, como cualquier avión, la respuesta está dada porque, el área más cercana al centro del rotor, no tiene un rendimiento apreciable, si se compara con el rendimiento presentado al aumentar la distancia al centro del rotor.

Para que el área cercana al rotor incrementara su eficiencia, sería necesario realizar muchas torsiones, que solo incrementarían costos; sin lograr con ello importantes mejoras aerodinámicas.

Los vértices de las aspas se redondearon con el fin de evitar, que en vientos de alta velocidad la resistencia al viento sea tal; que se deforme sufriendo una torsión indeseable.

VENTAJAS AERODINÁMICAS DEL PROPUESTO:

- Mayor rendimiento aerodinámico que los rotores de eje vertical.
- Tiene poca inercia y es rígido
- No es lento; sus palas son estrechas y largas
- Se obtiene el par necesario para generar electricidad aunque es de palas estrechas; se logra precisamente porque es tripala.
- Consta de pocas piezas
- La sujeción de las palas a la flecha es muy buena, por el diseño que se le dió a la cabeza.
- La reducción del área cercana a la nariz logró mayor eficiencia a menor costo
- Se redondearon los vértices para evitar la mayor resistencia al viento en partes críticas.
- La reducción en los costos de fabricación de las palas, porque es muy barato y sencillo el balanceo.
- Mayor tiempo de vida, ya que todas las piezas son de metal y están correctamente protegidas contra la corrosión, (no son tan atacadas por el ultravioleta del sol como las de plástico.)
- Tiene un buen rendimiento para transformar la energía del viento en energía mecánica de rotación.

Antes de que se genere la electricidad en los SCEE, se requiere de un paso intermedio entre el rotor y el generador eléctrico, este paso consiste en un sistema casi siempre mecánico, cuya misión consta en regular y adecuar la potencia para que el generador pueda operar en condiciones adecuadas. Es decir, que este sistema regule las revoluciones por minuto y el par motor.

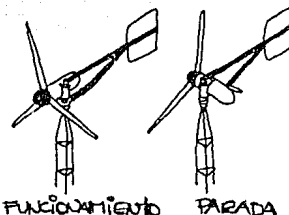
Otro sistema mecánico de indiscutible importancia es el referente a la orientación; pues solo se alcanza la mayor eficiencia del rotor estando las palas de éste perpendiculares al viento, por lo tanto este sistema se encarga de que siempre estén perpendiculares al viento.

Cuando la velocidad del viento excede o es inferior a la velocidad de diseño, es posible adecuar ciertos dispositivos, para evitar las fluctuaciones producidas por la variación de la velocidad del viento. En los casos donde se lleva a cabo este control se obtiene la ventaja; de que mientras está en funcionamiento el SCEE, la velocidad en la flecha del generador es constante y por ende, también la corriente; esto evita la utilización de dispositivos extras, para conseguir dicha condición posteriormente a la generación de electricidad.

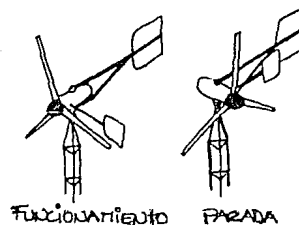
Ovviamente el sistema anterior eleva considerablemente los costos del SCEE, en otras ocasiones se procede a utilizar un freno para regular solamente la etapa de exceso de potencia, evitando velocidades de rotación demasiado rápidas, dichos sistemas son más sencillos y menos costosos; en el caso del presente diseño se recurrió a esta opción, que es imprescindible, pues si la velocidad del viento es demasiado elevada, no solo se sobrecarga el generador, sino que se producen fuerzas cíclicas y demasiados esfuerzos que llevan a la destrucción del SCEE.

Los sistemas de frenado comúnmente utilizados por los fabricantes de aerogeneradores y aerobombas a nivel mundial, y sus respectivas desventajas, son expuestos a continuación en forma de esquemas, para hacer más sencilla su comprensión. Partiendo de la base de que todos funcionan ya que no se incluyen los de poca eficiencia; la cuestión, es el bajo costo para escoger el más adecuado para el presente diseño.

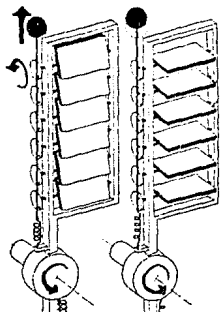
A) Sistema de regulación por orientación del rotor, accionado por una veleta auxiliar. Se provoca el giro de la turbina a velocidad excesiva./desventajas. El generador y el rotor están montados fuera del eje central del sistema, causando problemas de vibración y desbalanceo.



B) Sistema de regulación por orientación del rotor que aprovecha el empuje aerodinámico sobre una rótula excéntrica./Desventajas. La veleta adicional implica un mayor costo y se desperdicia el espacio por donde atraviesa el eje de anclaje.



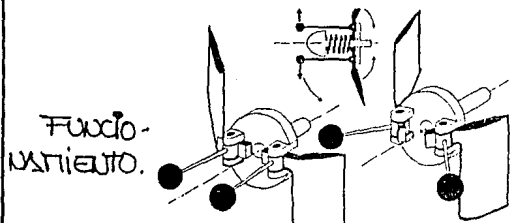
C) Sistema de regulación tipo persiana que actúa mecánicamente o por acción centrífuga aumentando o disminuyendo la superficie efectiva de la pala, pertenece a los sistemas de paso variable, éstos realizan su cometido variando el ángulo de calaje de las palas cuando las revoluciones son en exceso, o actuando al inicio de la rotación, para obtener mejoras en el rendimiento aerodinámico./Desventajas. Los contrapesos, persianas y resortes implican un alto costo.



Funcionamiento.

PARADA.

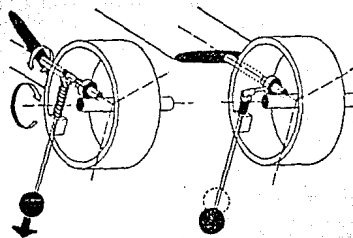
D) Mecanismo de regulación comúnmente usado en los sistemas de marca Enag & Quirk's, en el cual; las masas centrífugas accionadas por el giro del rotor, cambian el ángulo de calaje de las palas./Desventajas. Costos, ya que los contrapesos deben estar perfectamente balanceados y alineados.



Funcionamiento.

PARADA

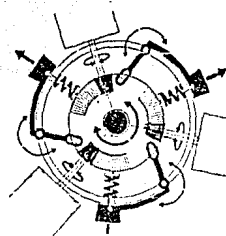
E) Mecanismo que opera bajo el mismo principio y muy similar al anterior, utilizado en la marca Elektro./Desventajas: Mismas que el anterior.



Funcionamiento

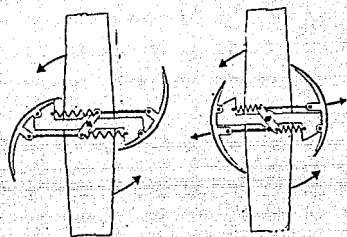
PARADA

F) Se basa en el mismo principio que las dos que le preceden variando substancialmente en que las tres palas giran sincronizadamente, este sistema se encuentra en los aerogeneradores marca Jacob's/Desventajas. Además de las mismas que el anterior, el costo por la cantidad y complejidad de paquehas piezas.



Sistemas mecánicos

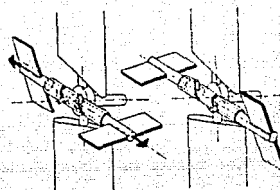
G) El funcionamiento se basa en que las masas centrifugas actúan sobre un mecanismo de frenos aerodinámicos. Se le ocupa en la marca Wincharger./Desventajas: Para baja producción implica una costosa y lenta fabricación de los arcos.



FUNCIONAMIENTO

PARADA

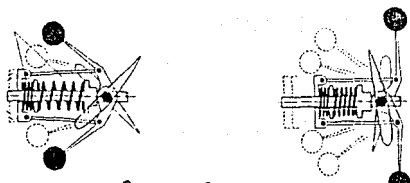
I) Sistema regulador utilizado en la marca Paris-Rhone; dispone de un rotor auxiliar que ayuda en el arranque y funciona a su vez como freno aerodinámico en altas velocidades./Desventajas: Aumentan los costos por la fabricación de aspas extras.



FUNCIONAMIENTO

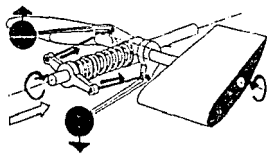
PARADA

H) El sistema de regulación utilizado por la marca Aerowatt, actúa desde la fase de arranque, adoptando la posición de las palas hasta la desconexión de las mismas en casos de vientos extremos./Desventajas: Mismas que el sistema "G".

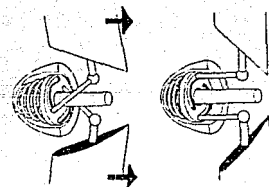


FUNCIONAMIENTO

PARADA



J) Sistema de regulación que opera en la marca Moriya-Tomasawa, en la cual la masa centrifuga es la propia pala que actúa sobre un mecanismo de pivotación./Desventajas: Se requiere de estructuras muy fuertes para soportar los empujes de las aspas.

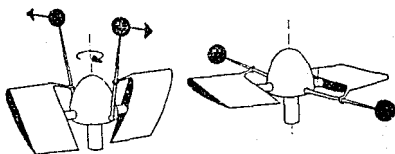


FUNCIONAMIENTO

PARADA

Sistemas mecánicos

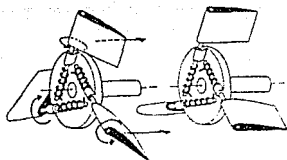
K) Sistema mecánico desarrollado en la Universidad de East-Hartford (U.S.A.) cuyo principio se rige por la flexibilidad o tensión del eje de la pala./Desventajas: Mismas que "D" y se requiere de rodamientos adicionales.



FUNCIONAMIENTO

PARADA

L) Sistema de regulación que es accionado por los momentos aerodinámicos que se ejercen sobre la superficie de la pala./Desventajas: Se requiere de una cabeza muy rígida con lo que se elevan los costos.



FUNCIONAMIENTO

PARADA

M) Mecanismo de regulación de paso variable accionado desde el interior, mediante un sistema de control./Desventajas: Se requiere de motores y rodamientos adicionales.



Como es bien conocido, cada problema se puede atacar desde diversos puntos de vista, dando como resultado diferentes maneras para darle solución, tal es el presente caso; los sistemas expuestos con anterioridad actúan directamente sobre el rotor, pero también se puede cumplir el objetivo regulando la acción sobre el eje. Entre estos sistemas destacan:

Sistema de regulación de paso variable, en el que el cambio del ángulo de calaje actúa solo, sobre parte de la pala o se ejerce mediante flaps, (se carece en la actualidad de la traducción exacta pero algo similar podría ser hoja plegadiza).

Sistema de regulación por frenado sobre el eje del rotor. Puede actuar por zapatas o mediante frenos de disco accionados ambos por masas centrífugas.

Para esta tesis, se conceptualizó y desarrolló un sistema de frenado que entra en operación cuando se excede la velocidad de diseño, y actúa de manera gradual, conforme aumentan la velocidad del viento.

El presente diseño es un sistema innovador, cuya patente, según se ha investigado; no existe y no es utilizado en ningún tipo de aerogenerador o aerobomba, ni se encuentra en la literatura, por lo cual representa una nueva alternativa, sencilla y económica, que no requiere de gran mantenimiento.

Se basa en que el rotor y el generador giran sobre un eje, por ende, cuando la velocidad del viento aumenta, el rotor tiende a elevarse cambiando su ángulo de ataque, como varía su posición, varía a su vez el ángulo entre la horizontal y el generador de electricidad. Como ya lo expuse en el capítulo precedente, para aprovechar el viento y obtener de él

Sistemas mecánicos

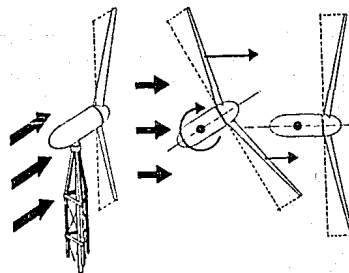
Como expliqué con anterioridad, se requiere de dispositivos multiplicadores o bien, que los generadores o alternadores a usar, posean un número elevado de polos (vease sistemas eléctricos), lo cual permite que trabajen con bajo número de revoluciones por minuto.

Otro subsistema de indiscutible importancia es el concerniente a la orientación del aerogenerador, para lo cual se utilizan muy diversos dispositivos cuya función principal es mantener el rotor perpendicular al viento, por lo que tiene que obrar constantemente. La orientación es exclusiva de los sistemas de eje horizontal.

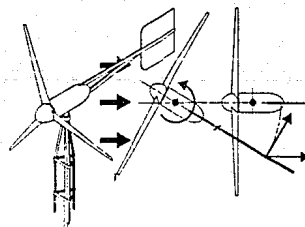
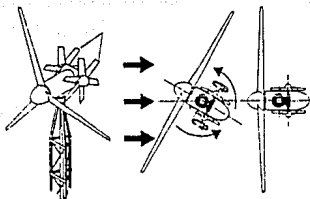
Dentro de la gama de dispositivos a emplear, se les encuentra de muy diversa complejidad y precio; algunos utilizan motores, otros veletas de orientación, otros con las propias aspas funcionando a sotavento, y algunos usando corona y tornillo.

El criterio utilizado para discernir el sistema más conveniente, fue el comparar precio, sencillez y eficiencia. Con lo cual solo ajustaban de entre todos

los sistemas expuestos en la literatura a mi alcance: los de veletas de orientación y los de aspas a sotavento. Estos últimos parecían buena opción pues no requieren de veletas ni dispositivos adicionales que aumenten el costo. Sin embargo los rotores a sotavento generan el efecto sombra: que se refiere a que el empuje aerodinámico de las aspas se ve reducido cuando pasan éstas por atrás de la torre; pues produce perturbaciones (oscilaciones) en las palas, además de provocar fenómenos acústicos de baja frecuencia, que algunos estudios recientes de ergonomía predicen que pueden ser perjudiciales para determinadas afecciones cardíacas y respiratorias. Como se observa, por estas razones también se eliminó dicho sistema.



Con el análisis anterior, se encontró que el sistema más adecuado es una veleta de orientación anclada a la parte giratoria del presente SCEE.



VENTAJAS DEL SISTEMA MECANICO PROPUESTO

BALANCIN

- El diseño del sistema de frenado paulatino que no causa vibración, ni esfuerzos críticos al sistema
- Bajo costo de fabricación y ensamble
- TOTALMENTE INNOVADOR
- TECNOLOGIA 100% MEXICANA
- No requiere mantenimiento
- Evita sobrecargas al generador
- Funciona automáticamente
- Funciona sin costos de operación
- Se adecúa automáticamente a las diferentes velocidades de viento.
- Consta de pocas piezas
- Es a la vez el freno y el sistema de auto orientación automático (solo hay que inclinar la veleta)
- Su desgaste es mínimo
- Su vida útil es muy larga

CAJA MULTIPLICADORA

- Obtiene la velocidad requerida a muy bajo costo.
- Requiere de muy poco mantenimiento
- Es de muy fácil reparación y reemplazo de piezas

ORIENTACION

- Sistema tradicional autodireccionable de muy bajo costo.

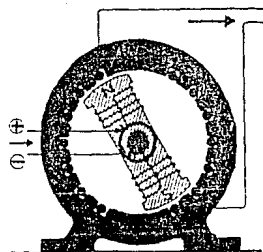
Los sistemas eléctricos de los SCEE, hacen su aparición cuando ya se cuenta con la energía mecánica disponible, esto es, posterior a los sistemas de regulación, transmisión y orientación. En este punto es cuando se realiza la transformación de energía mecánica en eléctrica, mediante el uso de un generador de corriente eléctrica, o bien de un alternador.

Existen en el mercado diferentes tipos de generadores y alternadores, mismos que se van a aplicar a los SCEE, dependiendo de las características limitantes dadas por la velocidad constante o variable del rotor, el almacenamiento o no de la energía posterior a la generación, voltaje requerido (120, 240, 12 ... , costo por kilowatt instalado, generación de corriente continua o alterna, utilización aislada del SCEE, o si va conectado a la red de distribución eléctrica de la C.F.E. entre otras.

Para tal fin se encuentran generadores de diferentes tipos: Generador de corriente alterna o alternadores, los mismos antes expresados pero con un rectificador, o bien con carga resistiva para calefacción, alternadores con conmutador, generadores de campo modulado, generadores de inducción de doble salida, generador síncrono, generador de inducción, dinamos, entre los principales.

Como no es necesaria la explicación del funcionamiento de cada tipo, pues se encuentra en la literatura, se procederá a explicar como se discernió entre ellos, para escoger el más adecuado para el proyecto.

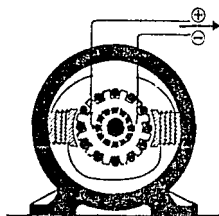
En un principio se trató de utilizar partes de procedencia nacional, obteniéndose aquí el primer obstáculo, porque no se fabrican generadores mexicanos de 2Kw, para la versión de mayor potencia. Existe un solo fabricante de alternadores que sobrepasa los 700 watts, cuyo producto se adecua a 6 Kw, con un costo 5 veces mayor más o menos que el importado. Debido a la apertura del Sat esto no significó para el caso ningún problema.



Los generadores que se encuentran más fácilmente en el comercio, se dividen en dos tipos, los de corriente continua y los alternadores o de corriente alterna, y dado que es más difícil producir frecuencias estables, cuando los rotores son de velocidad variable, que es lo que ocurre en este proyecto, es conveniente generar corriente continua; almacenarla en baterías y quizá transformarla después en corriente alterna, mediante un convertidor electrónico, pues se puede entregar corriente directa si lo requiera así algún cliente, esto es el aerogenerador completo a excepción del convertidor electrónico, o con éste si se requiere corriente alterna de salida.

El método precedente es bien conocido que no es la única opción utilizable con velocidades variables del rotor. Pues se cuenta también con sistemas que modulan el campo de excitación del generador con sistemas electrónicos de acuerdo con la variación de las revoluciones del rotor, o bien utilizando corriente alterna para excitar el generador y girar el inductor a velocidades elevadas, lo cual no suena lógico, ya que no se cuenta con corriente alterna para ser suministrada. Estas dos opciones descritas producen serias complicaciones, por lo que se eliminan.

Los generadores pueden ser dinamos, cuya meta es proporcionar corriente continua, aunque no son muy rentables en el presente trabajo; pues utilizan escobillas en el colector, por lo que exige mayor mantenimiento que los alternadores.



De todos los métodos antes mencionados, se fueron eliminando algunos debido a las características limitantes mencionadas en párrafos precedentes y su difícil adquisición, así como por el tipo y disponibilidad de energía con la que operan.

El que presentó mejores cualidades debido a sus requerimientos y limitaciones, fue el generador de excitación o síncrono, mismo que requiere de corriente de excitación continua, que se pueda proporcionar en el área rural con un acumulador. En la actualidad este tipo de alternador substituyó al dinamo, en los vehículos, ya que brindan mayor potencia con el mismo peso, y con la ventaja extra para usos en SCEE de que operan en un marco más amplio de revoluciones, teniendo poco mantenimiento ya que reciben la corriente inductora en la parte matriz, mediante dos anillos completos que son rodeados por las escobillas y por los que pasan solo bajas intensidades.

La frecuencia en estos alternadores depende de la velocidad de rotación, y funcionan de manera regular por lo que pueden conectarse en paralelo con la red, o bien alimentando sistemas autónomos tal como se requiere en el presente trabajo.

En las máquinas eléctricas rotativas, utilizadas para la generación eléctrica, a mayor número de polos, se requiere un menor número de revoluciones, y como el rotor proporciona un bajo número de revoluciones comparado con los motores tipo, usados en la industria o transporte. Sería muy conveniente utilizar uno de esta clase, porque se evita el uso de sistemas multiplicadores de revoluciones. Solo que el de menor costo encontrado internacionalmente aplicable al proyecto (3 Kw.) tiene un precio 9 veces más alto que el que se pretenda utilizar, por lo que no es viable, aún teniendo que aplicar un sistema multiplicador en el caso del generador de altas revoluciones.

Estamos acostumbrados a las rápidas transformaciones tecnológicas que optimizan o reducen costos en sistemas convencionales. Un serio beneficio en la eficiencia de los sistemas de generación, almacenamiento y distribución eléctrica, se espera, gracias a los superconductores. El desarrollo de estos, nos prometen una eficiencia mayor en la conducción eléctrica; lo cual bajará los costos de operación, solo hay que esperar un poco. Así como dar tiempo al mayor desarrollo de las cintas metálicas amorfas para la fabricación de diferentes componentes eléctricos y electrónicos, sobretodo su aplicación a núcleos de transformadores, y así utilizar estos dispositivos para mejorar el presente aerogenerador.

La electrónica ha provocado un cambio severo en la vida de los ciudadanos; y principalmente en aquéllos que radican en las grandes urbes. Toda la industria se ha visto afectada de una u otra manera, por ella y su tendencia a la miniaturización.

Dicha miniaturización es una gran ventaja para diseñadores, fabricantes, comerciantes y usuarios; en la reducción de los anteriores grandes volúmenes; que dada la disminución espacial a la que nos vemos sometidos en las ciudades de alta demografía principalmente, nos beneficia eliminando grandes áreas y costos de almacenamiento. La reducción del volumen lleva consigo la reducción cuantitativa de materiales cuestión vital en la economía.

La disminución en peso influye y optimiza los costos de transporte en todos niveles, así como la notable influencia reductora en estructuras para protección o contención. De esta manera la electrónica ha permitido un manejo más sencillo, menos riesgoso, que otorga una deseable función a un menor precio entre otros aspectos de sus múltiples ventajas.

Por los motivos anteriores, es muy motivante el uso de la electrónica, y más cuando se cuenta con una diversidad enorme de componentes y calidades para diferentes usos y funciones específicas.

Para su aplicación en esta tesis fué necesario efectuar un diseño electrónico, fabricar el prototipo y exponerlo a prueba, ya que algunos requerimientos para ella los encontramos en el mercado de importación con una versatilidad mayor a la requerida y a un precio demasiado elevado; refiriendome al caso del inversor, rectificadores, filtros etc. para obtener el tipo de onda de salida deseada en corriente alterna.

El diseño se efectuó de tal manera que consta de módulos electrónicos, que se integran a un sistema pero que son independientes unos de otros. Así en el caso de que alguno fallara pudiera ser reemplazado rápida y fácilmente por otro, es decir por ejemplo: se retira un módulo (una cajita) deteriorado y se deposita en su lugar otro idéntico pero nuevo, sin necesidad de hacer conexiones ya que el contacto es por medio de zapatas.

El tamaño y peso de los módulos se diseñó en base a la antropometría humana así como también se tomó en cuenta la semiótica, para que la misma lógica sea la que permita al usuario efectuar los cambios de los módulos.

VENTAJAS DEL SISTEMA ELECTRONICO PROPUESTO

- El costo es más del 100% abajo del usado por la competencia.
- Su reparación es muy sencilla
- Su manejo y operación es totalmente automática.
- Regula a su vez el paro total del rotor
- El volumen y peso son muy bajos
- tiene buena ergonomía
- tiene buena semiótica
- Se evita el problema de toques
- Requiere de muy pocas conexiones
- La unión de las dos cajas (vease planos) es muy rápida y sencilla basta con colocar la caja menor en la mayor y empujarla hacia atrás (solo en caso de reposición de la primera)
- Las piezas de las que se prevé pocas reparaciones y larga vida, se colocaron en una caja distinta a las que su vida útil es menor, para solamente reemplazar de manera rápida las últimas por un repuesto.

La velocidad del viento, al no ser constante, impide un suministro continuo de energía eléctrica, sin embargo; la irregularidad de la demanda eléctrica, complica aún más esta situación, por tales circunstancias es menester el almacenamiento de energía eléctrica, para ser acumulada en los momentos de operación del sistema de generación y que esté disponible en cuanto surja la demanda.

Debido a los problemas de almacenamiento de electricidad, no vemos por las calles autos eléctricos, esto da una clara idea de la necesidad de investigación y desarrollo en este campo.

Actualmente las compañías eléctricas se ven presionadas al tener que cubrir fluctuaciones en la demanda de hasta un 50 % del consumo estabilizado, cosa que sería sencilla si el almacenamiento de la energía eléctrica como tal lo fuera. Pero esto no es costoso por el momento; por ello, se recurre a otros sistemas generadores, llamados plantas cíclicas, (gas, petróleo, carbón e hidrobombas) que inician su funcionamiento cuando, la demanda aumenta y la generación estabilizada no alcanza a cubrirla.

En la siguiente tabla menciono los sistemas de almacenamiento más interesantes y los aplicables al proyecto.

Almacenamiento

SISTEMA	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO				
HIDRO-BOMBEO	Utiliza los excedentes eléctricos, en periodos de baja demanda para aprovecharlos para bombear agua a lugares de mayor altitud, para que en el momento que se incrementa la demanda y se necesita un suministro extra, el agua fluya de mayor altitud a menor, moviendo una turbina para generar electricidad.	70-75%	(1)(14)	CALOR LATENTE	Para el aprovechamiento del calor sensible; generalmente se utiliza aceites especiales, metales fundidos como el sodio, o simplemente el agua aunque ésta es más económica no es tan eficiente como los materiales anteriores. Para el aprovechamiento de calor latente se utilizan generalmente sales fundidas como la sal de Glauber, cuya capacidad de acumulación es adecuada.	65-75%	
EDMEO SUBTERRANEO	Las grutas y cavernas subterráneas, podrían ser muy útiles para el almacenamiento hidráulico, ya que la diferencia de niveles entre la superficie terrestre y el subsuelo, es bastante considerable, y tiene la ventaja de que no se necesita realizar revestimientos ni obras de muelle costosas de ingeniería civil y topográfica. La caverna contiene el agua, y mediante una bomba se eleva a nivel de la superficie donde se encuentra un depósito, del cual cae por gravedad el agua y acciona una turbina que se localiza un poco más alto del agua de la gruta y posteriormente se produce electricidad. La tecnología de excavación está muy desarrollada y se cuenta con elementos para controlar la permeabilidad y resistencia del suelo, por lo que en un futuro muy cercano, se construirán plantas con este sistema, existiendo hoy en día un proyecto sobre ello desarrollado por Potomac Electric Power Company.	70-75%	(1)(13)	VOLANTE DE INERCIA	Es un procedimiento mecánico, y opera acelerando un volante inercial, que gira en perfectas condiciones antifricciónantes, y que está acoplado a un generador eléctrico (o bomba si se requiere trabajo mecánico) que transforma la energía mecánica del volante, en eléctrica produciendo a este primer paso una reducción muy significativa de velocidad.	70-85%	(1)(12)
AIRE COMPRIMIDO	Cuenta con la tecnología, y de hecho, una planta opera en Hunfort Alemania Federal y consiste, en acumular en depósitos o cavernas (montañas de sal) aire comprimido, para aprovecharlo posteriormente en un turbina y generar electricidad. El sistema se optimiza utilizando calor en los momentos precisos. Por ello ya se han desarrollado técnicas para aprovechar la geotermia (zonas volcánicas) o calor residual.	70-75%	(1)(11)	BATERIAS DE GAS	Dentro de las formas de almacenamiento de energía, que utilizan la combustión y que es aceptada por los ecologistas, es la quema de hidrógeno pues no desprende CO ₂ . La obtención del hidrógeno se puede llevar a cabo mediante procedimientos electrolíticos. Justamente a la inversa de la electrolisis, o bien por descomposición térmica de algunos hidrocarburos metánicos, acetos (Metanoceano) o agua. El almacenamiento de hidrógeno se puede llevar a cabo en fase sólida o líquida para quemarse o utilizar baterías de gas, éstas últimas funcionan cuando el gas. Las primeras operan cuando se abastecen el polo negativo con hidrógeno, y el positivo con oxígeno combinándose para formar agua y generando corriente eléctrica. Estas baterías solo se han experimentado en proyectos especiales.	80%	(1)(10)

Almacenamiento



CAMPOS MAGNETICOS

Una esperanza a futuro para el almacenamiento eléctrico, consiste en almacenar energía en forma de campos magnéticos creados por bobinas superconductoras, lográndose reducir la resistencia.

75-85%

Si efectuaráramos un análisis para encontrar la capacidad óptima desde el punto de vista económico de los sistemas anteriores, notaríamos que el rango es muy variable pero que siempre estaríamos hablando de megawatts hora, con excepción de los volantes de inercia cuyo rango comprende entre los 10 y 15 kilowatts hora. En este proyecto ni siquiera necesitamos el almacenamiento de una decena de KWH, por lo que para el caso de las pequeñas turbinas o turbinas de baja potencia, el sistema más adecuado en cuanto a precio del Kw, costo de instalación y operación, seguridad y eficiencia, lo representa el uso de baterías, por lo cual se explicará con mayor profundidad que los sistemas de almacenamiento antes expuestos.

Con la utilización de las baterías, fácilmente se cae, en la compra de aquellas de mayor garantía y menor costo, pero no precisamente éstas resultan siempre ser las más económicas respecto a su costo anual, pues se puede obtener un periodo de vida muy reducido de la batería con un mantenimiento problemático y en exceso.

Las baterías más utilizadas son las de plomo ácido que se emplean en la industria automotriz, con rendimientos del 80 %, y la desventaja de que no soportan adecuadamente los ciclos completos de carga y descarga. La eficiencia de dichas baterías consta de un electrodo positivo de dióxido de plomo, uno negativo de plomo esponjoso y ácido sulfúrico diluido como electrolito, y su vida útil aproximada en la industria automotriz es de alrededor de 5 años con buen mantenimiento y buena calidad.

La desventaja que presentan las baterías anteriores, disminuye con la utilización de las baterías alcalinas, pues responden mejor a las descargas y cargas profundas. En realidad son más costosas pero su vida útil es más amplia, de alrededor de 10 años. Dentro de las más comunes de éste género se encuentran las de níquel-hierro o las de níquel-cadmio, diferenciándose ambas en que la primera tiene el electrodo negativo de hierro y la segunda de cadmio, sumergidas ambas en un electrolito de hidróxido de potasio. El volumen de estas baterías es mayor que las de plomo ácido pero su peso es menor.

Descripción	Watts por kilogramo	costo	vida en ciclos
Plomo-ácido	30-35	bajo	500-1500
Níquel-cadmio	24-42	medio	2000
Níquel-zinc	80	medio	200
Plata-cadmio	75	alto	600
Azufre-sodio	220-340	bajo	
Gas	400-1000	alto	

Por las razones anteriores es más recomendable el uso de las baterías de plomo ácido o las alcalinas, la ventaja de las primeras es que están ampliamente comercializadas y se encuentran disponibles en todo el territorio, suerte que no comparten las alcalinas aunque son mucho más recomendables.

Almacenamiento



La cantidad de acumuladores que se van a utilizar para cada aerogenerador, se calcula en base a la relación del tiempo de la demanda y del tiempo de mayor generación (hora del día), a las condiciones climatológicas del lugar, pues en casos habrá que prever el número de días sin viento adecuado y con demandas, es decir cada caso es especial y como tal se calculará.

Algunas recomendaciones para el almacenamiento son : la sobredimensión de las baterías, para evitar sobrecalentamientos, para aumentar su vida útil, para la obtención de ciclos más superficiales. Así como utilizar rejillas gruesas en la batería ya que extienden su vida útil. No se deben mezclar baterías recientes con antiguas, y por ellas debe existir circulación de aire.

La distribución de electricidad se lleva a cabo con la misma infraestructura y en las mismas condiciones que la distribución tradicional, lo cual no implica problemas de adaptación ni tecnología fuera del alcance de lo cotidiano, ahorrándose así recursos en varios aspectos.

La distribución de la electricidad se puede llevar a cabo con la misma instalación tanto para distribuir corriente eléctrica alterna como para directa, lo único que cambia es el tipo de objetos a conectarse, pues están adaptados para trabajar de tal o cual manera, aunque existen productos comerciales que operan con ambas corrientes indiferentemente, aunque de comercialización restringida y encontrándose poca variabilidad de productos.

En lo concerniente a ciertos factores ergonómicos y principalmente de mantenimiento, se puede decir que algo muy recomendable en el tipo de batería a usar es que la caja sea translúcida o transparente, de esta manera aseguramos que el nivel de electrolito es

totalmente visible; y con ello el usuario se da cuenta de cuando sea necesario agregar agua al electrolito, ya que si se permite el uso de la batería cuando el nivel de fluido es bajo, sólo se expone al gas a una parte de las placas, y con ello entramos en pérdida, pues la capacidad de la batería en porcentaje que se desperdicia en porcentaje es igual a la superficie en porcentaje de las placas expuestas.

Si abordamos el tema de seguridad en las baterías notamos que las cajas o contenedores fabricados de polipropileno o policarbonato tienen mayor tiempo de vida y resisten más el manejo pesado, aunque es claro que por un tiempo, no las vamos a conseguir en lugares alejados de los centros importantes de los estados de la República, pero con el tiempo y la calidad de estas baterías en comparación con otras, su distribución será muy basta, hoy en día las encontramos ya en algunas marcas comunes de motocicletas, y bien, esto ya es un buen principio.

Como lo más cotidiano es encontrar baterías de plomo ácido, se deben tener ciertas medidas de seguridad, pues sabemos bien que estas baterías presentan gran capacidad de corriente a corto circuito, como ejemplo del alto riesgo que se corre podemos asegurar que : una batería pueda producir 10 veces su capacidad para 8 horas, esto contiene la suficiente energía para fundir terminales, extensibles, anillos, por lo anterior y como medida preventiva en el manual del usuario y con calcomanías in-situ se indicara el uso de herramientas aisladas para trabajar con ellas.

El electrolito de las baterías de plomo ácido, contiene ácido sulfúrico, lo cual es siempre un riesgo para la piel y principalmente los ojos, de lo cual también se advertirá su riesgo y manejo en dicho manual.

Distribución

Almacenamiento



En resumen y anticipando el futuro, hasta antes de la comercialización de los superconductores, lo recomendable para el almacenamiento de electricidad es el uso de baterías, por lo cual es recomendable:

El uso de rejillas gruesas pues aumenta la vida de las baterías, y presenta mayor resistencia por daños en sobrecargas. Mantener elevada la densidad del electrolito para obtener mayor protección a la congelación y una capacidad mayor. Como se desea una batería de larga vida debe incluir dispositivos que retengan pasta en las placas positivas. Para seguridad del usuario las celdas deben incluir ventilas con extinción de flama.

Debido a los requerimientos ergonómicos de seguridad se buscó el tipo de batería en el cual solo debe agregarse agua destilada, que no presenta ningún riesgo al contacto con el usuario; como único mantenimiento requerido para el almacenamiento en baterías.

El estudio de la antropología ha hecho necesario, su división en dos especialidades. La antropología cultural, cuyo objeto es el estudio del hombre como productor y miembro de una cultura, así pues, la integran la arqueología, la etnología y la lingüística antropológicas. La otra división que nos está directamente es la antropología biológica, la cual ha creado la ergonómia, que a su vez está fuertemente apoyada por la antropología física que investiga sobre la variabilidad y evolución biológica interrelacionadas con el medio.

Desde 1945, fecha en que nace oficialmente la ergonómia, se concibió como materia interdisciplinaria en la que encaja la psicología, las matemáticas, la fisiología y la sociología entre otras.

La ergonómia no es más que el estudio y aplicación de las leyes que relacionan al ser humano con su entorno de trabajo, incluyéndose para ello todo lo relacionado al ambiente: factores humanos y sociales que proponen medidas preventivas y correctivas para lograr la mayor adaptación del sujeto al objeto.

Cada paso que se dio en el desarrollo del diseño del aerogenerador, fue analizado para que cada dimensión y peso de las interfaces y piezas del sistema estuvieran acordes con la capacidad óptima del cuerpo de los ciudadanos mexicanos en su mayoría, para que sea transportado, instalado y operado por los mismos usuarios adultos cuyos estudios excedan el nivel de secundaria, o bien por el fabricante o distribuidor.

Se caracterizaron los aspectos psicológicos y funcionales que concluyeron en la forma, color y textura que presentan los componentes y aerogenerador en sí, con el motivo de que sea atractivo el producto para el comprador, y que esté motivado para utilizarlo; para que no se pierda visualmente en el contexto en cualquier época del año, para que el aerogenerador posea una semiótica clara y tenga un carácter definido.

Se pensó en adecuar y en su caso mejorar las condiciones de trabajo para prevenir enfermedades por: malas posturas, por carga de peso excesivo, o simplemente por una actividad muscular inadecuada. También se trató de economizar en lo posible todo lo referente a tiempos y movimientos, para evitar la baja motivación del usuario al entrar en contacto con el generador eólico.

La experiencia mundial en los accidentes o daños provocados por el subsistema eléctrico fueron analizados ampliamente y en su caso prevenidos en lo posible, en el presente diseño.

Todos los movimientos realizados por el cuerpo del individuo para instalar, mantener, reemplazar, operar y demás actividades a ejecutar en el sistema, no exceden al máximo movimiento angular óptimo.

Las interfaces son sencillas y adecuadas, para ser utilizadas por personas de mediano nivel de conocimientos.

Para dar la sensación de seguridad y comodidad al ejecutor, se cuidaron todos los detalles importantes, (peldaños para subir a la torre; distancia vertical entre ellos, largo del peldaño, dobles para evitar resvalos, diámetro del peldaño para asirse con las manos, asiento, etc.) y se pulieron en el diseño obteniendo un punto adecuado en lo posible dentro de los objetivos en relación costo eficiencia.

ERGONOMIA

ASPECTOS ERGONOMICOS GENERALES

Para llevar a cabo el análisis ergonómico se dividió el aerogenerador en 3 subsistemas.

- rotor
- manejo y generación eléctrica
- orientación estructura y freno

Se tomaron 24 aspectos que se consideraron importantes para tal análisis, y se aplicaron a cada pieza del aerogenerador.

GENERALES, MANTENIMIENTO Y OPERACION

- 01 peso
- 02 textura
- 03 color
- 04 ángulos y cantos cortantes
- 05 volumen para movimientos
- 06 facilidad de ensamble y armado
- 07 limpieza
- 08 mediciones
- 09 ajustes
- 10 reemplazo de partes
- 11 lubricación
- 12 inspección y pruebas
- 13 golpes
- 14 abrasión
- 15 interfases
- 16 fuerza para armado y reemplazo
- 17 alturas, anchos, largos y espesores en relación con la antropometría.
- 18 agentes químicos
- 19 materiales
- 20 seguridad, machucones y rasguños
- 21 ruido
- 22 vibraciones
- 23 radiaciones
- 24 posiciones y movimientos forzados o fatigosos.

ASPECTOS ERGONOMICOS DEL ROTOR

1 PESO

aspas c/u +- 8 kg...	24.0 kg acero
cabeza completa.....	4.5 kg acero
ejes 3.2m c/u.....	9.60 kg acero
rigidizadores.....	2.50 kg acero
porta ejes.....	3.60 kg acero
nariz.....	1.20 kg acero
flecha.....	11.00 kg acero

cables..... 1.0 kg acero

total..56.8 kg acero

2 TEXTURA

No es imprescindible la textura, para un buen agarre de las aspas ya que por semiótica y lógica, se tomará de los rigidizadores y eje para efectuar los movimientos necesarios, o bien se abrazará tomando los alabes por los laterales de mayor longitud, los cuales no presentan el filo, pues están doblados hacia el exterior, no así al interior pues se modificaría aerodinámicamente el aspa, además de tener una intención extra de tipo funcional, para dar por geometría mayor estructura al aspa, y reducir la cantidad de material para lograr el mismo objetivo.

A la nariz no se le dio textura extra, porque tiene las tras salientes que provocan que no se resvale de las marcas.

La cabeza tiene una superficie rugosa (del acabado natural de la fundición en arena), para dar agarre al asarla, y que no se le resvale al usuario, el acabado totalmente liso no es conveniente además de las razones ya expuestas, porque los costos se incrementarían demasiado y para el balanceo de la pieza no es imprescindible un muy alto control de calidad en el maquinado, en el presente diseño, ya que es más económico suministrarle peso adicional donde lo requiere dicha pieza.

Los ejes y los rigidizadores llevan la textura del acabado, y no existen razones ergonómicas suficientes para cambiar dicha textura por otra.

3 COLOR

Se maneja un color alegre y claro para que al usuario no presente algún rechazo al cogerlas cuando estén calientes por la fuerte radiación solar. El color blanco además es conveniente para perceptualmente aligerar tales volúmenes, y que al usuario no le asuste el tener que bajarlas.

ASPECTOS ERGONOMICOS

MANEJO Y GENERACION ELECTRICA

01 PESO

polea chica.....	0.8 kg.
polea grande.....	4.4 kg.
polea mediana.....	2.0 kg.
banda chica.....	0.4 kg.
banda grande.....	0.3 kg.
flecha chica.....	0.5 kg.
chumaceras chicas.....	0.8 kg.
chumaceras grandes.....	1.4 kg.
armazón con placa base.....	12.1 kg.
abrazaderas.....	0.6 kg.
ajustador de bandas.....	0.3 kg.
generador eléctrico.....	11.7 kg.

total.....35.2 kg.

sistema electrónico.....6.5 kg.

total.....41.7 kg.

02 TEXTURAS

Los elementos son lisos, se mantiene su textura original, no es necesario adicionar texturas para aspectos ergonómicos.

03 COLOR

La transmisión como no es visible en condiciones de operación, no requiere un estudio de color, sin embargo por efectos de semiótica todas las piezas de ella llevan el mismo color. Solo hay una excepción y es la carcaza que si es visible desde el suelo y tendrá familiaridad con las demás piezas visibles del aerogenerador.

04 ANGULOS Y CANTOS CORTANTES

No se presentan ángulos ni cantos cortantes en las piezas comerciales, solo se redondearán y limarán: el armazón, el eje de giro, y el ajustador de bandas.

05 VOLUMEN PARA MOVIMIENTOS

El volumen del generador, la caja de transmisión y el armazón, son considerables, pero sus dimensiones no causan problema para su traslado y manejo, mas si su peso, por lo que para subir y bajar piezas desde la torre se usa la flecha grande como si fuera una polea, pues sería erroneo que se subiera o bajara por la torre, acarreado piezas voluminosas o pesadas.

Para el mantenimiento, se levanta la tapa de la carcaza y se realiza, no se necesita bajar el subsistema de generación, a menos que sea para el reemplazo de ciertas piezas, lograndose al bajar cada pieza por separado.

Para transportar las piezas por separado, cada una

está diseñada para poderse bajar por medio de la flecha a manera de polea o de la bolsa de ésta.

06 FACILIDAD DE ENSAMBLE Y ARMAO

Se ensambla en tierra y se instala el SCEE, para posteriores armados y desarmados por composturas, es muy sencillo, y para ello se sugiere ver la sección de instalación, reparaciones y removido del sistema.

El sistema electrónico viene ensamblado de fábrica y lo único que falta es conectar el cable al generador y al almacenamiento que es mediante simples enchufes, así como realizar la conexión inter acumuladores es con cable de manera convencional misma que se realiza muy facilmente.

07 LIMPIEZA

Las superficies son lisas y la acumulación de polvo, no se prevée pues el mismo viento se encarga de removerlo, no se mojan las piezas internas ya que las carcazas las cubren totalmente.

La parte inferior interna de la carcaza va cubierta con un paho que permite el paso del aire pero no deja entrar insectos ni aves para anidar en el interior, es muy desagradable abrirlo y ver un pájaro dentro.

08 MEDICIONES

Ninguna

09 AJUSTES

Solo se llevará a cabo, si se reemplazan partes muy críticas, pero ésta se lleva a cabo en talleres calificados o en fábrica.

10 REEMPLAZO DE PARTES

Se llevan a cabo in situ cambiando las nuevas por las descompuestas, a excepción del generador que se tendrá que llevar a un taller calificado para su arreglo

En la sección de reparaciones y retirado total o parcial del aerogenerador se narra la manera del reemplazamiento de partes. Así en esta sección solo será necesario reemplazar en su caso, los carbonos del generador, las bandas, y si acaso las chumaceras.

11 LUBRICACION

Cada determinado tiempo se lubricaran las chumaceras (4), y las terminales de los acumuladores si se quiere.

INSPECCION Y PRUEBAS

Cada 5 años se verificará cada parte de la transmisión y si no hay fallas o desgastes del generador o en los rodamientos.

13 GOLPES

Se tendrá cuidado con no torser la flecha ni causar algún desajuste por golpes a los mecanismos ni falsos o malos contactos eléctricos

14 ABRASION

Todas las piezas están tratadas con recubrimientos especiales, o se encuentran en un medio innocuo, para evitar la baja disposición de contacto por el usuario.

15 INTERFASES ELECTRICAS

Las conexiones de contacto eléctrico son tres: La primera entre el cable que baja de la torre y llega al sistema electrónico, la segunda entre el cable de los acumuladores y el sistema electrónico, y la tercera es la conexión entre el generador y el cable que baja por la torre.

16 FUERZA PARA ARMAO Y REEMPLAZO

Considerable cuando en la parte superior de la torre se remueve el armazón o el generador, siendo el momento máximo el peso el generador o el armazón por la distancia del brazo humano, como el generador se sujeta a la polea, y el armazón se sujeta al peldahó, ésta fuerza no excede al 90 percentil de los mexicanos, jóvenes y adultos, fuertes y sanos.

17 ALTURAS, ANCHOS, LARGOS Y ESPESORES

Ya vienen dados por razones de funcionamiento y estructura, pero no son en ningún momento inadecuados para los factores ergonómicos y de antropometría

18 AGENTES QUIMICOS

Al dar el mantenimiento se tendrá cuidado con el contacto de la piel o los sentidos con el aceite, cosa que no es en lo absoluto peligrosa.

19 MATERIALES

En su totalidad son metales y plásticos.

20 SEGURIDAD MACHUCONES Y RASGUNS

Se debe hacer cada movimiento dentro de éste subsistema con mucho cuidado para asegurarse de evitar machucones, rasguros etc. Todo está diseñado para que no ocurra ningún problema de seguridad siempre y cuando se tome conciencia del trabajo que se está realizando.

21 RUIDO

Ninguno notorio en esta sección.

22 VIBRACIONES

La vibración más significativa de este subsistema, se encuentra en el juego que ocasiona el armazón dentro del balancín al frenarse el sistema pero en el diseño esto se evita con resortes, otra vibración es la producida por flechas en el armazón, pero tampoco afectan al operario.

23 RADIACIONES

Ninguna.

24 POSICION Y MOVIMIENTOS FORZADOS

El, pero se evitan al transportarse los principales componentes del subsistema por separado, con lo cual estos movimientos forzados y difíciles disminuyen.

Aspectos humanos



55

Centro de los colores claros, no es conveniente un color blanco mate para todo el aerogenerador, pues en invierno en las zonas de nieve, no se distinguiría, lo mismo ocurre con el amarillo en otoño, y el verde en las demás épocas del año. Al ser blanco la reflectancia no es tan drástica, pues aunque en algún momento es molesto para el usuario, las reparaciones y mantenimientos son mínimas.

La forma y el color están encaminados a que el producto exprese ligereza, seguridad, buena calidad, moderno, resistencia...

4 ANGULOS Y CANTOS CORTANTES

Los extremos de las aspas presentan los ángulos redondeados por razones tanto ergonómicas (evitar cortadas al usuario), como de prevención de cambio de forma, en las zonas de mayor probabilidad de ésta producidos por la alta resistencia al viento.

La nariz tiene los cantos redondeados de todas las aristas, para evitar raspones o cortadas al usuario, lo mismo ocurre con la parte externa de la cabeza y su tapa.

5 VOLUMEN Y MOVIMIENTOS

El volumen de las aspas son adecuadas para la antropometría humana, si bien son grandes está diseñadas para que las pueda movilizar dos personas en piso y tres al instalar o reparar.

Las demás piezas son muy fáciles de movilizar.

6 ENSAMBLE Y ARMADO

Está diseñado para que el ensamble, armado, o el reemplazamiento del sistema sea llevado a cabo por tres personas, y de una manera muy rápida.

7 LIMPIEZA

Todas las superficies son lisas, previstas para que no se acumule polvo ni líquidos, y no requieran de limpieza.

La cabeza y su tapa presentan rugosidad, mas esta no es tal que impida al viento y a la lluvia limpiarlas.

8 MEDICIONES

no se requieran

9 AJUSTES

Las piezas vienen balanceadas y numeradas de fábrica, desmontadas listas para su fácil ensamble, por lo que se requiere únicamente colocar adecuadamente y apretar fuertemente los tornillos.

En caso de que la tornillería se afloje en cualquier pieza del rotor solamente tendrá que apretarse.

10 REEMPLAZO DE PARTES

Para el reemplazo de partes es necesario extraer

por separado cada aspa, por lo que es decisivo que cada una esté sujeta a una parte de la cabeza, quedando independiente de las otras dos aspas, y de la tapa de la cabeza.

La reparación de las aspas se llevará a cabo en tierra por lo que se separan una a una de la cabeza y se bajaran de una en una.

Debido al peso de cada aspa, se deberá colocar en la flecha grande para lo cual se requiere que otra persona se encargue desde el piso de bajarla con la cuerda.

La cabeza se bajará a tierra, habiendo quitado las aspas y quitandola de la flecha, (probabilidades sumamente remotas de necesidad de reemplazo de la cabeza, tapa o nariz)

11 LUBRICACION

No se requiere

12 INSPECCION Y PRUEBAS

Cada 5 años se revisará el sistema, por un técnico especializado, para revisar si el desgaste de piezas requiere del reemplazo o corrección de las mismas.

13 GOLPES

Las aspas se manejarán con sumo cuidado pues un golpe severo en ellas podría cambiar su configuración aerodinámica, y provocar no solo la pérdida de eficiencia en el rotor sino además la producción y aumento de fuerzas indeseables en el sistema.

14 ABRASION

La abrasión es un elemento molesto que afecta psicológicamente a los usuarios y como el rotor es parte esencial del SCEE, no debe por ningún motivo, erosionarse notoriamente, por lo cual las piezas están tratadas con acabados especiales, se deberá aplicar pintura si en la revisión hecha por el técnico calificado lo amerita.

15 INTERFASES

No existen.

16 FUERZA PARA ARMADO Y REEMPLAZO

Se debe ato nillar fuertemente toda la tornillería, dicha fuerza no rebasa el 90 percentil de los mexicanos jóvenes y adultos sanos.

17 ALTURAS ANCHOS ALTOS Y ESPESORES

Las piezas están dimensionadas además de estructural y funcionalmente, adecuadas a la medida de la mano, siendo un diámetro conveniente al eje de 1 3/4", y un diámetro de cabeza de 30 cm. etc.

18 AGENTES QUÍMICOS

Ninguno.

19 MATERIALES

Son metales, por lo cual son materiales que varían termicamente, según las condiciones climáticas y de insolación del lugar, sin embargo no están pintadas de oscuro, para que en caso de contacto del usuario con ellas, la temperatura no sea causa para que el trabajo necesario por parte del operario no sea llevado a cabo.

20 SEGURIDAD, MACHUCONES Y RASGUÑOS

Si se efectúa el trabajo con cuidado no hay riesgos, ya que no se eliminaron aquellos espacios críticos riesgosos

21 RUIDO

Si bien es cierto que las aspas van a producir ruido sobretodo al pasar por la torre, no presenta ningún inconveniente para los usuarios, ya que se instala el aerogenerador alejado varios metros de la casa. Por tal se evita que el sonido emitido sea molesto, dicho sonido no causa ningún daño al usuario o por lo menos en la investigación al respecto no se encontraron datos de ello.

22 VIBRACIONES

Existen muchas fuerzas físicas indeseables que se manifiestan como vibraciones en el sistema, pero esto no afecta directamente en la ergonomía, ya que el usuario tiene muy poco tiempo en contacto directo con el sistema, esto implica solo el tiempo destinado al mantenimiento, por lo que no tiene grave importancia, además de que esta vibración es apenas perceptible por el usuario.

23 RADIACIONES

El reflejo de los rayos solares en las aspas o la cabeza, es notorio solamente cuando se ve el sistema directamente, por lo que, no es de severa importancia. Cuando se da el mantenimiento es cuando sería quizá un poco molesto, pero no tiene tanto peso como para utilizar una pintura mate, pues importa más la apariencia estética, dada por una sensación de buen mantenimiento, y de rápida localización del SCEE, que se logra fácilmente utilizando un acabado reflectante y muy intenso.

24 POSICION Y MOVIMIENTOS FORZADOS Y/O FATIGADOS

La posición más fatigosa es cuando se colocan y se extraen las aspas del sistema ya instalado. Pero esto no causa problemas relacionados con la ergonomía, dado que se analizaron los movimientos y se encontró que todo se resolvía al utilizar las dos manos, para la operación, quedando el sujeto colgado o sostenido por un asiento o cinturón.

El momento mayor (F)(D) producido por el aspa en el brazo no es excesivo ya que va sostenido por la flecha grande que actúa como polea.

Aspectos humanos



56

ERGONOMIA
SUBSISTEMA DE ORIENTACION
ESTRUCTURA Y FRENO.

01 PESO

eje de giro.....10kg.
Veleta.....16kg.
eje de la veleta.....1 kg.
tornillos de sujeción.....0.3 kg.
base giratoria.....6.5 kg.
rodamiento de carga.....0.6 kg.
porta rodamiento.....2.0 kg.
conmutador.....0.9 kg.

total.....21.3 kg.

02 TEXTURA

Lisa, tal cual es el acabado del material al natural.

03 COLOR

Sólo van pintados (para prevenir la capa de óxido) con primario y uretano de color vistoso la veleta y eje de la veleta, ya que las demás piezas no se ven.

04 ANGULOS Y CANTOS CORTANTES.

Van pintados de blanco por limpieza y moda, la veleta lleva además colores, formas alegres y dinámicas para que se le antoje al usuario estar en contacto con él y no su rechazo.

05 VOLUMEN PARA MOVIMIENTOS

Todos son fáciles de maniobrar, aunque la veleta y su eje son pesados; el operador se ayuda ya que están sujetos con un cable a los operarios del nivel del suelo.

06 FACILIDAD DE ENSAMBLE Y ARMADO.

De fábrica viene colocado el balancín con el rodamiento dentro de su soporte listo para instalarse en el tubo de la torre. También por separado se encuentra la veleta de orientación unida a su porta veleta lista para instalarse, los ensamble son rápidos y sencillos; se colocan la piezas sobre el tubo de la torre, alineando los barrenos en ambas piezas y se aprietan los tornillos que las sujetan.

07 LIMPIEZA

no se requiere, el viento se lleva, el polvo de las superficies horizontales y se evitaron lugares críticos para la inserción de polvos y basuras.

El agua no entra al sistema, por lo que no se generan lodos. (está cubierto por la carcasa).

08 MEDICIONES

ninguna

09 AJUSTES

ninguno

10 REEMPLAZO DE PARTES

Se debe desconectar primero el generador del cable de la torre, después ya se realizan los reemplazos necesarios así: los carbones se cambian periódicamente, para lo cual se suelta la tapa de portacarbones se extraen los resortes con los carbones viejos, y se colocan los nuevos resortes con sus respectivos carbones.

Al quitar la tapa, como está desconectado el generador, se puede tocar los carbones y resortes, sin ningún peligro de toques.

En el caso de que se rompa algún perno de agarre o cable, solamente se reemplazará siguiendo las instrucciones de la sección de reparaciones y retiro del sistema.

Ningún reemplazo es problemático o poco accesible.

11 LUBRICACION

No se requiere, la única pieza que lleva grasa es el balero pero como es del tipo sellado, no requiere de lubricación, por lo que el operario no se engrasa pues podría resbalarse al bajar por la torre.

12 INSPECCION Y PRIEBAS

Cada cinco años se revisará cada una de las piezas el rodamiento y los resortes, esto es muy sencillo y lo lleva a cabo una persona capacitada para ello.

13 GOLPES

no afectan críticamente

14 ABRASION

Las partes tanto visibles desde el piso como las que no lo son están tratadas.

15 INTERFACES

La tapa de los carbones, que está diseñada esprofeso para evitar al usuario cualquier daño por causa eléctrica, y está diseñado según la antropometría de la mano.

16 FUERZA PARA ARMADO Y REEMPLAZO

Convencional equivale al 90 percentil de los mexicanos jóvenes y adultos sanos.

17 ALTURAS ANCHOS LARGOS Y ESPESORES.

Dados por función, estructura, y antropometría, son totalmente adecuados a las manos y demás medidas del cuerpo implicadas en ello.

18 AGENTES QUIMICOS

Ninguna

19 MATERIALES

Plástico, zinalco y acero.

20 SEGURIDAD MACHUCONES RASBUHOS

nada en especial

21 RUIDO

No se presenta

22 VIBRACIONES

no se presentan en gran escala.

23 RADIACIONES

no se presentan

24 POSICIONES Y MOVIMIENTOS FORZADOS

Ninguno extremo, todos caen en el 90 percentil.

Aspectos Humanos

Continuando con los aspectos ergonómicos, pero ahora enfocados al manejo del equipo en sus diversas fases, expongo a continuación una síntesis de las mismas.

- FABES:
- = Traslado del equipo
 - = Instalación
 - = Operación
 - = Mantenimiento
 - = Reparaciones incluye:
 - = Eventualidad de fallas
 - = Posibles fallas y sus reparaciones en:
 - = Rotor
 - = Sist. de transmisión y generación
 - = Sist. de freno
 - = Estructura
 - = Sist. electrónico
 - = Alineamiento
 - = Viento excesivo
 - = Retirado del equipo

ERGONOMIA

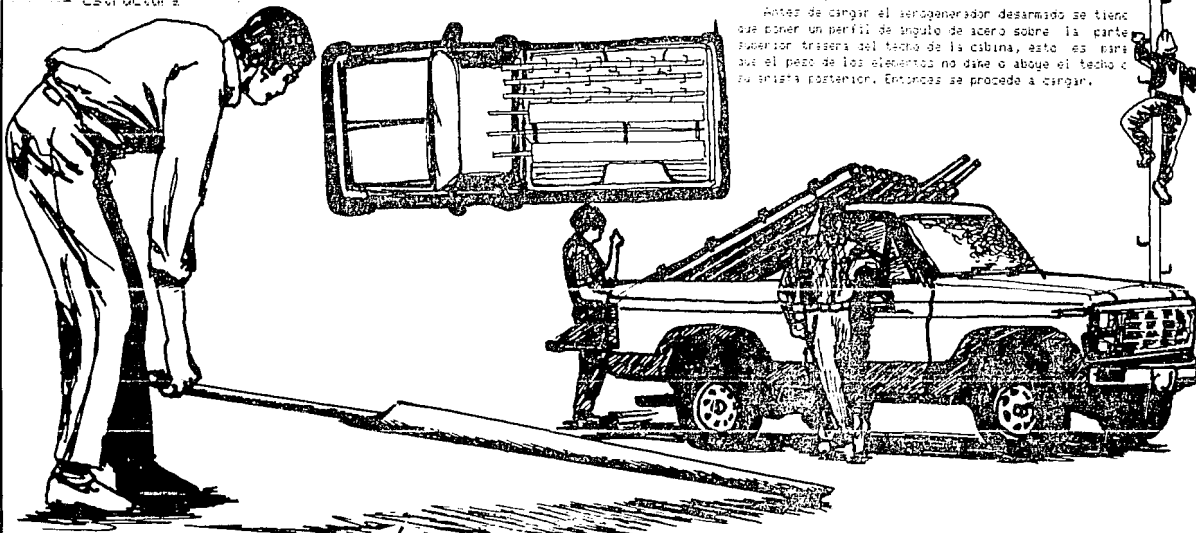
TRASLADO DEL EQUIPO

El equipo fue diseñado para una muy fácil transportación. A nivel rural no es difícil encontrar como medio de transporte a las camionetas de tamaño convencional de tipo pick up o estaquitas, por ello se escogieron precisamente éstas para el manejo del equipo.

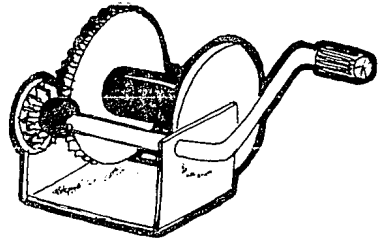
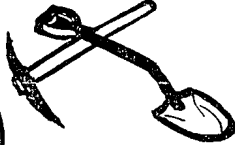
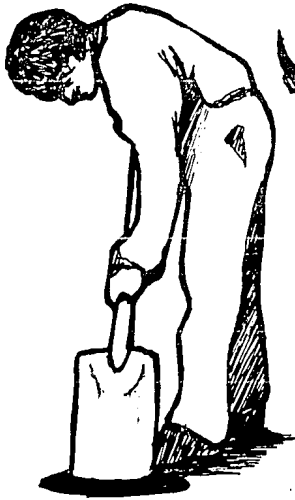
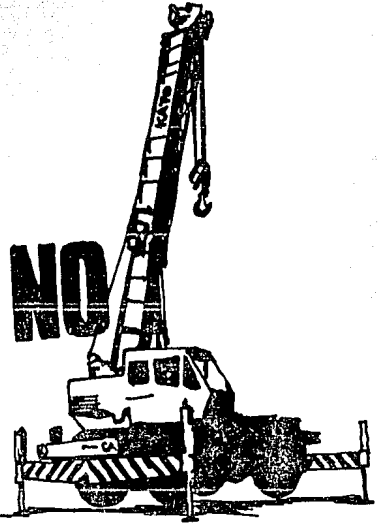
De la empresa sede, bien sea fabricante o distribuidor a futuro, site la camioneta ya cargada con el aerogenerador desarmado, y tanto para carga como para descarga, solamente es necesario que dos personas lleven el trabajo a cabo, mismo que es sumamente sencillo.

Las dimensiones de las piezas del aerogenerador desarmado fueron establecidas para que cuando se traslade el vehículo por carretera o en la ciudad pase libremente por abajo de los puentes, y que también los elementos no sobresalgan mucho del móvil para evitar problemas de tránsito o excesiva fricción con el aire en carretera.

Antes de cargar el aerogenerador desarmado se tiene que poner un perfil de ángulo de acero sobre la parte superior trasera del techo de la cabina, esto es para que el peso de los elementos no dañe o abogue el techo o su anclaje posterior. Entonces se procede a cargar.



Aspectos Humanos



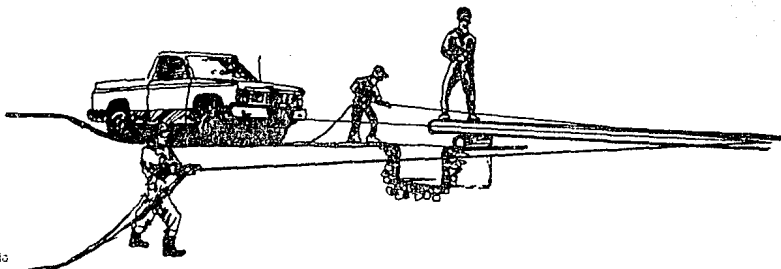
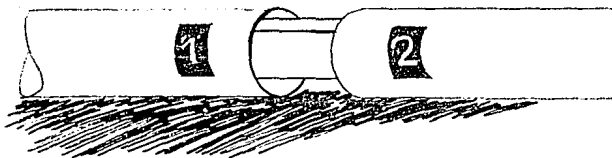
Aspectos Humanos

INSTALACION

Una vez que a sido transportado el aerogenerador desarmado al sitio elegido para instalarlo, se procederá a descargarlo de la camioneta de la misma manera que esta fue cargado.

La instalación del apriso fue pensada para llevarse a cabo por cuatro personas, y el diseño de cada parte se simplificó para que dicha instalación fuera sumamente sencilla en comparación con la instalación de otros muchos aerogeneradores.

Además de las cuatro personas se requiere de un malacate anclado a la camioneta de transporte, picos, palas, guantes, tubo para deslizar y burro de carga.

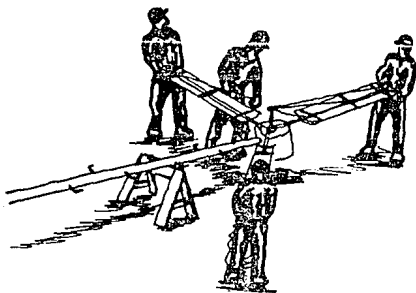


Se tensarán las bandas y esto se realiza girando hacia la derecha la tuerca que se localiza inmediatamente después de la placa que sostiene a las chumaceras pequeñas, cuando las bandas se encuentren tensas se dará por terminada la operación.

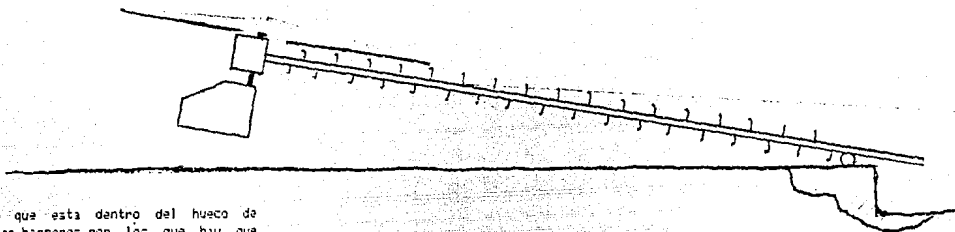
Al terminar las operaciones anteriores se procede a que tres personas tomen el extremo suelto de los cables del tramo tres de la torre, dos de ellas las que hayan tomado los cables adyacentes al cable que se sujetó al malacate deben usar guantes, y se colocarán para formar cada una respecto al poste un ángulo de sesenta grados estos dos tensores servirán para dirigir la torre cuando sea levantada por el malacate.

Se va elevando la torre por medio de el malacate y cuando ya este perpendicular al suelo las dos personas que sostienen los cables adyacentes al de malacate los sujetan a las anclas que van en los muertos, los fijan y tensan mediante tres perros de agarre en cada cable.

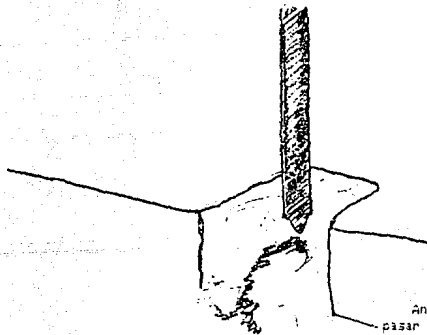
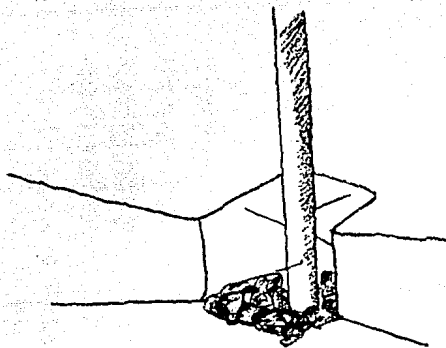
Se toman los otros dos extremos de los cables y se colocan en las anclas respectivas que deberán tambien tensarse fijandolas mediante perros de agarre.



Aspectos Humanos



El tubo primario que esta dentro del husco de cimentación tiene unos barrenos por los que hay que pasar unas barillas dejandolis a la mitad del tubo algunas de ellas se torcerán hacia la derecha o la izquierda y otras se dejaran sin modificar. Se procederá a rellenar con piedra grande el agujero y una vez relleno se vertirá en el la mezcla del concreto.



Antes de que termine de fraguar el concreto se debe pasar el extremo libre del cable por el poliducto que será tan largo como la distancia de la torre a la caja electrónica, que se encuentra adentro de la casa. Se hará un canal a flor de suelo para albergar el poliducto que a su vez cubre el cable, y este poliducto se cubrirá con tierra de igual manera que si se efectuara una instalación eléctrica convencional.

Por último se efectúan las conexiones de la caja electrónica con las baterías que deberán estar colocadas en serie entre ellas.

Aspectos Humanos

ERGONOMIA

OPERACION

El diseño del aerogenerador se llevó a cabo para lograr que la operación del sistema sea muy sencilla y rápida, únicamente se requiere de dos personas para llevarla a cabo.

El aerogenerador entrará en operación cuando la velocidad del viento sea la suficiente. En condiciones de viento normales no se requiere absolutamente nada para que el sistema entre en operación, únicamente se encenderán los apagadores o se conectarán y arrancarán los aparatos eléctricos de la manera convencional cuando el usuario los utilice.

En condiciones de viento excesivo, si habrá la necesidad de desactivar el sistema para evitar los desajustes o la destrucción del mismo, cuando un viento sea considerado como un fuerte huracán que excede los 120 km/h.

O en mejores circunstancias cuando se comunica al público que se acerca un muy fuerte huracán se procederá a llevar a cabo la siguiente operación.

Los cables denominados plomada que cuelgan de la veleta de orientación se soltarán y utilizándolos para dirigir la veleta se pondrá a esta en posición perpendicular al viento y se fijará en dicha posición al enterrar en forma inclinada los tubos que de ellas dependen, fijando de esta manera al aerogenerador estamos seguros que no podrá girar.

ERGONOMIA

MANTENIMIENTO

El diseño del aerogenerador se llevó a cabo para lograr que el mantenimiento del sistema se realice de manera muy sencilla y rápida, únicamente se requiere de dos personas efectuarlo.

El mantenimiento del sistema es de dos tipos uno llevándose a cabo en periodos cortos y otro en lapsos largos.

El mantenimiento de los periodos cortos consiste en que cada mes se verificará el nivel del electrolito de las baterías y si este se encuentra bajo; solo hay que

agregar agua destilada o en su caso si no se encuentra, filtrada.

Cada año se verificará el estado de los carbones mismos que se reemplazarán si están sobregastados, y se engrasarán las chumaceras siempre y cuando sea necesario.

El mantenimiento de los lapsos largos consistirá en que cada cinco años una persona especializada por parte de la empresa revisará cada pieza del sistema y en su caso:

aplicará pintura en las partes que lo ameriten.

apretará todas las tuercas y prisioneros.

revisará cada una de las partes componentes.

verificará el balanceo del rotor cuando no haya viento.

revisará y cambiará las bandas, carbones y baterías que lo ameriten.

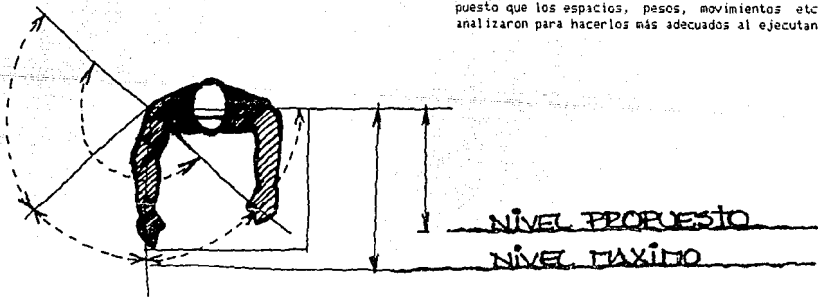
Para llevar este mantenimiento a cabo se realizará en las mismas condiciones que para la operación del mismo, en cuanto a la fijación para evitar el movimiento del sistema.

ERGONOMIA

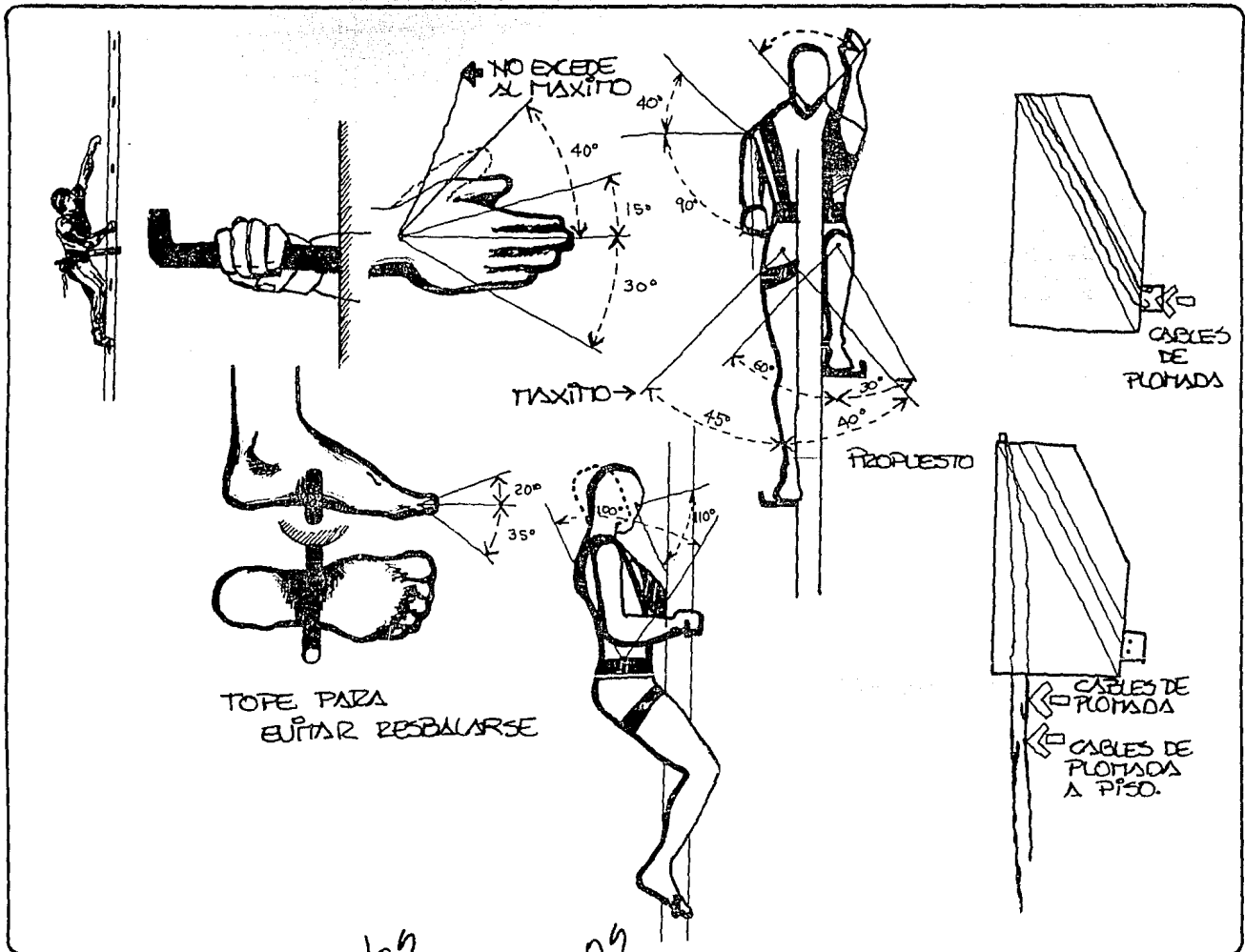
REPARACIONES

El diseño del aerogenerador se llevó a cabo para lograr que las reparaciones del sistema se ejecuten de manera muy sencilla y rápida, únicamente se requiere de dos a cuatro personas dependiendo del tipo de reparación.

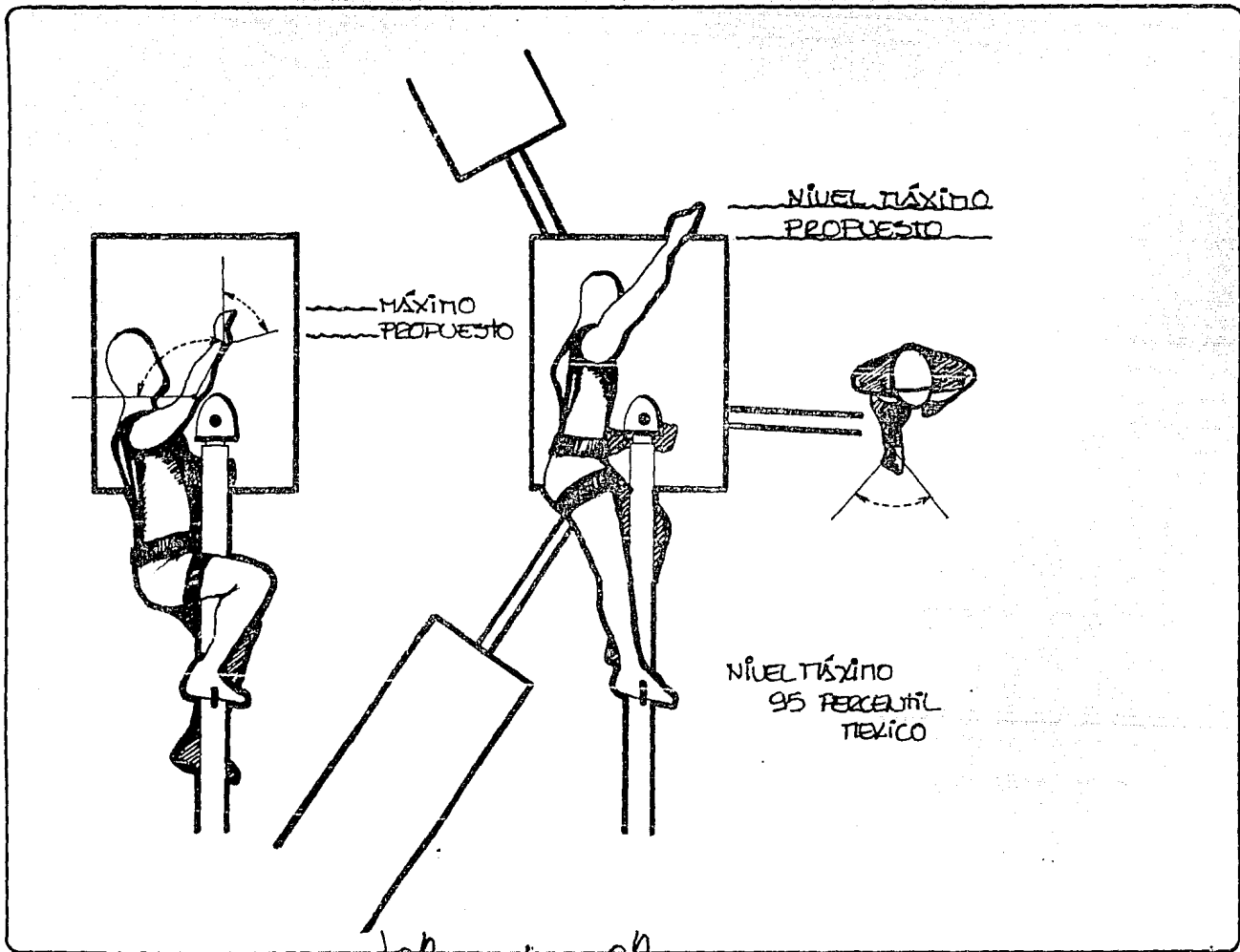
Se analizaron todas las posibles fallas y previniendo esto se mejoró el sistema para evitarlas en lo posible, sin embargo las reparaciones que tendrán que llevarse a cabo, no serán difíciles para el usuario puesto que los espacios, pesos, movimientos etc. se analizaron para hacerlos más adecuados al ejecutante.



Inspección Humana



Aspectos Humanos



Aspectos Humanos

ERGOHQ11A
RETIRADO PARCIAL Y TOTAL
DEL SISTEMA

Cuando se desea retirar el aerogenerador del sitio previamente colocado, se llevará a cabo el contrarrio de la instalación, se ejecutará la operación cuando el viento sea nulo o en su defecto cuando éste sea muy leve y existen dos maneras de retirarlo, una de ellas es por partes, y la otra directamente, ambos tipos se realizarán por cuatro personas.

En caso de realizarlo por partes, cada sistema o subsistema se bajará de la torre por separado. En la mayoría de las ocasiones este sistema se utilizará para las reparaciones y es muy difícil el retiro total del aerogenerador por este método.

El sistema de retiro directo, es muy probable de utilizar en el caso de remover el aerogenerador del sitio.

En el retiro por partes muchas de las piezas se bajarán por la polea elevadora para lo cual se requiere de una persona que la opere desde el suelo, mismo que depositará dicha carga en el piso, para dejar libre nuevamente la bolsa de la polea o simplemente la colea.

METODO POR PARTES

- Se coloca el aerogenerador paralelo al viento dominante y se sujeta a tierra en esta posición enterrando los cables pendientes de la veleta de orientación llamados plomada.
- Se incertan los contragiros deteniendo la cabeza del rotor.
- Se desatornilla la carcaza y se baja por la polea elevadora.
- Se sueltan los cables y tensores de las espas y de la nariz, y se dejan caer a tierra.
- Se desatornilla la nariz y se baja al suelo por la polea.
 - Se desatornilla la tapa de la cabeza se extrae de su lugar y se baja al piso por la polea.
- Se amarra el aspa que está perpendicular al suelo y ese cable se pasa por la polea, otra persona que se sitúa sobre el piso detiene la punta del cable, se desatornilla y se suelta el aspa de la cabeza y se baja por la polea dicha aspa.
- Se quitan los contragiros y se gira el rotor a dejar la otra aspa perpendicular al suelo y se efectúa la misma operación que para el caso anterior, mismo procedimiento que se practicará para la tercera aspa.
- Se sueltan las bandas y se dejan caer
- Se sueltan las poleas grande, mediana y chico y se bajan por la polea elevadora.
- Se quita la flecha chico y se baja a piso mediante la

polea elevadora.

- Se quitan las piezas del armazón y se bajan por la polea elevadora.
- Se desconectan y se suelta el generador mismo que se baja por la polea elevadora.
- Se sujeta la veleta a la polea elevadora y dos personas sujetan desde el piso los cables que penden de la veleta de orientación, y la persona que se encuentra en la parte superior de la torre suelta los tornillos, y desliza poco a poco la veleta de orientación, las personas que están sobre el suelo dirigen la veleta de orientación hasta que ésta llega al piso.
- Se desatornilla la flecha, se amarra y el extremo libre del cable se pasa sujetandolo por un peldáno de la torre que fungirá como polea de deslizamiento, la persona que está en el piso y que detiene el extremo libre del cable, lo va soltando poco a poco y va dirigiendolo hasta llegar al piso. La persona que estaba en la torre puede ir desplazandose hacia abajo por los peldanos e ir dirigiendo también dicha flecha.
- Se desatornillan y quitan las chumaceras se y se bajan a piso de la misma manera que en el inciso anterior.
- Se retiran las braceradas y se bajan junto con el armazón de igual modo que en el inciso precedente.
- Se desatornilla el sistema de giro y se baja a piso por el peldáno también.
- Se rompen y retiran los cimientos con picos y palas y se baja a piso la torre de igual manera solo que a la inversa de como se colocó verticalmente es decir con el malacate y los tensores de dirección.

DIRECTO.

- Se quitan los contragiros y se bajan por la polea.
- Se amarra la veleta a la torre para que ésta no gire, también se amarra el rotor de igual manera.
- Se amarra el cable del malacate de la camioneta al poste.
- Se sueltan los tensores de la torre y los toma las personas de nivel del sub para dirigir la torre cuando ésta sea bajada.
- Se escarban los cimientos de la torre con pico, pala y se retiran.
- El cable de la garrucha se va soltando poco a poco, para ir bajando a piso la torre; sin embargo, cuando ésta esté inclinada, y al operario desde el suelo alcance la veleta, deberá colocar entre el suelo y la torre un burro de carga.
- Desatarán el rotor y la veleta de la torre e irán quitando las partes conforme lo ameriten.

ERGOHQ11A

CASOS DE VIENTO EXCESIVO

Cuando el viento se convierte en una verdadera amenaza para la estructura del sistema, que es cuando pasa de ser un simple viento a un fuerte huracán, se deberá proceder a sacar el sistema de operación. Y esto se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Con los cables pendientes de la veleta, es decir, la plomada, se debe poner al aerogenerador en posición perpendicular al viento, y ya en dicha posición dichos cables plomada se debe enterrar totalmente por su parte rígida en el piso.
- 2.- Una persona subirá a la torre y colocará los contragiros en la cabeza del rotor.
- 3.- Se soltarán los cables de plomada del piso y dos personas desde abajo los detendrán para dirigir la operación, la persona que se encuentra en la parte superior de la torre quitará los tornillos que mantienen la veleta paralela a la torre y poco a poco conjuntamente con las dos personas del piso irán forzando a que quede dicha veleta perpendicular a la torre, en ese momento la persona que se encuentra arriba en la torre deberá colocar los tornillos en dicha posición para fijar la veleta de orientación y así sacar el sistema de operación.

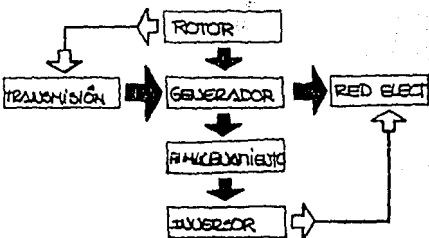
Apropiados
Asumidos

EVENTUALIDAD DE FALLAS

FALLA NULA O EXT. DIFICIL PROBABLE

ERGONOMIA ROTOR

Para poder jerarquizar las fallas y tratar en lo posible de evitarlas, se llevó a cabo un análisis en base al funcionamiento y con mayor énfasis se llevó a cabo otro análisis en el cual se cotajaba cada falla con la forma que sería solucionada, se ejemplificaron los tiempos y movimientos para dichas soluciones y se categorizaron en tres tipos, las de falla nula o extremadamente difícil, las de falla difícil, y las de probable falla. Por fines ergonómicos aquellas de probable falla son para su arreglo de muy fácil acceso y sencillas para su reparación. Las de falla difícil, tienen un mayor grado de dificultad para su reparación pero son menos probable que ocurran que las anteriores, y por último las de falla nula o extremadamente difícil son aquellas cuya reparación y acceso son más problemáticos pero también como su nombre lo indica no se espera que ocurran durante el tiempo estimado de vida del aerogenerador.



FALLA	NULA O EXT. DIFICIL	DIFICIL	PROBABLE
a.1	0	0	a.1
a.2	0	a.2	0
b.1	0	0	b.1
b.2	0	b.2	0
c.1	c.1	0	0
c.2	c.2	0	0
c.3	c.3	0	0
c.4	c.4	0	0
c.5	c.5	0	0
c.6	c.6	0	0
c.7	0	c.7	0
d.1	d.1	0	0
e.1	0	0	e.1
f.1	0	f.1	0
f.2	0	0	f.2
f.3	f.3	0	0
g.1	g.1	0	0
g.2	0	0	g.2
g.3	g.3	0	0
h.1	0	0	h.1
h.2	0	h.2	0
h.3	0	h.3	0
i.1	0	i.1	0
j.1	0	0	j.1
j.2	0	0	j.2
k.1	0	0	k.1
k.2	0	0	k.2
k.3	k.3	0	0
l.1	0	0	l.1
l.2	0	0	l.2
m.1	0	0	m.1
m.2	0	0	m.2
n.1	0	0	n.1
n.2	0	0	n.2
n.3	0	0	n.3
o.1	0	o.1	0
o.2	o.2	0	0
o.3	o.3	0	0
p.1	0	0	p.1
q.1	q.1	0	0
r.1	r.1	0	0
r.2	r.2	0	0
s.1	s.1	0	0
s.2	0	s.2	0
t.1	t.1	0	0
u.1	0	0	u.1
u.2	0	0	u.2
u.3	0	0	0
u.4	u.1	0	0
u.5	u.2	0	0
v.1	0	0	v.1
w.1	0	w.1	0
w.2	w.2	0	0
x.1	0	x.1	0
y.1	0	0	y.1
z.1	0	0	z.1

POSIBLES FALLAS Y SUS REPARACIONES

a) NARIZ Y TORNERIA

a.1) que se afloje la tornillería/ se aprieta.
 a.2) que se transroquen las cuerdas de la nariz/ se sueltan los tensores y se quita la tornillería se baja la nariz por la bolsa de la polea al suelo y se reemplaza por otra.

b) TENSORES DE LAS ASPAS, PERROS DE AGARRE Y CABLES.

b.1) Los tensores chicos es decir los que mantienen una distancia dada entre las aspas, pueden llegar a destensarse/ se debe proceder a girar el cuerpo del tensor comercial hasta ajustar el cable
 b.2) Los tensores grandes pueden llegar a romperse por exceso de tensión/ se deben quitar los perros de agarre del cable roto y extraer dicho cable, se procede a cortar un nuevo cable con las dimensiones y tipo del inoperante, y sin quitar las aspas de su lugar y estando a la distancia conveniente en la torre se coloca el nuevo cable sujetándolo mediante un perro de agarre y sujetando a la punta de la torre se quitara el perro correspondiente al cable del asa que se va a instalar y con la horquilla previamente configurada se atravesara por el perro y se fijara nuevamente a la nariz.

c) ASPAS, RIGIDIZADORES, EJE, PORTA-EJE, Y TORNERIA.

c.1) Los rigidizadores pueden llegar a soltarse, ya que el tornillo que lo une con el eje del asa se llegara a romper, para ello se sobre dimensiona dicho tornillo/ en dado caso que ocurriera existen otros tornillos soldados que pueden amortiguar el tornillo roto.
 c.2) El eje puede llegar a soltarse/ para ello se soldaron los tornillos y también si alguno se rompe los demás amortiguan los esfuerzos.
 c.3) El eje se puede zafar del porta eje, cosa que es muy difícil pues está soldado con cordón/ lo suplen los dos tornillos que unen estos con la cabeza y tapa del rotor.
 c.4) El viento puede ser tan excesivo que algún asa se fuerza/ en este caso actúan los rigidizadores, el eje y los tensores.
 c.5) Se puede romper por cortante un tornillo que une la cabeza y tapa del rotor con el eje y porta aja/ para evitarlo los tornillos están sobre dimensionados (grado 8) sin embargo en dado caso sin desmontar las aspas se reemplazó por otro.
 c.6) En caso de viento excesivo y que se rompieran los tensores de las aspas y también por cortante al tornillo que une el asa a la cabeza del rotor/ para evitarlo está sobre dimensionado el sistema y es extremadamente difícil que se rompa o safe el cable sin embargo en ese caso se soltarán los tensores de las

Anderson
Humano

tres aspas, se quitará la nariz y la tapa de rotor se colocará el tornillo que reemplaza al interior para volver a ensamblar lo que se retiró.

c.7) Por el excesivo viento se pueden romper los ejes/ para ello están los tensores que resistirán dicho exceso de fuerza y además de ello se gira el aerogenerador a su posición paralela al viento/ en dado caso se reemplaza el agua completamente.

d) FLECHA.

d.1) For exceso de esfuerzos que se rompa por cortante la flecha/ Para evitar esto están los rodamientos en las chumaceras, sin embargo el torque que se genera en las poleas provocaría que se rompiera la flecha menor; misma que se reemplaza aflojando las bandas, retirandolas, quitando las poleas y aflojando los prisioneros de las chumaceras. Para colocarla se realiza la misma operación pero viceversa colocando la nueva flecha.

e) SUJETADOR DE TENSORES, CHAVETA, PERILOS.

e.1) Que se rompa la chaveta o el sujetador/ sin tener que bajar las aspas solo se reemplazan las chavetas o pernos nuevos por los descompuestos.

ERGONOMIA

SISTEMA DE TRANSMISION

POSIIBLES FALLAS Y SUS REPARACIONES

Para corregir, revisar o reemplazar piezas se debe quitar la carcasa y para llevar las piezas al suelo se deberán bajar en la bolsa o con el gancho de la polea elevadora. (Se da el nombre de polea elevadora, a la flecha grande que funge como una polea para subir y bajar piezas y demás elementos a la torre.

f) ABRAZADERAS, TORNILLOS, ARMAZON, TUERCAS.

f.1) Los tornillos se pueden romper por cortante/ es difícil pues están sobre dimensionados pero se reemplazan por otros y se cambian de manera convencional.

f.2) Las tuercas por las vibraciones ciclicas pueden irse safando/ es difícil pues van dos tuercas pero en ese caso se ajustan apretandolas.

f.3) Que por el peso y los esfuerzos se rompa o tuercas la placa de las abrazaderas/ muy difícilmente ocurriría si se tuercen no se afecta el sistema y si se rompiere se reemplaza sin problemas y sin mover ni quitar elementos importantes solo basta con quitar las tuercas sacar los tornillos y reemplazar la placa por otra nueva y efectuar de reversa la misma operación.

g) ARMAZON

g.1) Que se suelte el armazon de la placa/ es muy difícil pues van soldados.

g.2) Que se suelte alguna pieza del armazon/ solamente habrá que volverla a atornillar sin tener que remover nada.

g.3) Que se pande la placa base o se rompa/ es muy difícil pues está sobredimensionada.

h) CHUMACERAS GRANDES CON RODAMIENTO.

h.1) Que se suelte de la placa base del armazon/ solamente se reemplazan los tornillos y sus tuercas sin mover nada extra.

h.2) Que ya no sirva el balero de la chumacera más cercana a la cabeza del rotor/ Se quitarán los tornillos de la segunda chumacera, se aflojarán los prisioneros que la fijan a la flecha y se recorrerá un poco esa chumacera. Se intentará otra nueva y esta ocupará el lugar de la que se recorrió, una vez instalada la que se movió se colocará junto a la chumacera del balero descompuesto y se sujetará a la flecha y al armazon.

h.3) Que ya no sirva el balero de la chumacera del extremo de la flecha/ se corre un poco y en su lugar se coloca el nuevo. el que se desplazó se coloca y atornilla junto a la primera chumacera.

i) FLECHA CHICA.

i.1) Que se rompa la flecha/ se afloja la tensión de las bandas, se quitan estas y las poleas unidas a dicha flecha, se aflojan las chumaceras pequeñas y se reemplaza la flecha por otra nueva.

j) CHUMACERAS CHICAS.

j.1) Que se suelten de la placa base/ se deberán cambiar o apretar los tornillos y las tuercas.

j.2) Que se descomponga el balero de las chumaceras/ se afloja la tensión de las bandas, se quitan estas y las poleas de esa flecha, se aflojan las chumaceras, se quita la flecha y se reemplaza la chumacera descompuesta por otra que tenga el balero nuevo.

k) POLEAS CHICA Y MEDIANA.

k.1) Que se suelte de la flecha/ solamente se procederá a apretar los prisioneros con la llave allen.

k.2) Que se transrosquen las cuerdas de los prisioneros u orificios/ se deben desmontar aflojando las bandas, quitandolas y aflojando los prisioneros hecho esto se desmonta y se baja al suelo para su reparación o en dado caso su reemplazamiento.

k.3) En caso de que se parta la polea/ solo tendrá que reemplazarse.

l) POLEA GRANDE.

l.1) Que se suelte de la flecha (ver k.1).

l.2) Que se transrosquen las cuerdas de los prisioneros u orificios o que se parta la polea/ Es un caso muy difícil pues esta sobre dimensionada y sobrefijada, si se transroscara algún orificio debido a la sobrefijación los demás amortiguarían dicha falla y para el caso de que se parta se deberá reemplazar por otra idéntica pero en buenas condiciones; para ello se quitarán los tensores de las aspas, la nariz, la tapa del rotor, las aspas, la cabeza del rotor y finalmente la polea.

m) BANDA CHICA.

m.1) Es muy probable que con el tiempo y el uso se rompa la banda/ para su reemplazo se destaza la otra banda y se coloca la nueva posteriormente se tencan las dos.

m.2) Que se patine/ se deberá en ese caso dar mayor tensión o bien se pondrá un poco de jabonadura en su cara interna.

n) BANDA GRANDE.

n.1) Que se rompa la banda/ solo hara falta destazar el sistema y se reemplaza un eslabón nuevo por el roto y se vuelve a tencar el sistema.

n.2) Que se patine la banda/ (ver m.2)

o) AJUSTADOR DE BANDAS Y TORNILLERIA.

o.1) Que se aflojen, patinen o rompan los tornillos/ sin mover ninguna pieza extra; solo se reemplazará la tornillería por una nueva.

ERGONOMIA

SISTEMA DE ORIENTACION

POSIIBLES FALLAS Y SUS REPARACIONES

p) VELETA

p.1) Que se curve/ para ello está el eje del la veleta que sigue el contorno de la misma para rigidizarla, además de que la veleta tiene unos dobleces para darle rigidez por geométris.

p.2) Que se zafe la veleta del eje/ es sumamente difícil puesto que van unidos por tornillo, tuercas y soldadura, además si alguno se rompiera por cortante en los demás se repartirían los esfuerzos.

p.3) Que se resbale o se caiga/ es muy difícil pues los tornillos que la sujetan están excadidos en su diametro.

Aspectos Humanos

p) TORNILLOS DE SUJECION.

p.1) Que se afloje la tuerca/ para ello se colocan en cada tornillo dos tuercas, pero si se diera el caso solo basta con apretar las tuercas.

q) FLECHA DE GIRO.

q.1) Que se deslice y se salga/ es muy difícil pues va sostenida con unos pernos a los lados además va sujeta en su sitio respectivo con las abrazaderas del armazón.

r) EJE DE GIRO. *) BALANCIIN

r.1) Que se rompa alguna brasa/ es muy difícil porque esta excedida y además su geometría la ayuda; pero en ese caso habría que bajar todo el sistema con excepción de la torre para reemplazarla.

r.2) Que se rompa la flecha que es la parte inferior por cortante/ es muy difícil pues se mueve con el rodamiento de cirga pero en el caso hay que reemplazarla haciéndolo como en el parrafo anterior.

s) RODAMIENTO DE CARGA.

s.1) Que le falte grasa/ es una opción muy difícil pues va sellado y es auto lubricable.

s.2) Que se descomponga/ hay que desmontar el sistema como en el caso r.1 y reemplazarlo.

t) SOPORTE DE RODAMIENTO.

t.1) Que se aflojen o rompan por cortante los prisioneros/ es muy difícil pues están sobre dimensionados y en caso caso solo se reemplazaría o apretaría el indicado.

u) COMUTADOR.

u.1) Que se safen los tornillos que sostienen al porta carbones/ solamente hay que apretarlos nuevamente.

u.2) Que se rompa la tapa o el portacarbones/ se reemplazaría por otro sin necesidad de mover ninguno otra pieza a excepción de la caja portacarbones y los carbones.

ERGONOMIA

SISTEMA DE FRENADO

POSIBLES FALLAS Y SUS REPARACIONES

Para corregir, revisar o reemplazar piezas se debe levantar la puerta de la carcasa.

0) RESORTE.

0.1) Que se salgan de su sitio/ es excesivamente difícil pues el armazón no lo permite.

0.2) Que se rompa el resorte/ es muy difícil porque esta bien calculado y excede en la resistencia de su material, pero en ese caso hay que retirar todas las piezas a excepción del sistema de giro, la veleta de orientación y la torre.

ERGONOMIA

ESTRUCTURA

POSIBLES FALLAS Y SUS REPARACIONES

v) TORRE.

v.1) Que se aflojen o rompan los perros de agarre/ es difícil pues van reforzados con doble tuerca sin embargo solo bastará con apretarlos o cambiarlos.

w) TENSORES DE LA TORRE.

w.1) Que se aflojen los tensores/ unicamente habría que soltar un poco las tuercas de los perros de agarre y tensar más los cables.

w.2) Que se llegaran a romper los cables/ unicamente se reemplazarían por otros del mismo tipo y la misma medida que el descompuesto.

ERGONOMIA

SISTEMA ELECTRONICO

POSIBLES FALLAS Y SUS REPARACIONES

x) CAJA BASE.

x.1) Que se descomponga el sistema electrónico, se sugiere cambiar solamente la caja de repuesto ya que es lo mas probable que se descomponga, si no es así, habrá que reemplazarla por otra nueva.

y) CAJA DE REPUESTO.

y.1) se repondrá por una nueva al descomponerse esta, solamente habrá que quitar los tornillos que sujetan la carcasa mediante un desarmador y retirar la carcasa. efectuado esto se separará la caja de repuesto tirando de ella hacia afuera del sistema, y se reemplazará por otra nueva intentando hacia el sistema y colocando nuevamente la carcasa mediante tornillos.

ERGONOMIA

ALMACENAMIENTO

POSIBLES FALLAS Y SUS REPARACIONES

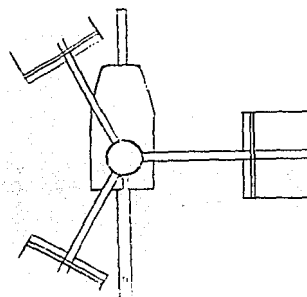
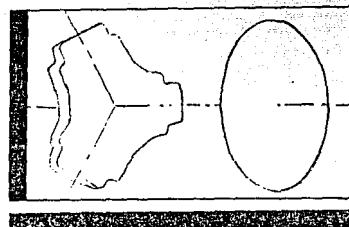
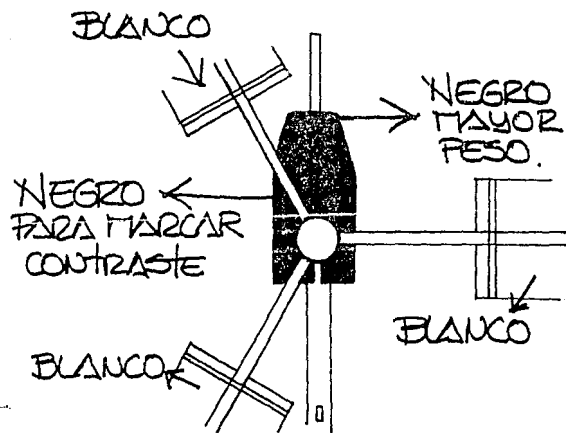
z) ALMACENAMIENTO.

z.1) Que se descomponga algún acumulador/ se desconectará del sistema electrónico y se revisará cual es el acumulador dañado, se desconectarán los acumuladores entre sí y se retirará el descompuesto colocando en ese sitio uno nuevo, se volverán a efectuar las conexiones inter acumuladores y de estos con el sistema electrónico de igual manera que como se quitaron.

Andrzej
Xtoman

La estética en este proyecto, es de gran importancia, pues para la mayoría de los futuros compradores es una de las pocas características a que están acostumbrados, pues seguramente no van a entender muchos de los aspectos técnicos. En caso de comparar, si dos productos son buenos lo decisivo para comprarlo es el costo y la belleza.

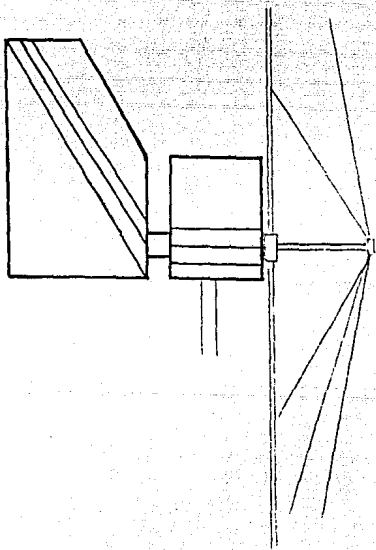
Como todos los elementos están formados por rectas se decidió usar el círculo como vista frontal de la cabeza, y para marcar aún más el contraste se acentúa con el color.



Estética

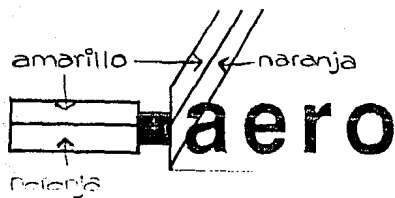
En la vista lateral, la carcasa y la veleta se manifiestan por su gran volumen como la parte más llamativa del SCEE. Y es lo que le da el carácter al mismo, una combinación bien armonizada podría darle el sentido de conjunto y más si se repite en los componentes del sistema, además de jugar un aspecto muy importante en la representación de la marca comercial del aerogenerador.

La forma y el color están encaminados a que el producto exprese, ligereza, seguridad, buena calidad, modernidad, resistencia...

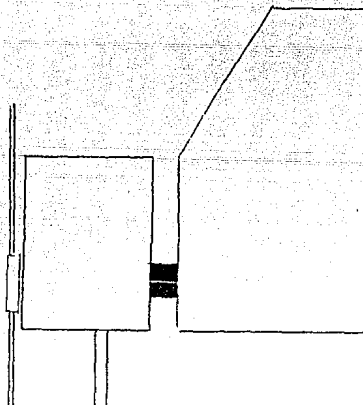


Para evitar la monotonía de las líneas verticales y horizontales, se remarca la única línea inclinada con las líneas de la marca.

Se buscó la sencillez estética apelando a la moda actual y buscando dar la importancia mayor a la marca, por lo que en ella se denota el contraste por color (amarillo y naranja).



Para integrar los dos volúmenes laterales mayores, se buscó un medio de unión, y lo más adecuado fue enfatizar el elemento funcional precisamente de unión.



Estética

Las letras son minúsculas porque imperan más en la moda actual.

El contraste de las letras con el fondo sería más bello a mi gusto; si fueran con menos puntos en la altura y más en su ancho (chaparras y gordas) pero con el tiempo esto quedaría anticuado y como es la marca comercial, conviene utilizar algo más clásico.

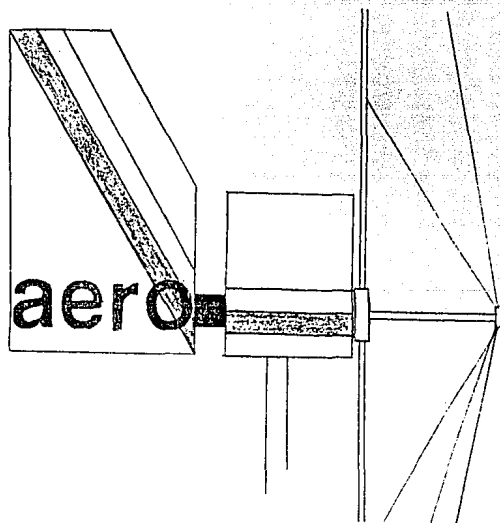
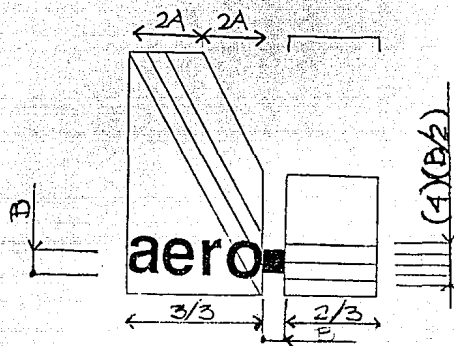
aero
aero

Se prefirieron las líneas curvas y no las rectas en las letras para evitar las líneas inclinadas.

Sería usar demasiadas rectas y el diseño del aerogenerador está hecho a base de ellas.

AERO

Se intentaron guardar proporciones y líneas que armonicen.



ESTÉTICO

Encontramos una ganancia económica al evitar el costo generado por la instalación de la red (postes, cable, transformadores etc.) a lo largo de varios kilómetros de distancia hasta algún lugar donde se requiera. Además del muy elevado costo que aparte cobra CFE a los particulares en caso de que lo soliciten por cada kilómetro de línea eléctrica; y generalmente los lugares donde se requiere están alejados de la red, por lo que se necesitan varios kilómetros. Para hacer la comparación: un kilómetro de red de CFE (no incluye postes, transformadores, etc) cuesta lo mismo que el aerogenerador que propongo (no incluye las baterías).

Otro aspecto interesante es que podemos usar el viento como materia prima que es gratuita y así continuará con el tiempo, en comparación con el precio del kilowatt de la CFE. Que sigue aumentando conforme a la inflación.

Costo del Kilowatt de CFE	Año
\$1960
\$1970
\$1980
\$1990

Costos (Veracruz).

Sabemos que el costo del kilowatt de CFE está subsidiado pero no sabemos por cuánto tiempo continúe así.

Al realizar un análisis económico de las turbinas eólicas SCEE. Seguimos la ley de economías de escala, con esto me refiero a que el costo unitario para la generación de bajas potencias tiene un costo fijo, y conforme aumenta la capacidad con la potencia instalada; los costos fijos, podría decirse que se mantienen en cierto grado, pero al aumentar los kilowatts generados disminuyen su costo. Este fenómeno no sigue una relación matemática lineal, pues llega un momento en que al aumentar la potencia hasta un valor crítico, también aumentan los costos unitarios debido a

que se incrementan las dificultades técnicas.

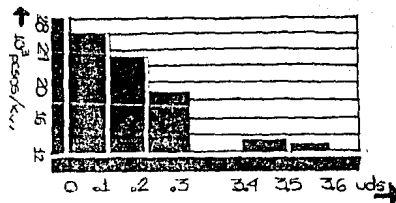
Los parámetros de los que depende el costo del kilowatt en un SCEE. Son: La amortización de la instalación del sistema a lo largo de la vida de este, la cantidad de kilowatts obtenidos que depende directamente de la velocidad media del viento y el mantenimiento del sistema. Este último aspecto incluye el tiempo en que el sistema se encuentra fuera de servicio por averías, disminución o exceso en la velocidad del viento, mantenimiento de mecanismos etc. y por experiencia se toma como el 10 % del tiempo total real de funcionamiento.

Existía una discrepancia en la vida de los sistemas eólicos, porque cada fabricante o país, la definía según sus normas o tipo de SCEE. Sobre ello se discutió en el Primer Curso-seminario Latinoamericano sobre aerogeneración, en el que se determinó que la vida del sistema debe ser aproximadamente de 20 años.

La amortización de la instalación y costo del SCEE, se calcula a 20 años.

En las pequeñas turbinas, el costo del kilowatt es más alto que el que se obtiene de grandes plantas.

Es muy difícil predecir el costo del producto y su instalación, ya que depende de muchas variables, pero el aspecto más importante radica creo yo, en la seriabilidad. La gráfica siguiente, es un estudio de la Electric \ Karman Aerospace.



Aspectos Económicos

En un desglose incipiente y en base a la experiencia de los fabricantes actuales de SCEE. (existen más de 40 fabricantes distribuidos en Europa, Canadá, y USA principalmente). Es posible aproximar que la parte más variable económicamente hablando en un aerogenerador de poca capacidad es el almacenamiento de energía, con el cual el costo del equipo se eleva en ocasiones al 50% sobre el costo total del SCEE.

El costo de fabricación de las palas o aspas tiene relación directa con la longitud de las mismas; hasta los primeros 30 metros, los incrementos son altos, pero rebasado dicho límite, el crecimiento de estos costos disminuye.

El costo de los mecanismos y sistemas de regulación tienden a incrementarse linealmente con la capacidad.

El costo del sistema eléctrico, crece paulatinamente y paralelamente a la capacidad.

Los elementos estructurales, son principalmente los que limitan la vida de los aerogeneradores debido a los esfuerzos a los que están sometidos (fuerzas cíclicas) y estos al multiplicarlos por los años, causan riesgos en la seguridad del equipo.

Los costos pertenecientes al montaje o ensamble se calculan entre 5 y 10 veces el costo de los materiales empleados en la fabricación del equipo.

COSTOS OBTENIDOS

Sistemas mecánicos.....	15%
Sistemas eléctrico y electrónico.....	32%
Estructural.....	24%
Montaje y ensamble.....	15%
Rotor completo.....	14%

COSTOS DE VENTA

Costo de la competencia	Costo del aero 700	Costo del aero 2000
100%	34%	20%

MISMA CAPACIDAD EN DIVERSAS TECNOLOGÍAS (no incluyen almacenamiento).

ENERGIA SOLAR.....	100%
DISEÑO PRESENTADO ENERGIA EOLICA..	34%
PLANTA DE GASOLINA.....	20%

MATERIA PRIMA

ENERGIA SOLAR.....	Gratuita
ENERGIA EOLICA.....	Gratuita
PLANTA DE GASOLINA.....	Alto costo

Tomando en cuenta que el mantenimiento en las tecnologías anteriores es similar en cuanto a costo y tiempo.

Quizá parezca extraño, pero una de las causas por las que estos costes son elevados es que aún en USA se realizan los montajes de una manera casi artesanal, debido a que hay muchos fabricantes, la demanda en el mercado no es muy basta ya que los sistemas aún están sujetos a mejoras. La mano de obra en estos países es cara, aunque otra opción es la maquila fuera de sus territorios, si bien baja el costo de la mano de obra, se generan otros gastos, como seguros, transportes etc. La fabricación de estos equipos con una producción a baja escala pero con procesos bien definidos y optimizados dentro de una cadena, es una alternativa favorable de desarrollar en México.

Por ello planteo el siguiente esquema de producción procurando utilizar los procesos y materiales más adecuados.

Evaluando: costo, eficiencia, facilidad constructiva y buen funcionamiento aplicados a las condiciones de media producción.

Aspectos Económicos

sistema, GYT pieza, CARCAZA
 01 corte cizalla cuchilla 6
 02 doblado dobladora mordazas 9
 03 rolado roladora rodillos 7
 04 barrenado talad bco. broca 3
 05 j.p.#0

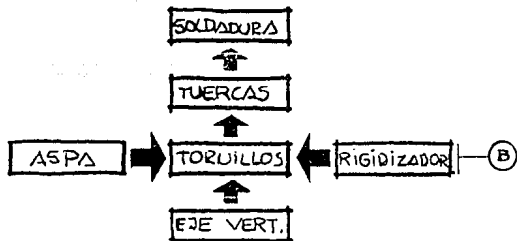
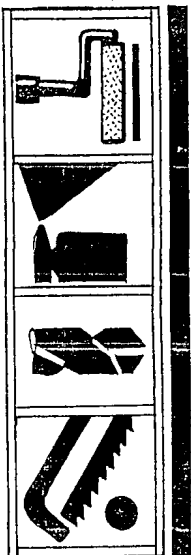
sistema, GYT pieza, LATERALES DE CARCAZA
 01 corte cizalla cuchilla 6
 02 doblado dobladora mordazas 9
 04 barrenado talad bco. broca 3
 05 j.p.#n
 06 j.p.#0

sistema, ESTRUCTURA pieza, PELDANOS
 sistema, ESTRUCTURA pieza, ARGOLLA
 01 corte sierra osc. segueta 1
 02 doblado forja martillo 14

sistema, ESTRUCTURA pieza, TORRE
 sistema, ESTRUCTURA pieza, PIVOTE TORRE
 01 corte sierra osc. segueta 1
 02 barrenado talad bco. broca 3
 03 j.p.#k

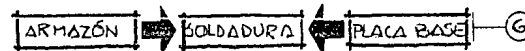
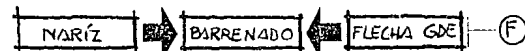
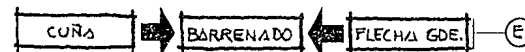
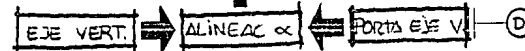
sistema, COMUTADOR
 01 corte sierra osc. segueta 1
 02 j.p.#s

sistema, ORIENTACION pieza, PLOMADA
 01 corta sierra osc. segueta 1
 02 barrenado talad. bco. broca 3
 03 j.p.#R



SOLDADURA

BARRENADO

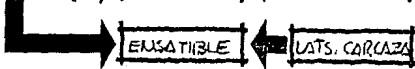
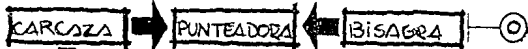
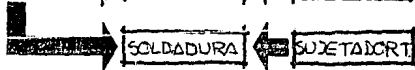
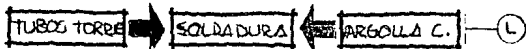
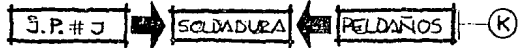
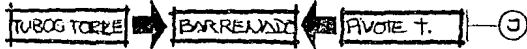
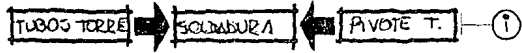


REMACHADO

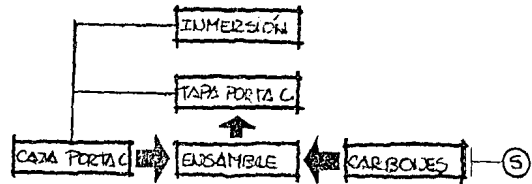
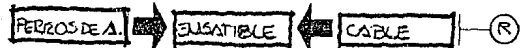
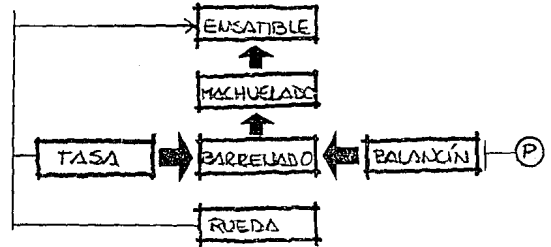


Procesos

PROCESOS DE UNIÓN Y ENSAMBLE



EQUIVALENTES DE J.P.#



Procesos

ESPECIFICACION DE PIEZAS
PROCESOS Y MATERIALES

No =Número de pieza
DESCRIPCION =Descripción
CANT =Cantidad de piezas iguales
MATERIAL =Material utilizado
CO =Pieza comercial
FF =Pieza fácil de fabricar, o bien pieza comercial fácil de ensamblar
PROCESOS =procesos de fabricación que lleva dicha pieza
ACABADOS =acabados superficiales de la pieza

No.	DESCRIPCION	CANT	MATERIAL	CO	FF	PROCESOS	ACABADOS
01	nariz	1	zinalco	s	s	funcion en arena, rebabado, barrinado, coordinado, ensamble	p. uretano
02	prisionero de nariz	3	acero de AISI 2350	s	s	ensamble	galvanizado
	polea elevada	3					
	cabeza	3					
	polea chica	3					
	porta rodapie	9					
03	enchufe eléctrico de torre	1	polietileno y cobre	s	s	ensamble	natural
04	pernos de nariz	3	acero de AISI 2350	s	s	ensamble	galvanizado
05	chaveta de nariz	6	acero de AISI 4340	s	s	ensamble	galvanizado
06	cable aspa-nariz	12	acero re-tenida 1/4"	s	s	ensamble	galvanizado
07	cable torre-piso	4	acero re-tenida 5/8"	s	s	ensamble	galvanizado
08	perros de agarre aspa-nariz	24	acero for- jado 1/4"	s	s	ensamble	galvanizado
	plomada	4					
09	perros de agarre torre-piso	16	acero for- jado 5/8"	s	s	ensamble	galvanizado
	torres nylon	2					
10	bisagra de piano	2	acero SAE 1018	s	s	corte y soldado	galvanizado p. uretano

11	aspa	3	acero cal SAE 1018	s	s	cizallado, rolado, barrinado, ensamble	galvanizado p. uretano
12	torneillos aspa	18	acero de 1/4" SAE 1 hexa-	s	s	ensamble	galvanizado uretano
	veleta de o	16	nales				
13	tuerca aspa	18	acero de 1/4" SAE 1 hexa-	s	s	ensamble	galvanizado p. uretano
	veleta de o	16	nales				
14	rondanas aspa	...	acero de 1/4" SAE 1 plana	s	s	ensamble	galvanizado p. uretano
	veleta de o	16					
15	rigidizado- ras	9	solera de acero 3/16" X 1/2 AISI 1018	s	s	corte, doblado, barrinado, ensam- ble con tornillo y soldadura	galvanizado p. uretano
16	eje vertical	3	tubo de acero 1 1/4" ASTM A53 Ccd 40	s	s	corte, barrinado, ensamble con tornillo y soldadura	galvanizado p. uretano
17	porta eje vertical	3	tubo de acero ASTM A53 Ccd 40	s	s	corte, barrinado, ensamble, soldado	galvanizado p. uretano
18	tapa del rotor	1	zinalco II	s	s	funcion en tre- sa verde, rebabado, barrinado, esmerilado y frassado	p. uretano
19	cabeza del rotor	1	zinalco II	s	s		
20	tornillo para cabeza	3	acero de 3/8" SAE 8 hexagonal	s	s	ensamble	galvanizado
21	rondana de presión para cabeza	3	acero de 3/8"	s	s	ensamble	galvanizado
22	tuerca para cabeza	3	acero de 3/8" SAE 8 hexagonal	s	s	ensamble	galvanizado
23	tornillo cabeza	3	acero de 1/4" SAE 8 allen	s	s	ensamble	galvanizado
24	rondana para cabeza	3	acero de 1/4"	s	s	ensamble	galvanizado
25	tuerca para cabeza	3	acero de 1/4" SAE 8 allen	s	s	ensamble	galvanizado
26	cuña	1	acero de 1/4" AISI 1015	s	s	corte, barrinado, coordinado, ensamble	galvanizado p. uretano
27	polea grande	1	aluminio 360 de 25"	s	s	ensamble	natural
28	prisionero allen para polea grande	1	acero de AISI 2350	s	s	ensamble	galvanizado
29	usinas grande micropower	1	neopreno larga vida	s	s	ensamble	natural

Procesos

Acabados y materiales



30	chumacera con balero de bolas	2	hierro fundido de 1 3/4 y AISI 4340	s s	ensamble engrasado	natural	
31	tornillos armazón-chumacera	4	acero de 1/2" X 3" SAE 8	s s	ensamble	galvanizado	
32	justo de bal de abrazadera giro-veleta	4	acero de 1/2" SAE 8	s s	ensamble	galvanizado	
33	tuerca armazón-chumacera	4	acero de 1/2" SAE 8	s s	ensamble	galvanizado	
34	justo de bal de abrazaderas inter-postes	4	acero de 1/2" SAE 8	s s	ensamble	galvanizado	
35	rondana de presión armazón-chumacera	4	acero de 1/2" SAE 1018	s s	ensamble	galvanizado	
36	abrazadera giro-veleta inter postes	4	acero de 1/2" SAE 1018	s s	ensamble	galvanizado	
37	flecha del rotor	1	barra de acero 1 3/4 AISI 4140	s s	corte, rectificad, fresado, barrenado, ensamble	galvanizado	
38	placa de armazón	1	placa de 3/16 de acero SAE 1018	s s	corte, barrenado ensamble, soldado	galvanizado	
39	estructura de armazón	1	perfil PTR acero SAE 1018	s s	corte, barrenado ensamble, soldado	galvanizado	
40	tornillos del armazón	16	acero de SAE 1018	s s	ensamble	galvanizado	
41	carcaza	32	de goma				
42	tuercas del armazón	16	acero de SAE 1018	s s	ensamble	galvanizado	
43	carcaza	32					
44	rondanas de presión	22	acero de SAE 1018	s s	ensamble	galvanizado	
45	carcaza	32					
46	polea mediana	1	aluminio 380 13"	s s	ensamble	natural	
47	prisionero alen de polea	2	acero de AISI 2350	s s	ensamble	galvanizado	
48	flecha chica	1	barra de 1/2" de acero SAE 4140	s s	corte, barrenado	galvanizado p. uretano	
49	polea chica	1	aluminio 380 2"	s s	ensamble	natural	
50	chumacera chica con rodamiento de bolas	2	acero fundido y rodamiento de 1/2" de acero SAE 4140	s s	ensamble	natural	
51	generador de electricidad	1	2000 wats 120v w/o 12v	s s	ensamble	p. uretano	
52	bnda chica hi power	1	neopreno larqa vida	s s	ensamble	natural	
53	abrazadera	2	solera de 1/4" de acero 1018	s s	corte, barrenado limado	galvanizado p. uretano	
54	flecha de balancín	1	barra de 1" de acero SAE 4140	s s	corte, barrenado limado	galvanizado	
55	chaveta de balancín	2	acero de AISI 4340	s s	ensamble	galvanizado	
56	resorte	2	acero de 1" revenido en aceite ASTM 229	s s	ensamble	p. uretano	
57	eje de giro	1	zinalco II	s s	fundicion en a. Verde, rebabado rectificad, barrenado, limado	p. uretano	
58	rodamiento de carga sellado	1	balero de rodillos sellado SAE 5210	s s	ensamble	natural	
59	porta rodamiento	1	barra de acero SAE 1018	s s	corte, torneado barrenado, ensamble	galvanizado p. uretano	
60	veleta	1	lamina cal de acero SAE 1018	s s	cizallado, doblado barrenado, ensamble y soldado	galvanizado p. uretano	
61	eje de veleta	1	tubo de 1 1/4" de acero ASTM A 53 Ced 40	s s	corte, barrenado ensamble, soldado limado	galvanizado p. uretano	
62	peñanos	40	acero de 1/2" SAE 1018	s s	corte, doblado ensamble, soldado limado	galvanizado p. uretano	
63	torre	4	tubo de 4" de acero ASTM A 53 Ced 40	s s	corte, barrenado ensamble, soldado limado	galvanizado p. uretano	
64	pivote de torre	3	Perfil PTR de 3" SAE 1015	s s	corte, barrenado ensamble, soldado limado	galvanizado p. uretano	
65	tornillos inter-postes	6	tornillos de 1/2" SAE 8 hexagonales	s s	ensamble	galvanizado	
66	sujetador de cable (piso)	4	barilla 5/8" SAE 1010	s s	corte, doblado en caliente, soldado	galvanizado p. uretano	
67	cable torre-piso	4	cable tipo retenida gal. 5/8"	s s	corte, ensamble	galvanizado	
68	anclas para muertos	4	acero forjado de 5/8" SAE 1010	s s	ensamble	galvanizado p. uretano	
69	arnas de seguridad con pierna	1	nylon reforzado	s s		natural	

Procesos Acabados y Materiales

54	cuenda con ganchos para arnes	1	nylon trenza- do y acero forjado SAE 1010	s s		natural galvanizado			
55	argolla para ganchos de cinturón	1	acero forjado recocado SAE 1010	s s	corte, doblado en caliente, soldado	galvanizado p. uretano			
56	lizo de nylon para amarrazado	1	nylon reforzado y trenzado	s s	corte y ensamble	natural			
57	tiza interna de conmutador	1	tubo pvc	s s	corte y ensamble	natural			
58	tiza externa de conmutador	1	tubo pvc	s s	corte y ensamble	natural			
59	rueda de cobre	2	tubo de pared gruesa de cobre de 2"	s s	corte, limado, soldado y ensamble	natural			
70	ruedas aislantes	2	empaque de neopreno	s s	ensamble	natural			
71	cinta aislante de carcasa	2	cinta en "U" de neopreno	s s	ensamble	natural			
72	carbones	1	electrograficas impregnadas	s s	ensamble	natural			
73	caja porta carbones interna	1	lamina de poliuretano cal	s s	corte, pegado y ensamble	natural			
74	caja porta carbones externa	1	lamina cal 22 de acero SAE 1015	s s	corte, doblado barrenado, y ensamble	galvanizado p. uretano			
75	plomada	2	barra de 1" acero SAE 1018	s s	corte, barrenado ensamble	galvanizado			
76	cable de plomada	1	cable de 1/4" de acero tipo retenida	s s	corte y ensamble	galvanizado			
77	ojillo de veleta	1	tubo de 1 L/4" de acero A53 Ced 40	s s	corte, soldado	galvanizado			
78	bolso	1	nylon	s s		natural			
79	gancho de puela	1	acero forjado SAE 1010	s s	ensamble	galvanizado			
80	cuenda para polea	1	nylon trenzado	s s	corte y ensamble	natural			
91	tapa de carcasa	1	lámina cal 22 de acero 1018	s s	cizallado, rolado doblado, barrenado, ensamble	galvanizado p. uretano			
82	laterales de carcasa	2	lámina cal 22 de acero 1018	s s	cizallado, doblado barrenado ensamble y limado	galvanizado p. uretano			
83	pano	1	nylon	s s		natural			
84	codos de carcasa	6	placa de 1/4" de acero SAE 1018	s s	corte, doblado barrenado y ensamble	galvanizado p. uretano			
85	carcasa de caja electrónica	1	lámina cal 22 de acero SAE 1018	s s	corte, doblado, ensamble	galvanizado p. uretano			
86	base de caja electrónica	1	lámina cal 22 de acero SAE 1018	s s	corte, doblado, ensamble	galvanizado p. uretano			
87	carcasa de caja desmontable	1	lámina cal 22 de acero SAE 1018	s s	corte, rolado, blado soldado barrenado	galvanizado p. uretano			
88	juego de contactos para caja electrónica	1	polietileno y aluminio	s s	ensamble	natural			
89	porta pako	12	lamina de acero SAE 1018	s s	ensamble	natural			
90	enchufe de entrada a caja	1	polietileno y aluminio	s s	ensamble	natural			
91	enchufe de salida a caja	1	polietileno y aluminio	s s	ensamble	natural			
92	Seguro de puerta de carcasa	2	lamina de acero SAE 1018	s s	corte, doblado ensamble, soldado	galvanizado p. uretano			
93	gancho de plomada con seguro.	2	acero forjado SAE 1010	s s	ensamble	galvanizado			
94	parte aguas	1	lámina de acero 1018	s s		p. de uretano			
95	frente cabeza	1	lámina de acero 1018	s s		p. de uretano			
96	frente nariz	1	lámina de acero 1018	s s		p. de uretano			
97	cubre eje	1	lámina de acero 1018	s s		p. de uretano			

TODOS LOS CALCULOS SE HECHARON

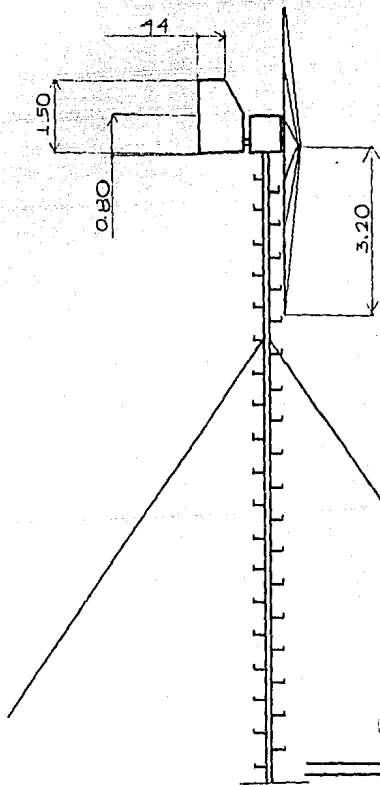
A CABO MEDIANTE COMPUTADORA. Y

POR RAZONES DE ESPACIO NO SE

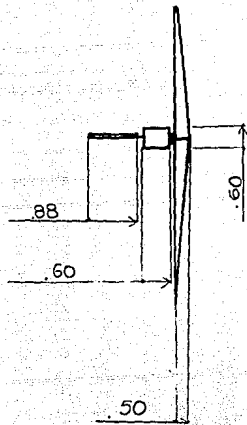
INCLUYER ADULT.

Procesos
Arrobados
y Materiales

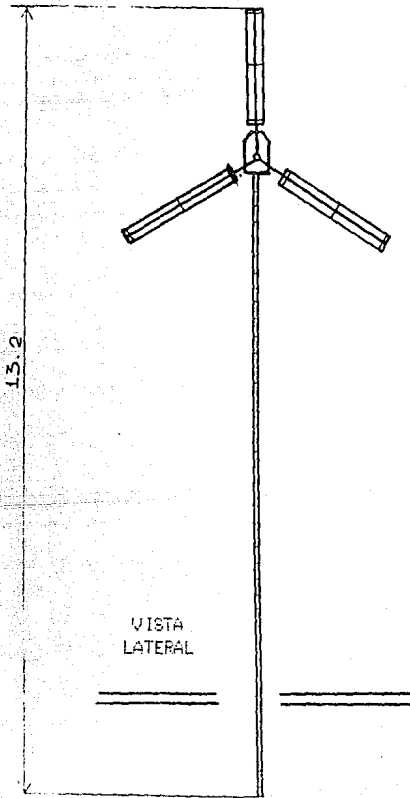




VISTA
LATERAL



VISTA
SUPERIOR

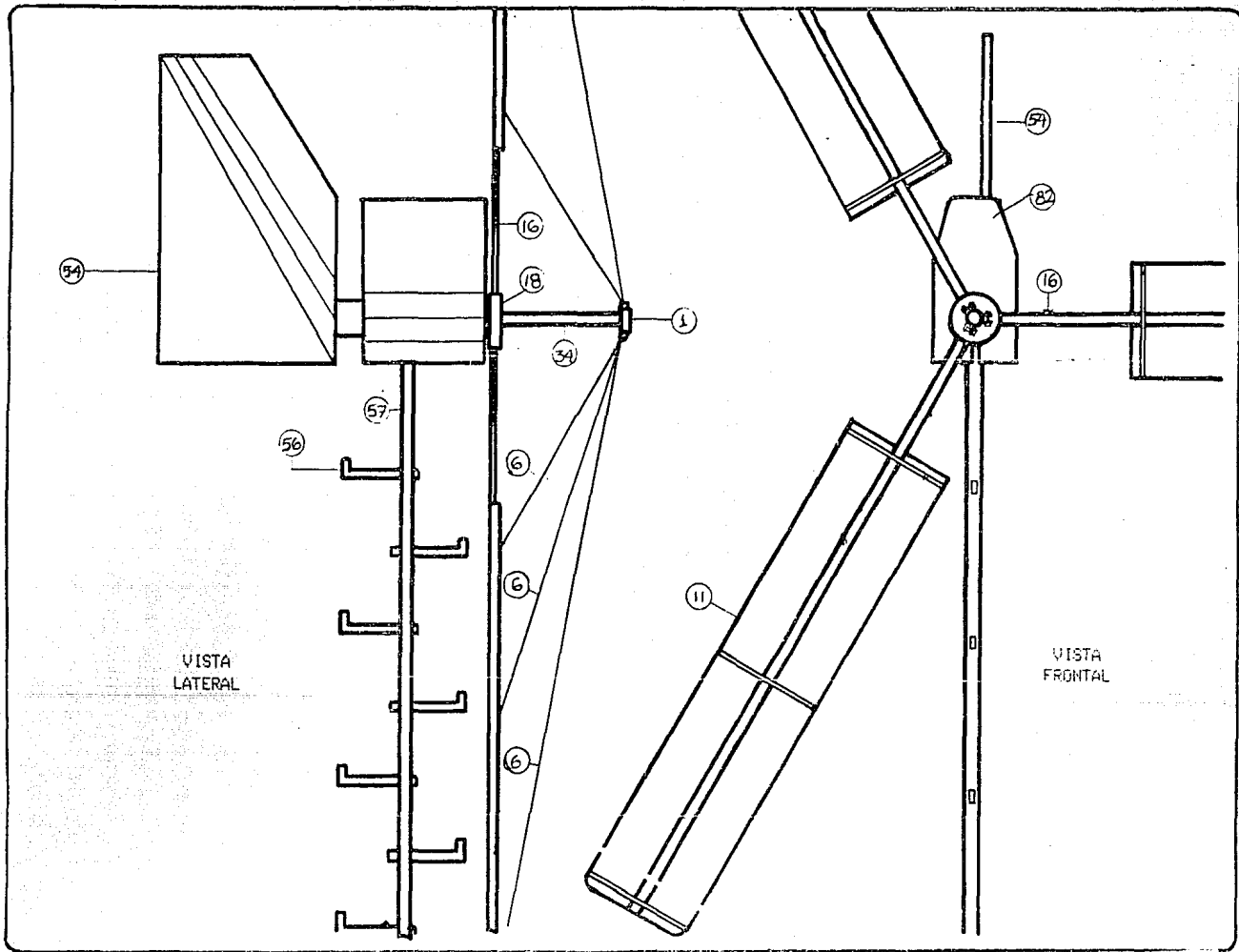


VISTA
LATERAL

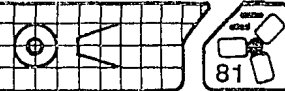
Planos

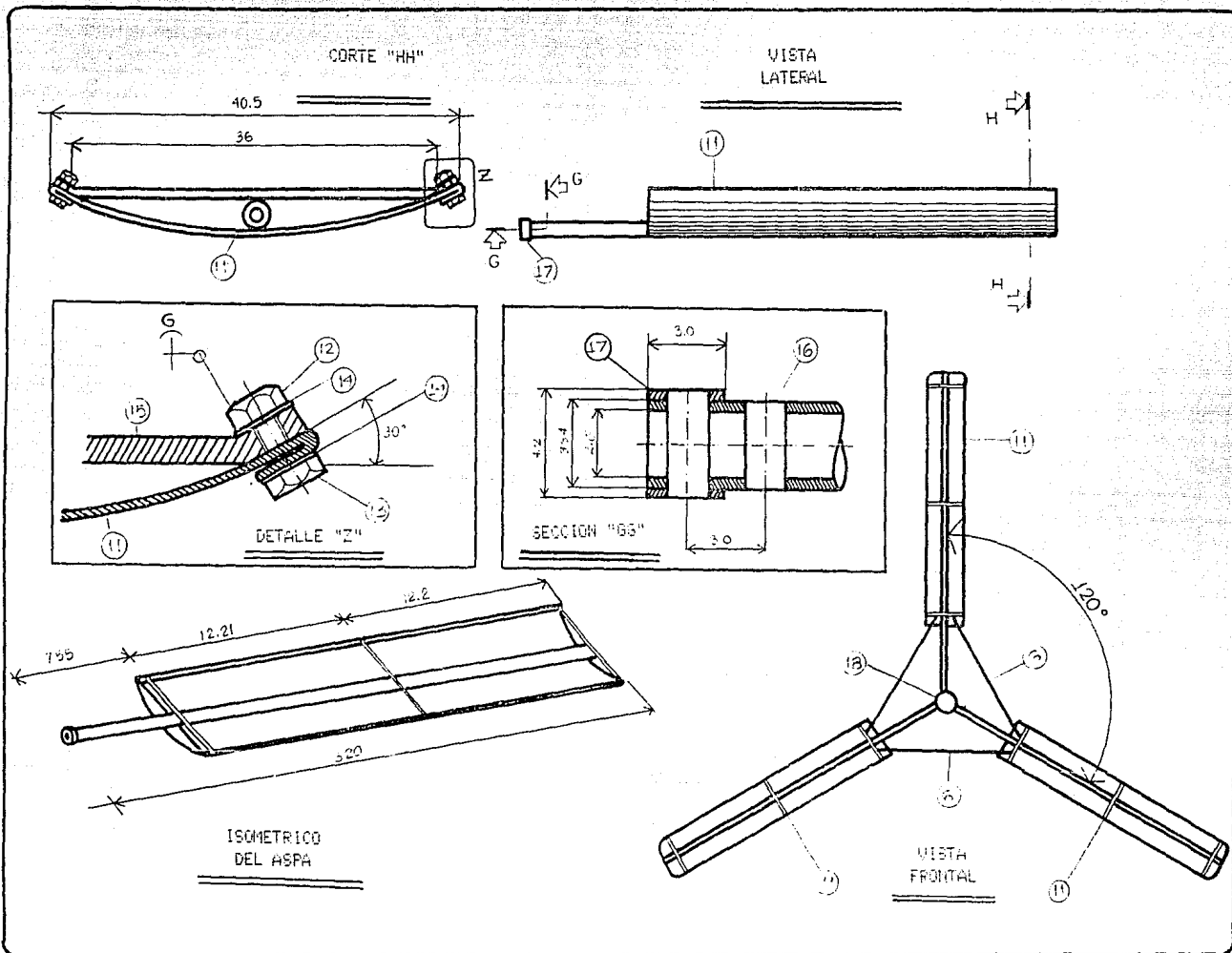
costos m. escala 1/2





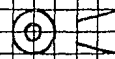
Planos

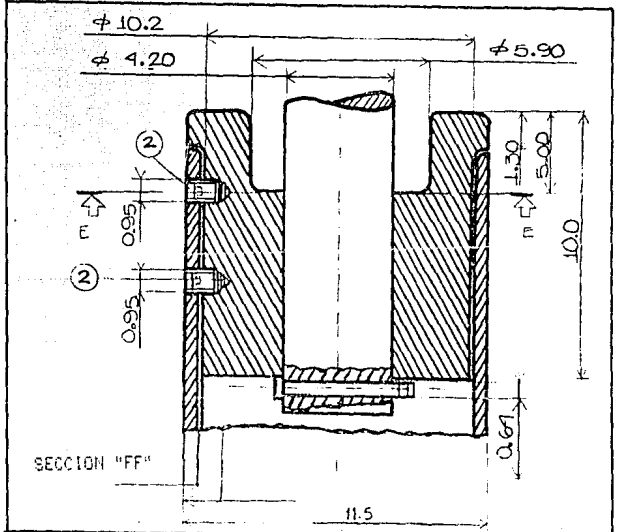
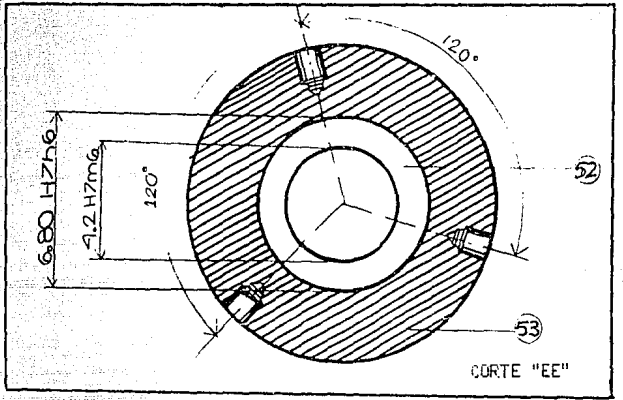
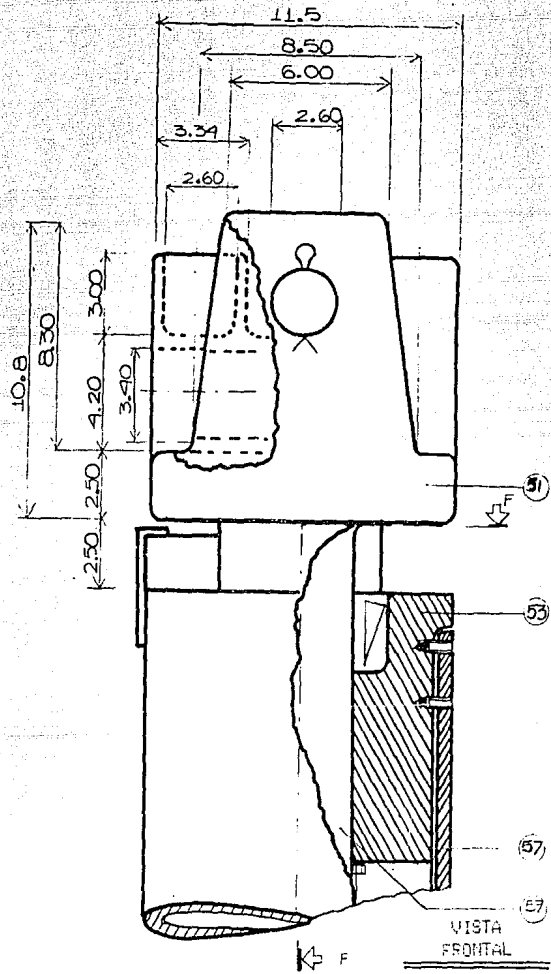




Planos

Notas con el aspa

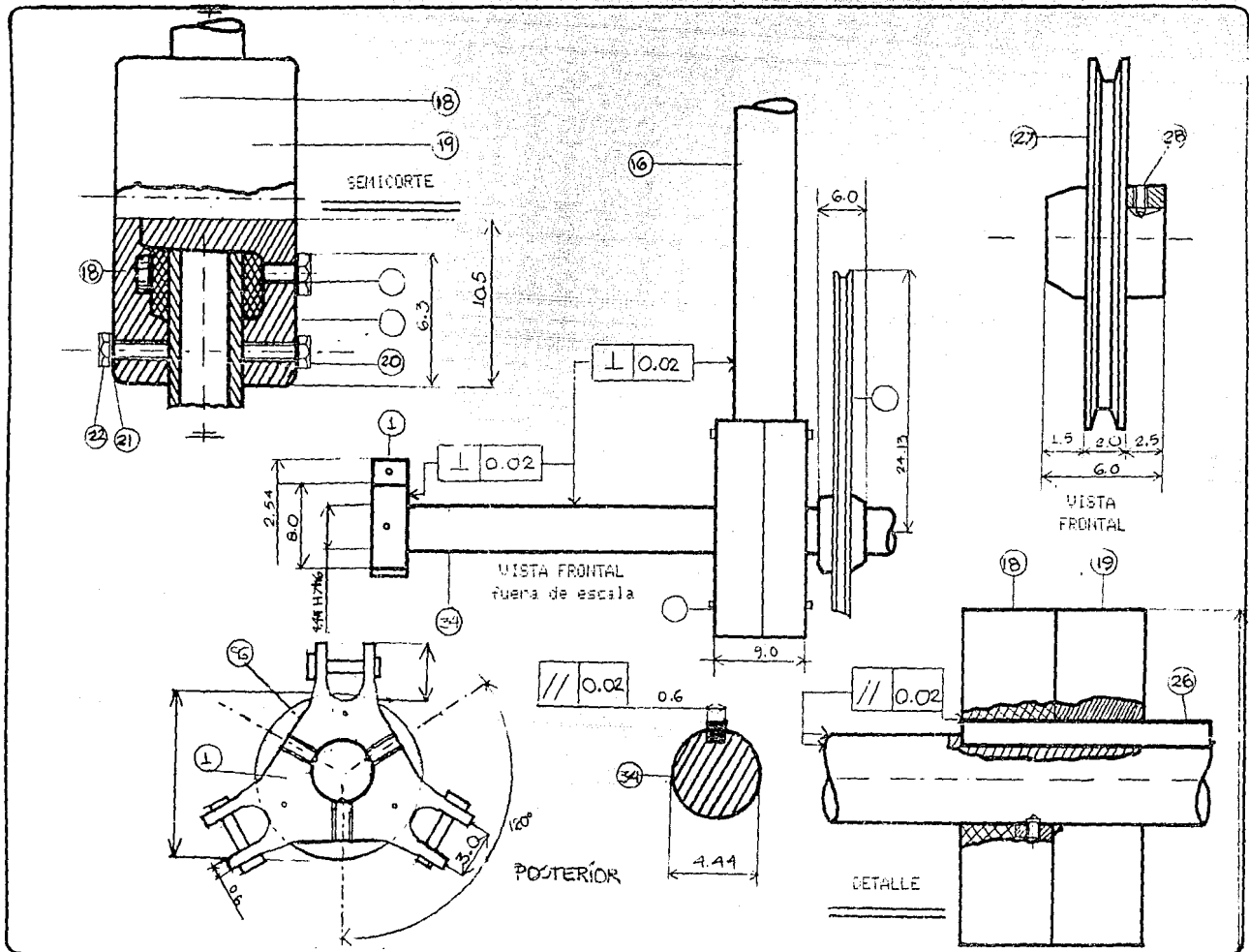




Planos

copied on 1/25/05

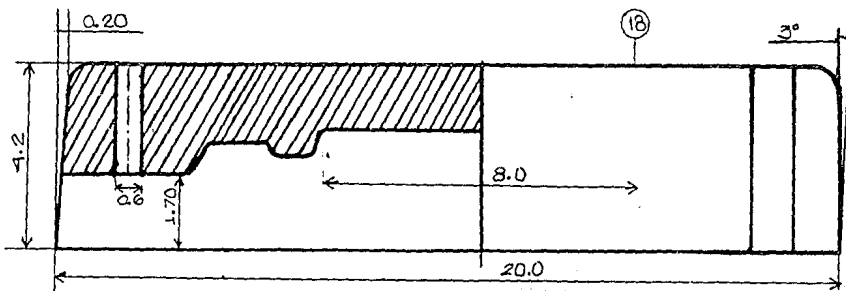




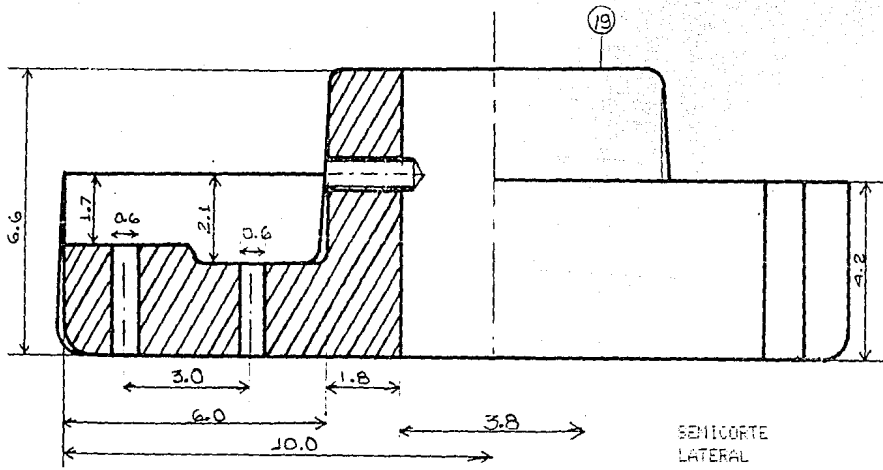
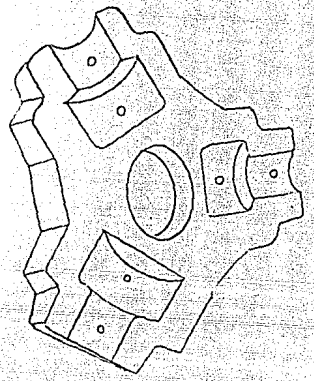
Planos

copio em escala de

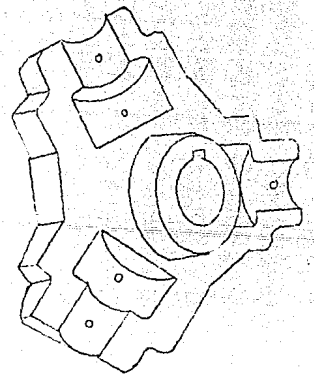




SEMICORTE
LATERAL



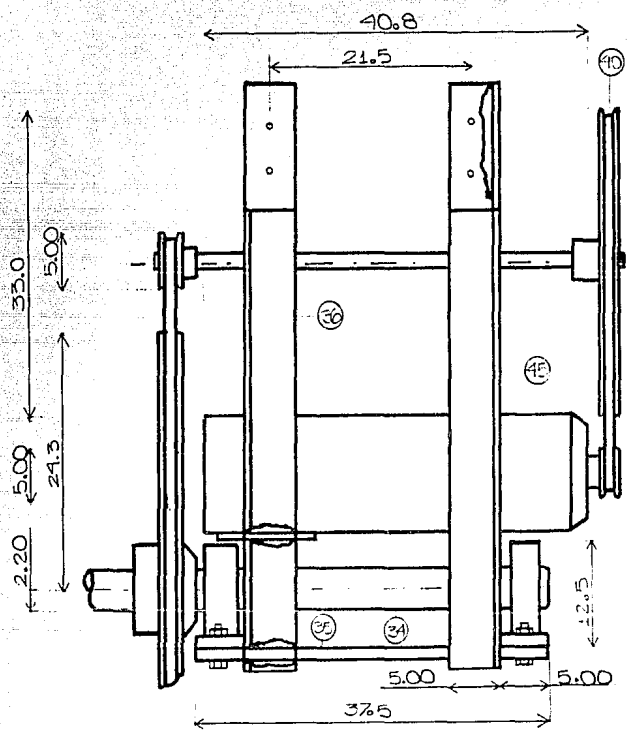
SEMICORTE
LATERAL



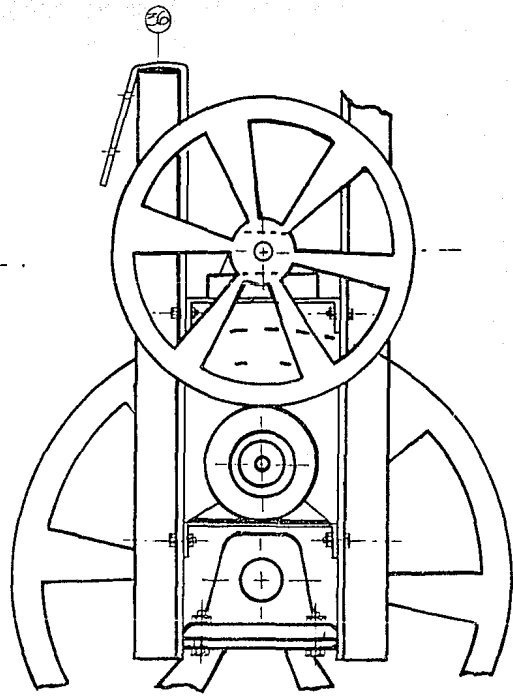
Planos

COPIA EN 1/2





VISTA
LATERAL

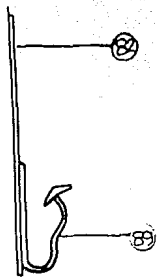


VISTA
FRONTAL

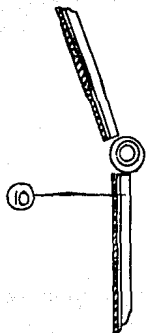
Planos

colar com 200 He

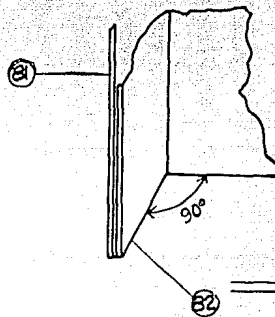




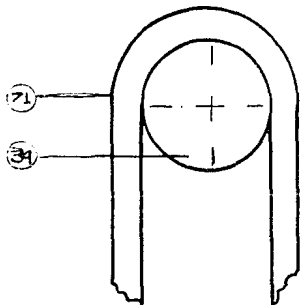
FRONTAL



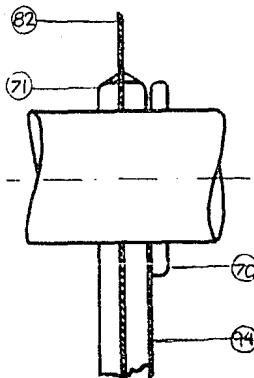
FRONTAL



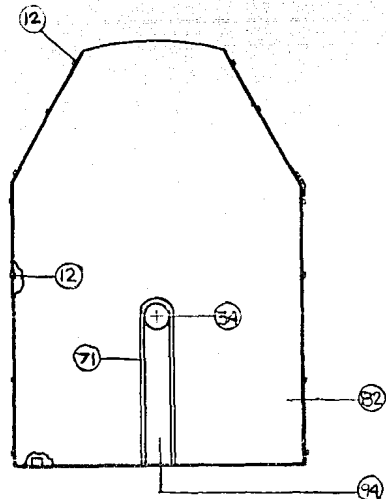
DETALLE
DE UNION



FRONTAL



ENSAMBLE

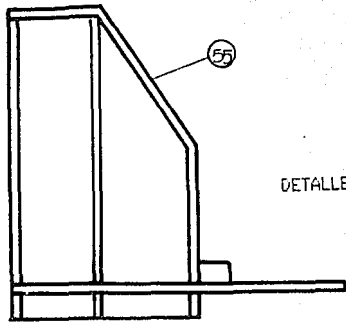


VISTA
FRONTAL

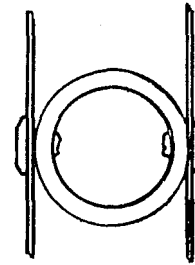
Detalles

0062 0062

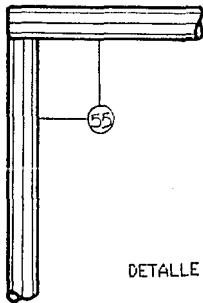




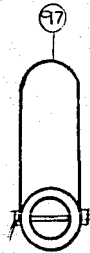
DETALLE



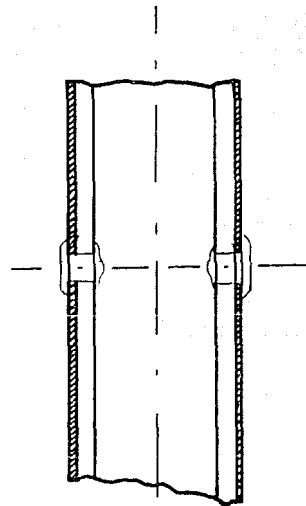
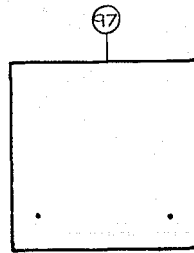
SUPERIOR



DETALLE



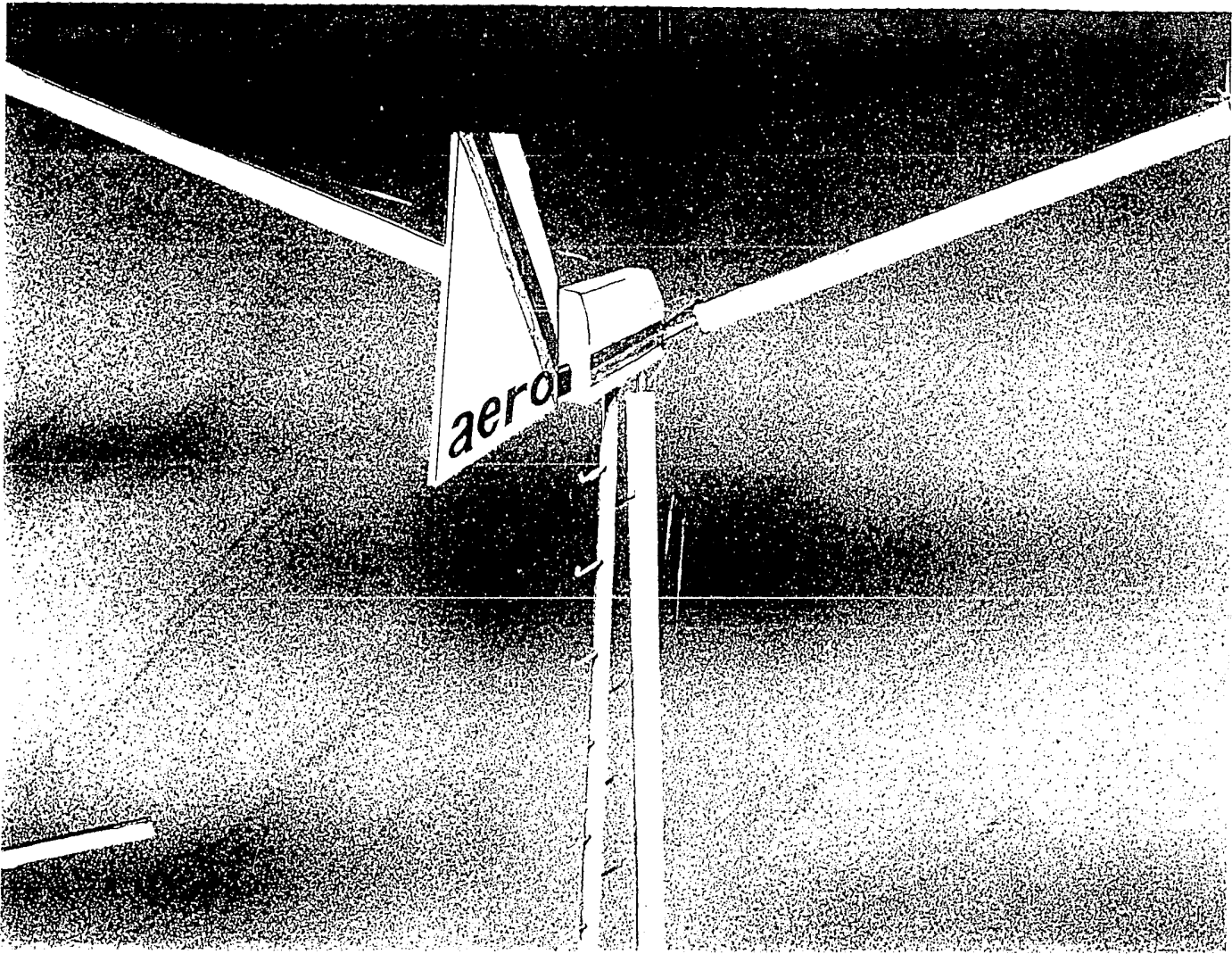
VISTA
FRONTAL



CORTE

Detalles





CONCLUSIONES

Mediante la investigación, modelos y prototipo; llegamos a un diseño que cumple con los objetivos propuestos, mismos de índole económica, técnica, ergonómica y estética.

Las innovaciones y mejoras técnicas propuestas, permiten un menor costo de producción así como la ventaja de generar electricidad aun en condiciones de fuertes vientos, lo cual no está contemplado dentro de los aerogeneradores de la competencia nacional y en casos cuando el viento es fuerte o permanece así por varios días el suministro eléctrico se termina; porque en ese lapso el aerogenerador se mantuvo en su posición de frenado, impidiendo en algunos casos la comunicación por radio (tipo aficionado, o de onda corta), televisión o radio, así como la descomposición de alimentos por falta de refrigeración en momentos difíciles etc.

Considero que es una de las pocas veces que en México se contempla a los aerogeneradores desde el punto de vista ergonómico y estético. Un aporte interesante fue el dividir al aerogenerador en fases para intentar que no escaparan muchos detalles ergonómicos, así como tratar cada sistema por el filtro de los 24 aspectos que se consideraron mas importantes.

La estética, me llevo por caminos que no había explorado, mi poca experiencia siempre estaba encaminada en aplicar los conocimientos estéticos y ergonómicos a productos de tamaño pequeño, en este caso el producto mide mas de 10 metros de altura, así que fue una experiencia nueva e interesante.

Todo lo expuesto hasta el momento concluye en la primera etapa. Ya que la ergonomía y la estética principalmente reclaman una segunda, en la cual también se contemplan mejoras técnicas y cambios en el diseño para simplificar su producción lo cual va a repercutir reduciendo los costos.

Ya se inicio la segunda etapa, en la que están definidas dos propuestas diferentes entre sí, pero que llevan el sello de la primera etapa.

Esta primera etapa fue vital para entender con mayor claridad el fabuloso tema de los aerogeneradores rurales, formar criterios para definir las ventajas y desventajas que pueden tener dichos sistemas. Esta etapa aclaró la problemática ergonómica que poco había sido tratada, por lo que encontré un campo enorme en el que comence a trabajar, y dejo a una segunda etapa la función de criticarla y mejorarla.

En todo momento se intento hacer aplicable el aerogenerador a México, tanto en aspectos meteorológicos como sociales y creo que se logro.

De esta primera etapa surgieron también la marca, una solicitud de patente y parametros muy importantes, que sin ellos jamás se hubiera logrado llegar a la segunda etapa; misma que deja visualizar un mejor aerogenerador en todos sentidos.

En lo personal me dejo una cantidad enorme de experiencias y conocimientos, mucho mayores a los que supuse cuando inicié esta tesis, y aun me quedan muchos, pero en realidad muchos por aprender.

Conclusiones

FUENTES ALTERNAS

- * Ma. Mercedes Fernández Álvarez./ La energía solar y las fuentes no convencionales./ Editorial Trillas./ México 1990 por salir al mercado.
- * Ma. Mercedes Fernández Álvarez y Ricardo Saldana Flores./ Uso de fuentes alternativas de energía en un rancho localizado en Martínez de Alatorre Veracruz./ IX Congreso nacional de energía solar./ Mérida Yucatán 1985./ México.
- * Plea 1984./ Passive and low energy ecotechniques applied to housing./ Tomos I, II y III./ Pergamon press./ México.
- * Manual Martínez y Nora Montes./ Fuentes de energía nuevas y renovables./ Revista solar No. 4 1983./ Asociación nacional de energía solar./ México.
- * Eugenia Olgún./ Qué son las tecnologías apropiadas y que papel juegan en México./ Revista solar No. 8 1984./ ANES. México
- * Ulises Ladislao./ Hacia la fuente de la eterna energía./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Conacyt./ Mayo 1987.
- * José de la Herrán./ Cintas Metálicas amorfas./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Conacyt./ Agosto 1988.

ENERGÍA EOLICA

- * María Mercedes Fernández Álvarez y Ricardo Saldana Flores./ Antecedentes históricos de la utilización del viento./ Revista Solar de la Asociación Nacional de Energía Solar./ Número 15, Invierno 1988.
- * María Mercedes Fernández Álvarez y Ricardo Saldana Flores./ Viabilidad de generación eolo-eléctrica en B. California./ Congreso Internacional, por la Asociación nacional de energía solar./ Baja California Méx. 1990
- * Curso de actualización en generación de electricidad./ ANES, Instituto tecnológico de Ciudad Madero Tamps. Méx./ Octubre 1984
- * Frank R. Eldridge./ Wind Machines./ Van Nostrand Reinhold Company./ second edition./ New York 1980 U.S.A.

- * Floyd Hickok./ Handbook of solar and wind energy./ CBI Publishing Company Inc./ fourth edition./ Massachusetts 1975 U.S.A.
- * Organización Latinoamericana de energía./ aerogeneración de energía./ segunda edición 1983./ Quito Ecuador.
- * CNIE-Argentina, HIMAT Colombia, IIE México, DLADE./ I Curso seminario, Latinoamericano sobre prospección, evaluación y caracterización de la energía eólica./ Cuernavaca Morelos 1980./ México.

MECANICA Y ELECTRICA

- * George Dieter./ Engineering design./ Mc. Graw Hill./ Kosaido Printing Co. LTD Tokio 1983 ./ Japan.
- * Ferdinand P. Beer & E. Russell Johnson Jr.. Mecánica de materiales./ Mc. Graw Hill./ 1983 México.
- * Gates./ Manual para diseño de transmisiones con bandas V ./ México.
- * Norman H. Beachley & Howard L. Harrison./ Introduction to dynamic system analysis./ Harper & Row Publishers./ New York 1978./ U.S.A.
- * Joseph E. Shigley, Larry D. Mitchell./ Diseño en ingeniería mecánica./ Mc. Graw Hill./ Tercera edición 1985./ México.
- * Ray C. Johnson ./ Optimun design of mechanical elements ./ John Wiley & Sons, Inc a Wiley-interscience publication./ Second edition./ New York./ U.S.A.
- * Manuel Puchol./ Motores de corriente alterna./ Limusa ./ Segunda edición 1978./ México.
- * Luis Emilio Rendón./ Más sobre superconductores./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Conacyt./ Octubre 1987.
- * Ulises Ladislao./ ...Y se hizo la luz./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Conacyt./ Diciembre 1987
- * Ulises Ladislao./ Los superconductores./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Conacyt ./ Julio 1987

* Yunny Meas./ Las pilas y las baterías./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Conacyt./ Enero 1988

* Harvey E. White./ Física Moderna./ Tomo I./ Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana./ Sexta edición./ 1981./ México

* Patricia Aridjis Perea./ Cuando México dio Luz Crónica de electrificación ./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Noviembre 1988./ Conacyt./ México

* Chester. L. Dawes./ Electricidad industrial./ tomos I y II./ Editorial Reverté S.A./ segunda edición./ Barcelona 1982.

DISEÑO INDUSTRIAL.

Norma Herrera./ La ergonomía labor de muchos./ Revista Información científica y tecnológica./ Diciembre 1984./ CONACYT./ México.

Elvia Giron Hurtado./ Al alcance de la mano la ergonomía en acción./ Revista Información Científica y Tecnológica./ Noviembre 1986./ Conacyt ./ México.
The design council of London./ Industrial design in engineering./ Springer Verlag./ first edition 1983./ London.

Nils Lundgren./ Ergonomia 46./ Centro nacional de productividad,servicio nacional ARMO./ primera edición 1972 ./ México.

B. Munari./ Diseño y comunicación v'sual./ Colección comunicación visual./ Editorial Gustavo Hilli, S.A./ Septima edición 1983./ Barcelona./ España.

Apuntes efectuados durante la carrera.