



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento N° 1: MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011

RUBEN VICENTE SEVILLA



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento Nº 4: PRESUPUESTO

El ingeniero técnico industrial,


Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011

RUBEN VICENTE SEVILLA

ÍNDICE

1. Chavetas.....	Pág. 1
2. Rodamientos.....	Pág. 1
3. Soportes rodamientos.....	Pág. 2
4. Acoplamientos y freno.....	Pág. 2
5. Tornillería.....	Pág. 2
6. Metalurgia.....	Pág. 3
7. Mano de Obra y Costes indirectos.....	Pág.3
8. Resumen del presupuesto.....	Pág. 4


 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 1 de 4

1.- CHAVETAS

Unidad de medida		Unidades	Precio unitario	Total Partida
Ud	Chaveta DIN 6886 80x40x320	1,000	53,85	53,85
Ud	Chaveta DIN 6886 40x22x120	1,000	14,78	14,78
Ud	Chaveta DIN 6886 40x22x400	1,000	35,45	35,45
Ud	Chaveta DIN 6886 22x14x200	1,000	4,57	4,57
Ud	Chaveta DIN 6886 22x14x100	1,000	2,62	2,62
TOTAL				111,27 €

2.- RODAMIENTOS

Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
Ud	Rodamiento de rodillos cónicos SKF HM 26644/410	1,000	5536,75	5536,75
Ud	Rodamiento de rodillos cilíndricos SKF NCF 2976 CV	1,000	7260,50	7260,50
Ud	Rodamiento de rodillos cilíndricos SKF NCF 3034 CV	6,000	2064,25	12385,5
Ud	Rodamiento de bolas rígidas SKF 6332 M	1,000	3990,24	3990,24
Ud	Rodamiento de rodillos cilíndricos SKF NCF 3036 CV	6,000	2425,65	14553,9
Ud	Rodamiento de bolas rígidas SKF 6417	1,000	974,77	974,77
TOTAL				44701,66 €

 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 2 de 4

3.- SOPORTES RODAMIENTOS


Marca	Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
2	Ud	Soporte rodamiento SKF 45210/410	1,000	1050,20	1050,20
16	Ud	Soporte rodamiento SKF 29645/310	1,000	845,30	845,30
TOTAL					1895,50 €

4.-ACOPLAMIENTOS Y FRENO

Marca	Unidad de medida		Unidades	Precio unitario	Total Partida
1	Ud	buje de sujeción modelo ETP HICON – F380	1,000	580,90	580,90
-	Ud	acoplamiento semiflexible RB 1.15 RENOLD	1,000	240,75	240,75
9	Ud	Freno TWIFLEX XSH 9.6	1,000	670,75	670,75
TOTAL					1492,40 €

5.- TORNILLERIA

Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
Ud	Tornillo de Acero Inoxidable 321 M50 x 100 con arandela mas tuerca	16,000	1.20	19,20
Ud	Tornillo de Acero Carbono M40 x 100 más arandela más tuerca	2,000	0.90	1,80
Ud	Tornillo prisionero de Acero Carbono M80x120	6,000	1.30	7,80
TOTAL				28,80 €


 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 3 de 4

6.- METALURGIA

Marca	Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
15	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	1735,68	0,945	1640,20
10	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	53,22	0,945	50,30
12	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	268,80	0,945	254,10
13	Kg	Acero AISI 9255 Q&T 400	2509,10	1,085	2722,35
5	Kg	Acero AISI 9255 Q&T 400	42462,80	1,085	46072,05
3	Kg	Acero AISI 9255 Q&T 400	5184,00	1,085	5624,64
8	Kg	Acero AISI 4130 WQT 700	867,84	1,0164	882,07
7	Kg	Acero AISI 4130 WQT 700	12234,24	1,0164	12434,88
6	Kg	Acero AISI 4130 WQT 700	1367,04	1,0164	1389,46
14	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	5836,8	0,945	5515,78
11	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	2542,08	0,945	2402,26
4	Kg	Acero AISI 1050 estirado en frio	33623,04	0,738	24813,80
TOTAL					103801,89 €

7.- MANO DE OBRA Y COSTES INDIRECTOS

Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
h	Oficial 1ª Tornero	70,000	50,00	3500,00
h	Oficial 1ª fresador	90 ,000	35,00	3150,00
h	Oficial 1ª Soldador	16,000	27,00	432,00
h	Peón ordinario Soldador	16,000	18,00	288,00
h	Montador	40,000	22,00	880,00
h	Ayudante Montador	40,000	12,75	510,00
%	Medios auxiliares	12,000	8760,00	1051,2
%	Costes indirectos	8,000	3250,00	260,00
TOTAL				10071,20 €

 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 4

8.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1. Chavetas.....	111,27€
2. Rodamientos.....	44701,66 €
3. Soportes rodamientos.....	1895,50 €
4. Acoplamientos y freno.....	1492,40 €
5. Tornilleria.....	28,80 €
6. Metalurgia.....	103801,89 €
7. Mano de obra y costes indirectos.....	10071,20 €

TOTAL: 162.102,72 €

El presupuesto total asciende a **ciento sesenta y dos mil ciento dos euros con setenta y dos céntimos, 162.102,72 €**

El Ingeniero Técnico Industrial

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento N° 2: PLANOS

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011

RUBEN VICENTE SEVILLA


ÍNDICE

-Conjunto transmisión (001).....	Hoja. 1
-Conjunto 1ª etapa epicicloidial (002).....	Hoja. 2
-Conjunto 2ª etapa epicicloidial (003).....	Hoja. 3
-Corona 1ª etapa (004).....	Hoja. 4
-Corona 2ª etapa (005).....	Hoja. 5
-Eje de baja velocidad(006).....	Hoja. 6
-Eje de alta velocidad (007).....	Hoja. 7
-Eje intermedio (008).....	Hoja. 8
- Planeta 1ª etapa (009).....	Hoja. 9
- Planeta 2ª etapa (010).....	Hoja. 10
-Portasatelites 1ª etapa (011).....	Hoja. 11
- Portasatelites 2ª etapa (012).....	Hoja. 12
-Sol 1ª etapa (013).....	Hoja. 13
-Sol 2ª etapa (014).....	Hoja. 14
-Carcasa (015).....	Hoja. 15
-Soporte 1ª corona (016).....	Hoja. 16
-Soporte 2ª corona (017).....	Hoja. 17

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	Pág. 1
2. Objeto del proyecto.....	Pág. 1
3. Titular.....	Pág. 1
4. Situación de la Instalación.....	Pág. 1
5. Legislación.....	Pág. 3
5.1. Normativa Diseño Industrial.....	Pág. 3
5.1.1. Sobre ejes.....	Pág. 3
5.1.2. Sobre chavetas.....	Pág. 3
5.1.3. Sobre rodamientos.....	Pág. 3
5.1.4. Sobre engranajes rectos.....	Pág. 4
5.2. Normativa Industrial.....	Pág. 5
5.2.1. Nacional.....	Pág. 5
5.2.2. Regional.....	Pág. 5
5.2.3. Municipal.....	Pág. 6
5.3. Normativa para Aceros.....	Pág. 6
5.4. Acotación.....	Pág. 6
5.5. Normativa de Fabricación.....	Pág. 6
5.6. Códigos de Diseño.....	Pág. 6
5.7. Reglamento de Seguridad en Máquinas.....	Pág. 6
6. Características Técnicas, Físicas y Geométricas del Aerogenerador.....	Pág. 7
6.1. Rotor.....	Pág. 7
6.2. Buje.....	Pág. 7
6.3. Palas.....	Pág. 7
6.4. Eje de Baja Velocidad.....	Pág. 8
6.5. Multiplicadora.....	Pág. 8
6.6. Eje Intermedio.....	Pág. 9
6.7. Eje de Alta Velocidad.....	Pág. 10
6.8. Freno.....	Pág. 10
7. Principio de Funcionamiento.....	Pág. 10
8. Plazo de Ejecución de las Instalaciones.....	Pág. 11
9. Estudio de Seguridad y Salud.....	Pág. 11

9.1. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud.....	Pág. 11
9.2. Identificación y Valoración de Riesgos.....	Pág. 12
9.3. Acción Preventiva.....	Pág. 12
9.4. Presupuesto de las Medidas de Prevención.....	Pág. 12
10. Forma de Pago.....	Pág. 13
11. Documentos que constan en el Proyecto.....	Pág. 13
12. Conclusión a la Memoria.....	Pág. 13

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 1 de 13

1. ANTECEDENTES

El profesor encargado de dirigir proyectos en el departamento de ingeniería Mecánica de la universidad politécnica de Cartagena, D. Miguel Lucas Rodríguez, propone al alumno de I.T.I mecánica Rubén Vicente Sevilla, el cálculo y diseño de una transmisión epicicloidal de doble etapa para un aerogenerador de 900 kw situado en la sierra de Portman, La Unión (Murcia), como requisito indispensable para la obtención de título de ingeniero técnico mecánico.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto la realización de los cálculos necesarios para el diseño de una transmisión epicicloidal de un aerogenerador de 900 kw así como la realización de los planos necesarios para la fabricación y posterior montaje del mecanismo en el interior de la cabina del mismo, dando una estimación del coste de fabricación.

3. TITULAR

Proyecto realizado por el alumno de Ingeniería Técnica Industrial, Esp. Mecánica, Rubén Vicente Sevilla. Tutelado por el profesor de la U.P.C.T Miguel Lucas Rodríguez. Servirá como proyecto fin de carrera para el alumno, y únicamente será empleado para fines docentes y educativos.

4. SITUACION DE LA INSTALACION

El aerogenerador donde va instalada la transmisión estará situado en la sierra de Portman en La Unión (Murcia).La carretera de acceso es la N-345 a la altura de la Unión.

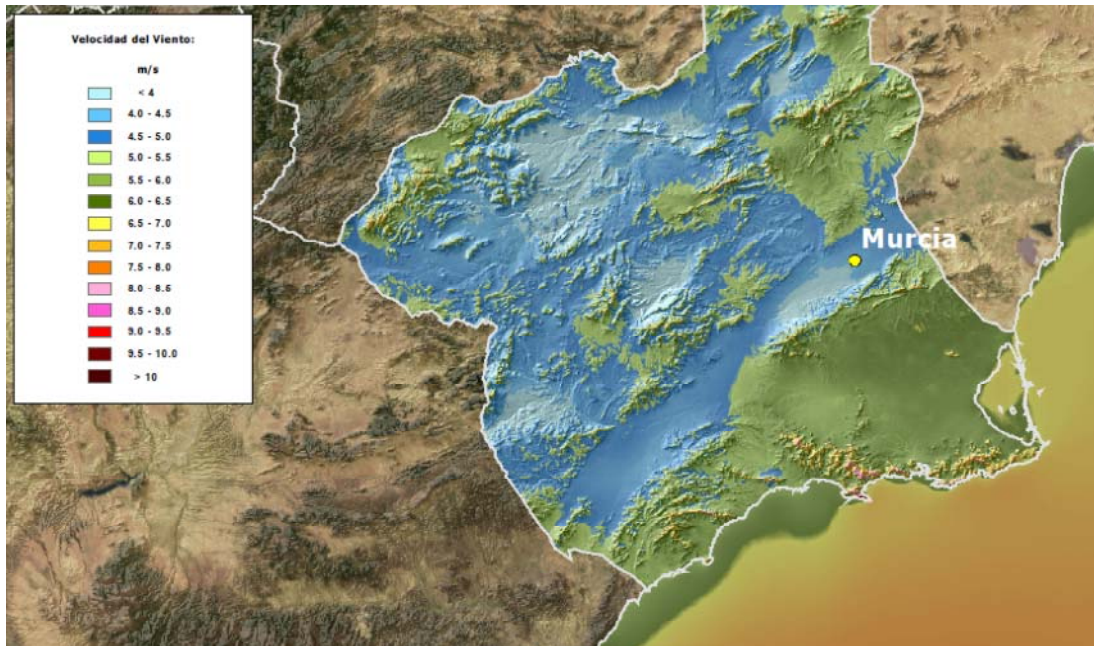


Plano de situación



La velocidad del viento que mide su energía cinética es el valor a conocer para saber si podemos extraer o no energía. Debemos conocer las distintas velocidades que se presentan en el terreno, con sus probabilidades de aparición. A partir del mapa eólico que marca las velocidades anuales del viento seleccionamos la velocidad nominal o de diseño de nuestro aerogenerador. Este parámetro es fundamental para los cálculos posteriores y está en función de la zona donde ubiquemos nuestro aerogenerador.

La velocidad del viento nominal fijada es de 9,7 m/s.



5. LEGISLACION Y NORMATIVA APLICABLE

5.1 NORMATIVA DISEÑO INDUSTRIAL

5.1.1. Sobre ejes:

-Norma DIN 748 sobre extremos de ejes cilíndricos

5.1.2. Sobre chavetas:

-Norma DIN sobre chavetas. Ranuras. Dimensiones y aplicación.

5.1.3. Sobre rodamientos:

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 13

-Norma UNE 18 113 83 1R sobre rodamientos. Capacidad de carga dinámica y vida útil. Métodos de cálculo.

-Norma UNE rodamientos. Accesorios. Soportes de pie para rodamientos con manguitos cónicos de fijación.

-Norma UNE 18 088 84 1R Rodamientos. Rodamientos de rodillos cónicos, métricos. Medidas principales y designación de las series.

-Norma UNE 18 064 81 1R tolerancias para rodamientos axiales de bolas, con asiento plano.

-Norma UNE 18 037 84 1R Rodamientos radiales. Medidas principales. Plan general.


5.1.4. Sobre engranajes rectos:

-Norma UNE 18 004 79 (5) 1R Engranajes. Vocabulario y definiciones geométricas. Índice español-alemán-ingles-francés.

-Norma UNE 18 005 84 5R sobre engranajes. Cilíndricos para mecánica general y mecánica pesada. Módulos y diametrales pitch. Norma UNE 18 008 59 1R engranaje. Principios fundamentales.

-Norma UNE 18 048 83 sistema ISO de precisión de ruedas dentadas y engranajes cilíndrico rectos con dientes de perfil envolvente.

-Norma UNE 18 060 78 1R engranajes. Útiles para el tallado. Fresas madre de cuchillas de un filete. Calidad B.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 5 de 13

-Norma UNE 18 068 78 1R engranajes cilíndricos. Datos que deben figurar en los planos.


5.2. NORMATIVA INDUSTRIAL

5.2.1. Nacional

- Ley 21/1992 de 16 de julio, de Industria.
- Real Decreto 697/1995, de 28 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Registro de Establecimientos Industriales de ámbito estatal.
- Real Decreto 251/1997, de 21 de febrero de 1987, por el que se aprueba el Reglamento del Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 559/2010, de 7 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento del Registro Integrado Industrial.

5.2.2. Regional

- Orden Consejería De Industria, Trabajo y Turismo, 14 Julio 1997 4/8/1997 Contenido de proyectos. Contenido mínimo de los proyectos técnicos de determinados tipos de instalaciones industriales. Ley de contenidos mínimos de la región de Murcia (C.A.R.M).

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 6 de 13

5.2.3. Municipal

El art. 4.1.a) de la Ley 7/85, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local , atribuye a los Ayuntamientos potestad reglamentaria, es decir, capacidad para desarrollar, dentro de la esfera de sus competencias, lo dispuesto en las leyes estatales o autonómicas.

5.3. NORMATIVA PARA ACEROS

Norma AISI/SAE sobre aceros y aleaciones de materiales no ferrosos.

5.4. ACOTACION

Norma UNE 1 039 94 sobre dibujos técnicos. Principios generales de acotación, definiciones métodos de ejecución e instalaciones especiales.

Norma UNE 1 121 75/3 sobre dibujos técnicos. Tolerancias de forma y posición.

5.5. NORMATIVA DE FABRICACION

Normativa DIN sobre procesos de fabricación.


5.6. CODIGOS DE DISEÑO

Norma técnica colombiana NTC 5725 sobre requisitos de diseño en aerogeneradores.

Código de diseño AGMA para cálculo de espesor de diente de engranajes rectos.

Código de diseño AGMA para el cálculo de diámetros de ejes a estática y a fatiga.

5.7. REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN MAQUINAS.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 7 de 13

Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas. B.O.E. nº 173 21 de julio de 1986. El Convenio 119, de la Organización Internacional del Trabajo.

Orden de 8 de abril de 1991 por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MSG-SM-1 del REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN LAS MAQUINAS, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de PROTECCIÓN USADOS.

REAL DECRETO 1435/1992, de 27 de noviembre, que transpone a la legislación española: Directiva 89/392/CEE " DIRECTIVA MAQUINAS " (Seguridad en maquinaria estática).

Directiva 91/368/CEE, Modifica la directiva 89/392/CEE e incorpora la maquinaria móvil.


6. CARACTERISTICAS TECNICAS, FISICAS Y GEOMETRICAS DEL AEROGENERADOR

6.1. ROTOR

Aerogenerador de eje horizontal tripala. Con un diámetro de 60 m y un área de barrido de 2827,43 m².

Velocidad de giro constante de 25 r.p.m., y sentido de giro el de las agujas del reloj.

6.2 BUJE

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 8 de 13

Al ser de paso variable, en el buje se incluyen los mecanismos de giro de las palas, así como el equipo de control de paso. Su peso es de 5500 kg. El peso de este afectara a los cálculos de fuerzas y momentos.

6.3. PALAS

El peso de las palas 4300 kg/u. El conocimiento del peso de las palas es necesario para es caculo de fuerzas y momentos en los apartados siguientes.

6.4. EJE DE BAJA VELOCIDAD

Es el eje de entrada y gira a una velocidad constante de 25 rpm. va conectado al rotor de las palas en un extremo y a la multiplicadora en el otro, es el eje de mayor sollicitación debido a la cargas de flexión, torsión y axil que actúan sobre el mismo.

6.5. MULTIPLICADORA

La multiplicadora consta de 2 etapas epicicloidales, es la encargada de elevar la velocidad de giro del eje de alta, cada una está formada por los siguientes elementos como los que se muestran en la figura 1:

- Una corona dentada
- Tres satélites o planetas
- Un portasatelites
- Un piñón planetario o sol.

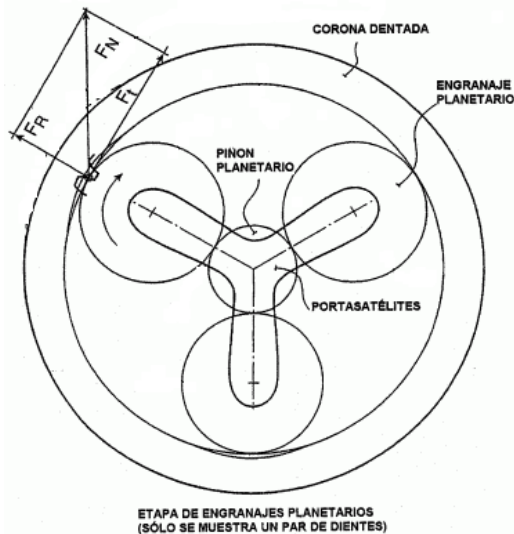



FIG. 1

El eje de baja velocidad se une al portasatelites de la 1ª etapa mientras que el piñón planetario o sol se une al eje intermedio que en este caso sería el eje de salida, pero a su vez el eje de entrada de la 2ª etapa.

En el diseño se va a fijar la corona en ambas etapas ($\omega = 0$), mientras que el portasatelites, el piñón planetario y el satélite o planeta giran a velocidades de giro distintas, esto quiere decir que el planeta posee una velocidad de giro relativa con respecto al portasatelites (no son solidarios).

El eje intermedio se une en su otro extremo al portasatelites de la 2ª etapa transmitiendo potencia y multiplicado por segunda vez la velocidad de giro del eje de alta velocidad que va acoplado al Piñón planetario de la segunda etapa transmitiendo una potencia nominal al generador de 900 kw. . El estudio cinemático de este engranaje se realizará en el anexo nº 1 cálculos justificativo donde se obtendrá la relación de transmisión de cada etapa y del conjunto, necesaria para el posterior diseño de los engranajes.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 10 de 13

6.6. EJE INTERMEDIO

Es el eje que conecta la primera y segunda etapa, está dentro de la multiplicadora.

La velocidad de giro para el cual está diseñado es de 180 rpm y esta únicamente sometido a torsión.

6.7. EJE DE ALTA VELOCIDAD

Es el eje de salida y va conectado al Piñón planetario o sol de la segunda etapa de la multiplicadora. Este eje desemboca en el generador. La velocidad de giro para la cual es diseñado está en función de tipo de generador y de sus características. Está sometido únicamente a torsión, dato que tendremos en cuenta a la hora de su diseño. Gira a 1245 rpm, dato que está en función del tipo de generador seleccionado.


6.8. FRENO

Freno primario aerodinámico por puesta en bandera de las palas. Adicionalmente freno mecánico de disco hidráulicamente activado de emergencia situado en la salida del eje de alta velocidad de la multiplicadora. Seleccionado de un catalogo comercial siempre y cuando se adapte a las dimensiones de nuestro eje de alta velocidad.

7. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un aerogenerador obtiene su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) actuando sobre las palas del rotor, esto es lo que se denomina como potencia eólica. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento nominal

$$P_{eólica} = \frac{1}{2} \rho \pi v^3 R^2$$

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011
		Revisión(0) Hoja 11 de 13

La energía almacenada en el viento es muy elevada, pero desgraciadamente no podemos extraerla toda. Teóricamente, para captar el cien por cien de la energía que transporta en forma de energía cinética, deberíamos detener completamente el aire en movimiento. Pero si detuviésemos el aire totalmente, al estar parado, impediría la entrada de más aire al rotor de la turbina y no podríamos captar más energía. Para evitar esto, se debe permitir que el viento escape con cierta velocidad, reduciendo el rendimiento de producción energética, pero permitiendo que más viento pueda alcanzar el aerogenerador.

Por tanto se considera que solamente se puede aprovechar un 59 % de la potencia eólica teórica:

$$P_{\text{mec}} = P_{\text{real}} = 0.59 P_{\text{eólica}}$$


8. PLAZO DE EJECICION DE LAS INSTALACIONES

El plazo de fabricación para llevar a cabo la fabricación y montaje de la transmisión del aerogenerador que se proyecta es de 30 días, a contar de la fecha de inicio de su fabricación.

9. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

9.1. OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio precisará las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de riesgos laborales que no puedan eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos, a la vez que se valora su eficacia. Además se contemplará

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 12 de 13

las previsiones y las informaciones útiles necesarias para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

Resulta de vital importancia, aplicar con todo su rigor el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, dado la especificidad de su articulado, en relación con la ejecución de las instalaciones eléctricas.

9.2. IDENTIFICACION Y VALORACION DE RIESGOS


En este apartado se han de identificar los factores de riesgo, los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional derivados de los mismos, procediendo a su posterior evaluación, de manera que sirva de base a la posterior planificación de la acción preventiva en la cual se determinarán las medidas y acciones necesarias para su corrección. Tras el análisis de las características de la instalación y del personal expuesto a los riesgos se determinarán los riesgos que afectan al conjunto de la obra, a los trabajadores de una sección o zona de la obra y a los de un puesto de trabajo determinado.

9.3. ACCION PREVENTIVA

Tras realizar el análisis de las características de los trabajos y del personal expuesto a los riesgos se establecerán las medidas y acciones necesarias para llevarse a cabo por parte de la empresa instaladora o constructora, para tratar cada uno de los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional detectados.

9.4. PRESUPUESTO DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Se presupuestarán las partidas concernientes a las medidas preventivas necesarias para acometer la obra, así como las medidas y equipos de protección individual necesarios para realizar la correcta instalación de la transmisión.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 13 de 13

10. FORMA DE PAGO

La forma de pago es LLAVE EN MANO. Donde todo el conjunto que se proyecta, se tramita, se fabrica y se prueba tiene un precio cerrado.

11. DOCUMENTOS QUE CONSTAN EN EL PROYECTO

Documento nº 1: Memoria

- Memoria descriptiva.
- Anejo nº 1: Cálculos justificativos.

Documento nº2: Planos

Documento nº 3: Pliego de condiciones.

Documento nº 4: Presupuesto

12. CONCLUSION A LA MEMORIA

El técnico que suscribe considera que en la descripción efectuada en la presente memoria, planos y pliego de condiciones, la instalación queda suficientemente detallada al objeto de su fabricación en taller y su posterior montaje en la cabina del aerogenerador.

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 21 de Octubre de 2011



UPCT
E.T.S.I.I.

MEMORIA DESCRIPTIVA

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 14 de 13



UPCT
E.T.S.I.I.

MEMORIA DESCRIPTIVA

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 15 de 13



UPCT
E.T.S.I.I.

MEMORIA DESCRIPTIVA

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 16 de 13



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento N° 1: MEMORIA

Anejo N° 1: Cálculos justificativos

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011

RUBEN VICENTE SEVILLA

ÍNDICE

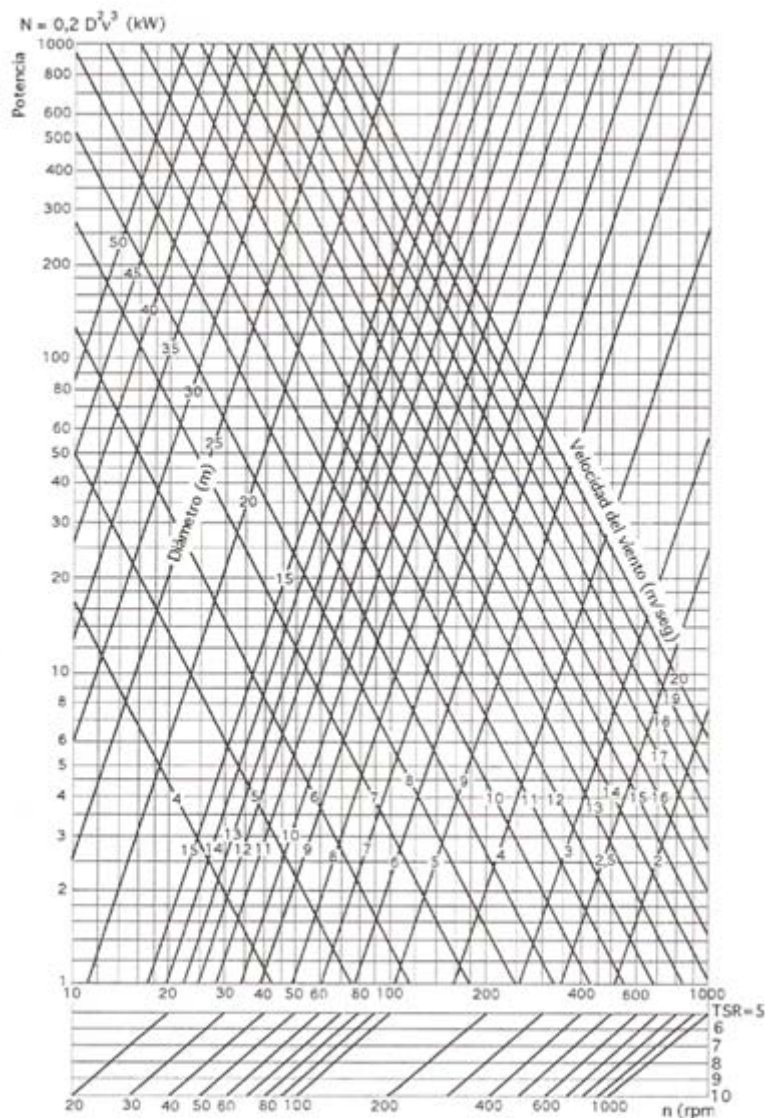
1. Selección de la velocidad de giro del aerogenerador.....	Pág. 1
2. Diseño del eje de baja velocidad.....	Pág. 2
2.1 Fuerzas que actúan sobre el eje.....	Pág. 2
2.2 Diseño del eje de baja velocidad.....	Pág. 4
2.2 Diseño del eje de baja velocidad a fatiga.....	Pág. 6
3. Diseño del eje intermedio.....	Pág. 8
3.1. Diseño del eje intermedio a carga estática.....	Pág. 8
3.2 Diseño del eje intermedio a fatiga.....	Pág. 9
4. Diseño del eje de alta velocidad.....	Pag.10
4.1. Diseño del eje de alta velocidad a carga estática.....	Pag.10
4.2. Diseño del eje de alta velocidad a fatiga.....	Pag.11
5. Diseño de la 1ª etapa epicicloidal de la multiplicadora.....	Pag.12
5.1. Analisis cinemática del engranaje epicicloidal (1ª etapa).....	Pag.12
5.2. Diseño de los engranajes de la primera etapa.....	Pag.13
5.3 Calculo del ancho de diente por el método de la fatiga a flexión.....	Pag.14
5.4 Calculo del espesor de dinete por el método de la fatiga superficial.....	Pag.20
6. Diseño de la 2ª etapa epicicloidal de la multiplicadora.....	Pag.25
6.1 Análisis cinemático del engranaje epicicloidal (segunda etapa).....	Pag.25
6.2 Diseño de los engranajes de la segunda etapa.....	Pag.26
6.3 Calculo del ancho de diente por el método de la fatiga por flexión.....	Pag.27
6.4 Calculo del espesor del engranaje por el método de la fatiga.....	Pag.33
7. Diseño del portasatelites de la 1ª etapa.....	Pag.38
7.1. Diseño de los ejes del portasatelites a carga estática.....	Pag.38
7.2 diseño de los ejes del portasatelites a fatiga.....	Pag.40

7.3 Diámetro y espesor del disco portasatelites.....	Pag.41
8.Diseño del portasatelites de la segunda etapa.....	Pag.42
8.1 Diseño de los ejes del portasatelites a carga estática.....	Pag.42
8.2 Diseño de los ejes del portasatelites a fatiga.....	Pag.43
8.3 Diámetro y espesor del disco portasatelites.....	Pag.44
9. Selección de las chavetas de cada eje.....	Pag.45
9.1 Eje de baja velocidad.....	Pag.45
9.2 Eje intermedio.....	Pag.47
9.3 Eje de alta velocidad.....	Pag.49
10. Selección de rodamientos.....	Pag.52
10.1Rodamientos del eje de baja velocidad.....	Pag.52
10.2 Rodamientos en los planetas de la 1ª etapa.....	Pag.55
10.3 Rodamiento del eje intermedio.....	Pag.56
10.4 Rodamientos en los planetas de la 2ª etapa.....	Pag.57
10.5 Rodamiento del eje de alta velocidad.....	Pag.58
11. Selección del freno.....	Pag.60
12. Calculo del espesor de la carcasa.....	Pag.63
12.1 Diseño a carga estática del espesor de la carcasa.....	Pag.69
13. Selección del acoplamiento flexible eje de alta-generador.....	Pag.71
14.Selección acoplamiento Buje – eje de baja.....	Pag.73




1.SELECCION DE LA VELOCIDAD DE GIRO DEL GENERADOR

Conociendo el diametro de las palas (60 m) , la potencia nominal y la velocidad nominal del viento (9,7 m/s) se obtiene de la siguiente tabla la velocidad de giro :



La velocidad de giro obtenida revisada la grafica es de 25 rpm de manera que se obtiene un TSR de 8,096.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 2 de 74

$$TSR = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{30 \cdot v} = \frac{\pi \cdot 30 \text{ m} \cdot 25 \text{ rpm}}{30 \cdot 9,7 \text{ m/s}} = 8,096$$

2. DISEÑO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD.

2.1 FUERZAS QUE ACTAN SOBRE EL EJE.

La carga de diseño para la ‘operación normal’ es una carga a fatiga, debido al constante giro de las palas y por tanto del eje de entrada, que provoca la alternancia de la flexión. El caso de carga asume una carga a fatiga en el eje de rango constante para el eje de entrada, estos rangos se presentan a continuación. los rangos en la fatiga se deben considerar como valores pico a pico.

Empuje


$$F_x = \frac{3}{2} \frac{\lambda n \cdot Q_n}{R} \quad [1]$$

Torsión

$$T_x = Q_n + 2 \cdot m_r \cdot g \cdot e_r \quad [2]$$

Flexión

$$M = 2 \cdot m_r \cdot g \cdot L_{rb} + \frac{R}{6} F_x \quad [3]$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 3 de 74

Siendo:

λ_n : $\frac{R}{v}$, de forma que R es el radio del rotor y v la velocidad nominal del viento.

Q_n : par nominal o de diseño.

m_r : suma de la masa de las 3 palas y el rotor.

g : gravedad (9.81 m/s^2)

$e_r = 0.005 R$

L_{rb} : distancia del centro del rotor hasta el primer rodamiento.

Para los datos de partida o de diseño se obtiene los siguientes valores de la fuerza de empuje y de los momentos flectores y torsor, para ello primero calcularemos el par nominal de la siguiente manera:


$$P_{eólica} = \frac{1}{2} \rho \pi v^3 R^2 \quad [4]$$

ρ : densidad del aire (1.23 Kg/m^3).

v : velocidad nominal del viento (9.7 m/s).

R : radio del rotor (30 m).

Aplicando la ecuación [4] se obtiene:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 74

$$P_{\text{eólica}} = \frac{1}{2} 1.23 \pi 9.7^3 30^2 = 1587.021 \text{ Kw}$$

$$P_{\text{real}} = P_{\text{mec}} = \eta \cdot P_{\text{eólica}} = 0.59 P_{\text{eólica}} = 936.34 \text{ Kw}$$

Una vez calculada la potencia mecánica aprovechable, se calcula el par nominal o de diseño con la siguiente expresión:

$$P_{\text{mec}} = Q_n \cdot \omega_n \quad [5], \quad \text{siendo } \omega_n \text{ la velocidad de giro nominal del rotor.}$$

$$936.34 \text{ Kw} = Q_n \cdot 25 \text{ rad/s} \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$Q_n = 357.66 \text{ KN.m}$$

Seguidamente se calcula el empuje y los momentos de torsión y flexión utilizando valores nominales y datos de partida, utilizando las ecuaciones [1], [2] y [3]:

$$\text{Empuje: } F_x = \frac{3}{2} \frac{3.093 \cdot 357.66 \text{ Kn}}{30 \text{ m}} = \underline{55,3121 \text{ KN}}$$


$$\text{Torsión: } T_x = 357.66 \text{ KN.m} + 2 \cdot 18400 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.005 \cdot 30 \text{ m} = \underline{411, 8112 \text{ KN.m}}$$

$$\text{Flexión: } M = 2 \cdot 18400 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} + \frac{30 \text{ m}}{6} \cdot 55.3124 \text{ KN} = \underline{416, 3204 \text{ KN.m}}$$

RESUMEN:

$$F_x = 55, 3121 \text{ KN}; \quad T_x = 411, 8112 \text{ KN.m}; \quad M = 416,3204 \text{ KN.m}$$

2.2 DISEÑO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD A CARGA ESTÁTICA.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 5 de 74

Se calcula a estática el diámetro del eje para los valores nominales o de diseño.

El acero seleccionado para el eje de baja velocidad es un AISI 3140 OQT 1000 cuyas resistencias se dan a continuación y un factor de diseño a carga estática escogido de la norma española sobre aerogeneradores :

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

Para el cálculo del diámetro del eje se utiliza la formula simplificada DET según la norma AGMA :

$$M = 416,3204 \text{ KN.m} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$T = 411,8112 \text{ KN.m} \quad \eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$


$$P = 55,3121 \text{ KN}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{(8 \cdot M + P \cdot d)^2 + 48 \cdot T^2} = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [7]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{(8 \cdot 4,1632 \cdot 10^8 + 55312 \cdot d)^2 + 48 \cdot (4,1181 \cdot 10^8)^2} = \frac{920}{3.3}$$

Despejando el diámetro se obtiene:

$$d = 380 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 6 de 74

2.3 DISEÑO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD A FATIGA

A continuación se procede a comprobar que el eje de baja no rompe a fatiga para el diámetro calculado en el apartado anterior, para ello se utiliza la formula simplificada de Goodman considerando que solo hay flexión totalmente alternante y despreciando el momento torsor y axil ya que ambos no provocan fatiga.

GOODMAN

$$M_{alt} = 416.3204 \text{ KN. m} \quad d = 380 \text{ mm}$$

$$M_{med} = 0$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta_{.32}}{\pi \cdot Se} \frac{M_{alt} \cdot K_f}{K_s}} \quad [8]$$

Limite a la fatiga Se (flexión):

$$Se' = 0,504 S_{ut} = 0,504 \cdot 1050 = 529,2 \text{ Mpa}$$


Factores de corrección:

Factor de superficie:

$$\text{Acero mecanizado} \rightarrow e = 4,51 \text{ Mpa} \quad f = -0,265$$

$$K_f = 4,51 \cdot 1000^{-0.265} = 0,713$$

Factor de tamaño:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 7 de 74

Para $d > 250\text{mm} \rightarrow K_s = 0,6$

Factor de concentración de esfuerzos:

Se supone un factor $K_f = 0,8$ con el fin de tener en cuenta cambios de sección futuros en los alojamientos de los rodamientos, así como de las correspondientes chavetas:

Factor de temperatura:

$T^a < 120^\circ \rightarrow K_{t^a} = 1$


$$S_e = S_e' \cdot K_f \cdot K_{t^a} \cdot K_t = 377,3196 \text{ Mpa}$$

Una vez obtenidos todos los datos, se despeja el coeficiente de seguridad a fatiga para ver si el eje rompe para un diámetro de 380 mm utilizando la ecuación [8] :

$$380 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 204,12} \frac{4,1632 \cdot 10^8 \cdot 0,8}{0,6}}$$

$$\eta = 3,66$$

Con dicho valor se asegura la resistencia del eje a fatiga.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 8 de 74

3. DISEÑO DEL EJE INTERMEDIO.

3.1 DISEÑO DEL EJE INTERMEDIO A CARGA ESTÁTICA.

Se procede a calcular el diámetro del eje intermedio considerando que solamente hay torsión, es decir, que el axil y el flector son nulos. Para ello se va a emplear la formula simplifica DET. El acero empleado para este eje es AISI 3140 OQT 1000 y se selecciona un factor de seguridad a carga estática de acuerdo con la normativa española:

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$


$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

Calculo del torsor en el eje intermedio:

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000 \text{ W}}{180 \text{ rpm} \cdot 2\pi} \rightarrow T = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N.mm}$$

ω = velocidad de giro del eje.

P = potencia transmitida por el eje.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 9 de 74

DET

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [9]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot 4,77465 \cdot 10^7 = \frac{920}{3.3}$$

$$d = 159,77 \rightarrow d = 160 \text{ mm}$$

3.2 DISEÑO DEL EJE INTERMEDIO A FATIGA

Se va a comprobar si el eje rompe a fatiga considerando que el torsor únicamente tiene componente media utilizando la formula simplificada de Goodman:


$$T_{\text{alt}} = 0 \rightarrow T = \text{cte} \qquad S_{\text{ut}} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$T_{\text{med}} = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N.mm} \qquad d = 160 \text{ mm}$$

GOODMAN

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{\text{ut}}} \frac{3}{4} T_m} \quad [10]$$

$$160 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \frac{3}{4} 4,77465 \cdot 10^7}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 10 de 74

$$\eta = 11,79$$

Con lo que queda demostrado que eje no rompe a fatiga.

4. DISEÑO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD.

4.1 DISEÑO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD A CARGA ESTÁTICA.

Se va a calcular el diámetro del eje alta velocidad considerando que solamente hay torsión, es decir, que el axil y el flector son nulos, al igual que en el eje intermedio. Para ello vamos a emplear la formula simplifica DET. El acero empleado para este eje es AISI 3140 OQT 1000 y seleccionamos un factor de seguridad a carga estática en la norma española:


$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

Calculo del torsor en el eje de alta velocidad:

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000 \text{ W}}{1245 \text{ rpm} \cdot 2\pi} \rightarrow T = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

ω = velocidad de giro del eje.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 11 de 74

P = potencia transmitida por el eje.

DET

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{Sy}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [11]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot 6,90311 \cdot 10^6 = \frac{920}{3.3}$$

$$d = 84,14 \text{ mm} \rightarrow d = 85 \text{ mm}$$

4.2 DISEÑO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD A FATIGA.

Se va a comprobar si el eje rompe a fatiga considerando que el torsor únicamente tiene componente media utilizando la formula simplificada de Goodman:


$$T_{\text{alt}} = 0 \rightarrow T = \text{cte}$$

$$T_{\text{med}} = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$S_{\text{ut}} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$d = 85 \text{ mm}$$

GOODMAN

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 12 de 74

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} \cdot \frac{3}{4} Tm} \quad [10]$$

$$85 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \cdot \frac{3}{4} 6,90311 \cdot 10^6}$$

$$\eta = 12.22$$

Con lo que queda demostrado que el eje resiste a fatiga.

5. DISEÑO DE LA 1ª ETAPA EPICICLOIDAL DE LA MULTIPLICADORA.

5.1 ANALISIS CINEMATICO DEL ENGRANAJE EPICICLOIDAL (PRIMERA ETAPA).


La velocidad del portasatelites viene dada por la velocidad de giro del eje de baja, obtenida a partir de TSR y de las condiciones iniciales del viento. La velocidad del sol es la velocidad correspondiente al eje intermedio y esta se fija para un valor de 180 rpm por condiciones de diseño, al igual que la velocidad nula de la corona:

$$\text{Entrada} \rightarrow \omega_1 = \omega_{\text{portasatelites}} = 25 \text{ rpm}$$

$$\text{Salida} \rightarrow \omega_2 = \omega_{\text{sol}} = 180 \text{ rpm}$$

$$\omega_4 = \omega_{\text{corona}} = 0 \text{ (fija)}$$

$$\text{Relación de transmisión (1ª etapa)} \rightarrow i_{12} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{180}{25} = 7,2$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 13 de 74

Formula de Willys:

Vamos a obtener una relación para calcular el número de dientes de los engranajes:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{Z_2}{Z_4} \rightarrow \frac{\omega_{\text{portasatelite}}}{\omega_{\text{sol}} - \omega_{\text{portasatelite}}} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}}$$

$$\frac{25}{180-25} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6,2 \cdot Z_{\text{sol}} \quad [12]$$

5.2 DISEÑO DE LOS ENGRANAJES DE LA PRIMERA ETAPA.


Para calcular las dimensiones de los engranajes primero se debe seleccionar un modulo normalizado y fijar un numero de dientes ya sea del sol o de la corona mediante la ecuación [12] para así obtener el numero de dientes de la corona o del sol respectivamente. Una vez dimensionados el sol y la corona, se calculan las dimensiones de los satélites ya que estas están en función de las anteriores. El modulo seleccionado para un diseño eficiente es de 14 mm:

$$m=14 \text{ mm} \quad Z_{\text{sol}} = 25 \text{ dientes} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6,2 \cdot 25 = 155 \text{ dientes}$$

Sol

$$D_p = m \cdot Z = 14 \cdot 25 = 350 \text{ mm} \quad D_i = 315 \text{ mm} \quad D_e = 378 \text{ mm}$$

Corona

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 14 de 74

$$D_p = 14 \cdot 155 = 2170 \text{ mm} \quad D_i = 2135 \text{ mm} \quad D_e = 2198 \text{ mm}$$

Planeta

$$D_p = \frac{D_{p\text{corona}} - D_{p\text{sol}}}{2} = \frac{2170 - 350}{2} = 910 \text{ mm} \quad D_i = 875 \text{ mm} \quad D_e = 938 \text{ mm}$$

$$Z_{\text{planeta}} = \frac{D_p}{m} = \frac{910}{14} = 65 \text{ dientes}$$

5.3 CALCULO DEL ANCHO DE DIENTE POR EL METODO DE LA FATIGA POR FLEXION.


1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{180.2\pi} = 47746,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_t = \frac{2T}{D_p} = \frac{2 \cdot 47746,5}{0,350} = 272,837 \text{ KN}$$

2- El acero seleccionado es AISI 9255 Q&T 400:

$$S_{ut} = 2140 \text{ Mpa} \quad S_y = 1980 \text{ Mpa} \quad HB = 601$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 15 de 74

3-A partir de la dureza superficial del acero ,obtener su resistencia a la fatiga por flexión, sin corregir:

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot HB - 0,000868 \cdot HB^2 \quad [13]$$

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot 601 - 0,000868 \cdot 601^2 = 450,47 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_N}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$

K_N : coeficiente a fatiga

$K_N = 1,356 \cdot N^{-0,0178}$ para $N > 10^6$ N = nº de revoluciones en 20 años.


$$20 \text{ años} \cdot 365 \text{ dias} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 180 rpm:

$$180 \text{ revoluciones} \rightarrow 1 \text{ minuto}$$

$$X \rightarrow 10512000 \text{ minutos}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 16 de 74

Es decir se supone que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años con el fin de calcular un espesor de diente más fiable.

$$X = 180. 10512000 = 1892160000 \text{ revoluciones}$$

$$K_N = 1,356. 1892160000^{-0,0178} = 0,927$$

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del 99\%}$$

K_t : factor de temperatura

$$K_t = 1 \quad , \quad T^a < 120^\circ$$

$$S_{rfp} = \frac{0,927}{1,1} 450,47 \text{ Mpa} = 417,77 \text{ Mpa}$$

5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

$$m = \frac{F_t}{b \cdot \sigma_{rpf} \cdot J_p} K \quad [15] \quad , \text{ siendo } b \text{ el ancho de diente y } m \text{ el modulo.}$$

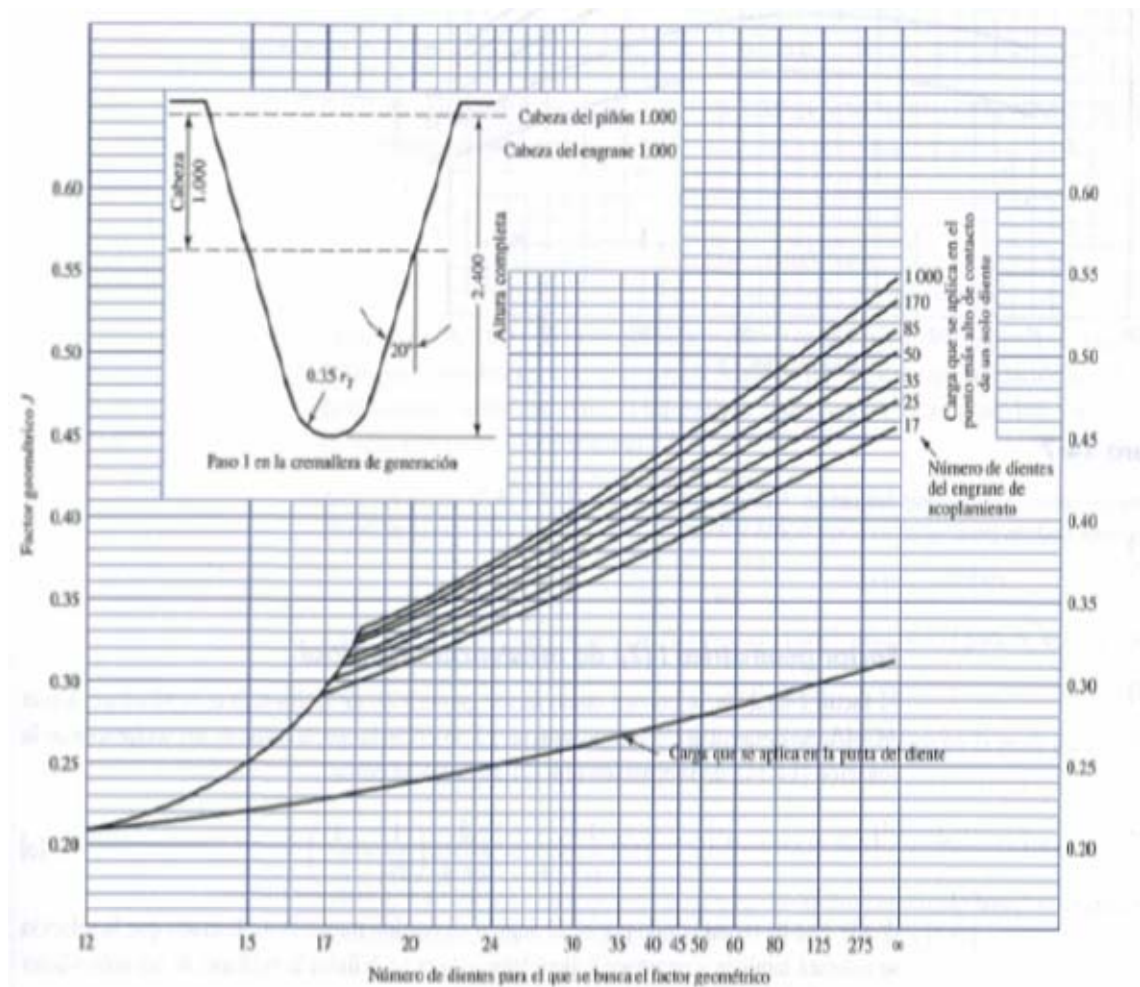
Tensión normal en la base del diente:




$$\sigma_{rpf} = \frac{S_{rpf}}{CS}, \text{ Siendo } CS = 1,25 \text{ según normativa española}$$

$$\sigma_{rpf} = \frac{417,77}{1,25} = 334,22 \text{ Mpa}$$

Factor geométrico del piñón:



Este factor está en función de número de dientes del piñón y la rueda, de manera que para un número de dientes de 25 y 155 respectivamente se obtiene :

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 18 de 74

$$J_p = 0,48$$

Factor de corrección del modulo K:

$$K = \frac{K_a \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_i}{K_v} \quad [16]$$

Factor de distribución de carga K_m :

$$\text{Para } 250\text{mm} < b < 500 \text{ mm} \rightarrow K_m = 1,9$$

Factor de piñón intermedio K_i :

$$\text{No es piñón intermedio} \rightarrow K_i = 1$$

Factor de espesor de llanta K_b :

$$C = \frac{m(Z-2,5)-d}{4,5 m}, \text{ siendo } m \text{ el modulo, del diámetro interior y } Z \text{ el nº de}$$

dientes del piñón.

$$C = 0,5555$$

$$\text{Como } C < 1,2 \text{ entonces } K_b = 1,6 \ln \frac{2,242}{C} \rightarrow K_b = 2,23$$

Factor de aplicación K_a :



$K_a = 1 \rightarrow$ funcionamiento uniforme (bajas vibraciones)

Factor dinámico K_v :

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 180 \frac{2\pi}{60} 0,175 = 3,299 \text{ m/s} = 197,92 \text{ m/min}$$

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{197,92}}} = 0,868$$


Aplicando la ecuación [16]:

$$K = \frac{1 \cdot 1,9 \cdot 2,23 \cdot 1}{0,868} = 4,88$$

Y por ultimo aplicando la ecuación [15] se despeja el ancho de diente:

$$14 = \frac{272837}{b \cdot 0,48 \cdot 334,22} 4,88$$

$$b = 592,81 \text{ mm} \rightarrow b = 595 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 20 de 74

5.4 CALCULO DEL ESPESOR DE ENGRANAJE POR EL METODO
FATIGA SUPERFICIAL. (PICADURA)

1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{180.2 \cdot \pi} = 47746,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_t = \frac{2T}{D_p} = \frac{2 \cdot 47746,5}{0,350} = 272,837 \text{ KN}$$

2- El acero seleccionado es AISI 9255 Q&T 400:

$$S_{ut} = 2140 \text{ Mpa} \quad S_y = 1980 \text{ Mpa} \quad \text{HB} = 601$$

3- A partir de la dureza superficial del acero ,obtener su resistencia a la fatiga superficial, sin corregir:


$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot \text{HB} \text{ (Mpa)}$$

$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot 601 = 1688,5 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_N}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$

K_N : coeficiente a fatiga

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 21 de 74

$K_N = 1,449 \cdot N^{-0,023}$ para $N > 10^6$ $N = n^\circ$ de revoluciones en
 20 años.

$$20 \text{ años} * 365 \text{ días} * 24 \text{ h} * 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 180 rpm:

$$180 \text{ revoluciones} \rightarrow 1 \text{ minuto}$$

$$X \rightarrow 10512000 \text{ minutos}$$

Es decir se supone que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años con el fin de calcular un espesor de diente más fiable.


$$X = 180 \cdot 10512000 = 1892160000 \text{ revoluciones}$$

$$K_N = 1,449 \cdot 1892160000^{-0,023} = 0,887$$

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del } 99\%$$

K_t : factor de temperatura

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 22 de 74

$$K_t = 1 \quad , \quad T^a < 120^\circ$$

$$S_{fsp} = \frac{0,887}{1,1} 1688,5 \text{ Mpa} = 1497,7 \text{ Mpa}$$

5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

Siendo ft la fuerza tangencial sobre el diente, I el factor de forma del engranaje ,dp el diámetro primitivo del mismo y b el espesor de diente.

$$\sigma_{fsp} = \frac{S_{fsp}}{CS} \text{ ,Siendo CS el coeficiente de seguridad a fatiga } CS = 1,25$$

$$\sigma_{fsp} = \frac{1497,7}{1,25} = 1198,16 \text{ Mpa}$$

Factor geométrico del piñón o factor de forma(I):

Para un numero de dientes $Z = 25$ y para un Angulo $\alpha = 20$ se obtiene de la siguiente tabla el factor de forma I.

$$I = 9,62$$



Factor de forma del diente

Z	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 15^\circ$	
	Y_f	Y_e	Y_f	Y_e
10	11.88	14.58	-	-
11	11.2	13.75	-	-
12	10.63	13.07	13.11	15.50
13	10.17	12.50	12.56	14.83
14	9.78	12.01	12.09	14.27
15	9.45	11.60	11.72	13.80
16	9.19	11.26	11.45	13.46
17	8.95	10.96	11.16	13.10
18	8.76	10.72	10.94	12.83
19	8.59	10.48	10.74	12.58
20	8.45	10.31	10.56	12.35
21	8.31	10.13	10.41	12.15
23	8.08	9.85	10.16	11.82
25	7.93	9.62	9.94	11.55
27	7.77	9.42	9.76	11.32
30	7.59	9.17	9.55	11.02
34	7.41	8.92	9.30	10.70
38	7.27	8.72	9.10	10.46
43	7.14	8.54	8.92	10.23
50	6.99	8.36	8.72	9.96
60	6.85	8.17	8.52	9.72
75	6.70	7.98	8.33	9.45
100	6.57	7.82	8.14	9.18
150	6.44	7.65	7.92	8.89
500	6.17	7.50	7.73	8.59
∞	6.3	7.37	7.50	8.30

Factor de distribución de cargas:

Suponiendo $b > 400$ mm $\rightarrow C_m = 1,7$ (precisión de engrane exacta)

Factor de aplicación :

$$\frac{HBp}{HBr} = \frac{601}{601} = 1 < 1,2 \rightarrow e = 0$$

$$C_h = 1 + e(i - 1) = 1$$

Factor dinámico:



$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 180 \frac{2\pi}{60} \cdot 0,175 = 3,299 \text{ m/s} = 197,92 \text{ m/min}$$

$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{197,92}}} = 0,868$$

Aplicando la siguiente ecuación :

$$C = \frac{C_m \cdot C_a \cdot C_h}{C_v} = \frac{1 \cdot 1,7 \cdot 1}{0,868} = 1,96$$

Factor elástico C_p :


$$C_p = \sqrt[2]{\frac{1}{\pi \frac{1-0,3}{2,07 \cdot 10^5} \cdot 2}} = 1902$$

A continuación aplicando la ecuación de la fatiga superficial según AGMA :

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

$$1198,16 = 1902 \cdot \sqrt{\frac{272837 \cdot 1,96}{b \cdot 9,62 \cdot 350}}$$

$$b = 400,23 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 25 de 74

Para un espesor de 400,23 mm el engranaje no resiste la fatiga a flexión. Por tanto el espesor seleccionado será el de este apartado :

$$b = 595 \text{ mm}$$

6. DISEÑO DE LA 2ª ETAPA EPICICLOIDAL DE LA MULTIPLICADORA.

6.1 ANALISIS CINEMATICO DEL ENGRANAJE EPICICLOIDAL (SEGUNDA ETAPA).


La velocidad de giro del portasatelites es la del eje intermedio fijada anteriormente por motivos de diseño, mientras que la velocidad de giro del sol es la del eje de alta velocidad que viene fijada por el tipo de generador seleccionado. La corona permanecerá fija por motivos de diseño:

$$\text{Entrada} \rightarrow \omega_1 = \omega_{\text{portasatelite}} = 180 \text{ rpm}$$

$$\text{Salida} \rightarrow \omega_2 = \omega_{\text{sol}} = 1245 \text{ rpm}$$

$$\omega_4 = \omega_{\text{corona}} = 0 \text{ (fija)}$$

$$\text{Relación de transmisión (2ª etapa)} \rightarrow i_{12} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1245}{180} = 6,9$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 26 de 74

Formula de Willys:

Se va a obtener una relación para calcular el número de dientes de los engranajes:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{Z_2}{Z_4} \rightarrow \frac{\omega_{\text{portasatelite}}}{\omega_{\text{sol}} - \omega_{\text{portasatelite}}} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}}$$

$$\frac{180}{1245-180} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6 \cdot Z_{\text{sol}} [12]$$


6.2 DISEÑO DE LOS ENGRANAJES DE LA SEGUNDA ETAPA.

Para calcular las dimensiones de los engranajes primero deberemos seleccionar un modulo normalizado y fijar un numero de dientes ya sea del sol o de la corona mediante la ecuación [12] para así obtener el numero de dientes de la corona o del sol respectivamente. Una vez dimensionados el sol y la corona , se calculan las dimensiones de los satélites ya que estas están en función de las anteriores. El modulo que mejor se adapta a las condiciones de diseño es de 10 mm:

$$m=10 \text{ mm} \quad Z_{\text{sol}} = 30 \text{ dientes} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6 \cdot 30 = 180 \text{ dientes}$$

Sol

$$D_p = m \cdot Z = 8 \cdot 30 = 240 \text{ mm} \quad D_e = 256 \text{ mm} \quad D_i = 220 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 27 de 74

Corona

$$D_p = 8.180 = 1440 \text{ mm} \quad D_e = 1456 \text{ mm} \quad D_i = 1420 \text{ mm}$$

Planeta

$$D_p = \frac{D_{p\text{corona}} - D_{psol}}{2} = \frac{1440 - 240}{2} = 600 \text{ mm} \quad D_e = 616 \text{ mm} \quad D_i = 580 \text{ mm}$$

$$Z_{\text{planeta}} = \frac{D_p}{m} = \frac{600}{8} = 75 \text{ dientes}$$

6.3 CALCULO DEL ANCHO DE DIENTE POR EL METODO DE LA FATIGA POR FLEXION.


1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes:

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{1245.2 \cdot \pi} = 6903,11 \text{ N. m}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{D_p} = \frac{2 \cdot 6903,11}{0,240} = 57525,92 \text{ N}$$

2- El acero seleccionado es AISI 4130 WQT 700:

$$S_{ut} = 1430 \text{ Mpa} \quad S_y = 1240 \text{ Mpa} \quad HB = 415$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 28 de 74

3-A partir de la dureza superficial del acero, obtener su resistencia a la fatiga por flexión, sin corregir:

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot HB - 0,000868 \cdot HB^2 \quad [13]$$

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot 415 - 0,000868 \cdot 415^2 = 391,51 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_n}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$


K_N : coeficiente a fatiga

$$K_N = 1,356 \cdot N^{-0,0178} \quad \text{para } N > 10^6 \quad N = n^\circ \text{ de revoluciones en 20 años}$$

$$20 \text{ años} \cdot 365 \text{ dias} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 1245 rpm:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 29 de 74

1245 revoluciones → 1 minuto

X → 10512000 minutos

$$X = 1245 \text{ rpm} \cdot 10512000 \text{ minutos} = 1,308744 \cdot 10^{10} \text{ Revoluciones}$$

$$K_N = 1,356 \cdot (1,308744 \cdot 10^{10})^{-0,0178} = 0,896$$

Se considera que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años para ,esto es u caso hipotético de manera que obtenemos un ancho de diente más fiable aun.

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del } 99\%$$

K_t : factor de temperatura

$$K_t = 1, \text{ , } T^a < 120^\circ$$

$$S_{rfp} = \frac{0,896}{1,1} 390,51 \text{ Mpa} = 350,79 \text{ Mpa}$$



5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

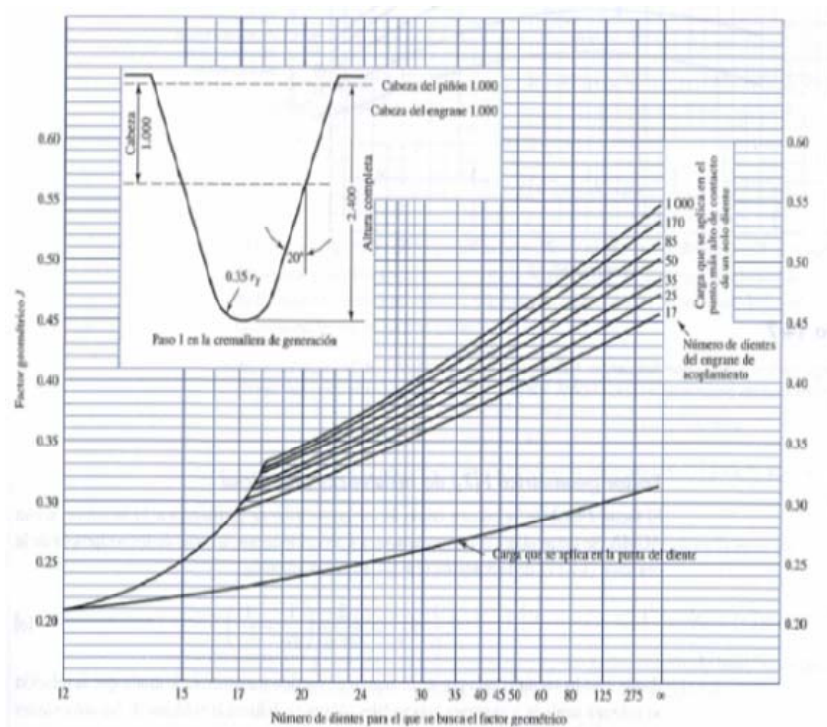
$$m = \frac{F_t}{b \cdot \sigma_{rpf} \cdot J_p} K \quad [15] \quad , \text{ siendo } b \text{ el ancho de diente y } m \text{ el modulo.}$$


Tensión normal en la base del diente:

$$\sigma_{rpf} = \frac{S_{rpf}}{CS} \quad , \text{ Siendo } CS = 1,5 \text{ según normativa española}$$

$$\sigma_{rpf} = \frac{350,79}{1,5} = 233,86 \text{ Mp}$$

factor geométrico del piñón:



 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 31 de 74

Este factor está en función de número de dientes del piñón y la rueda, de manera que para un número de dientes de 30 y 180 respectivamente se obtiene :

$$J_p = 0,5$$

Factor de corrección del módulo K :

$$K = \frac{K_a \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_i}{K_v} \quad [16]$$

Factor de distribución de carga K_m :

$$\text{Para } 250\text{mm} < b < 500 \text{ mm} \rightarrow K_m = 1,9$$

Factor de Piñón intermedio K_i :

$$\text{No es piñón intermedio} \rightarrow K_i = 1$$


Factor de espesor de llanta K_b :

$$C = \frac{m(Z-2,5)-d}{4,5 m} \quad , \text{ siendo } m \text{ el módulo, } d \text{ el diámetro interior y } Z \text{ el n}^\circ \text{ de}$$

dientes del piñón

$$C = 0,5555$$

$$\text{Como } C < 1,2 \text{ entonces } K_b = 1,6 \ln \frac{2,242}{C} \rightarrow K_b = 2,23$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 32 de 74

Factor de aplicación K_a :

$$K_a = 1 \rightarrow \text{funcionamiento uniforme (bajas vibraciones)}$$

Factor dinámico K_v :

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 1245 \frac{2\pi}{60} \cdot 0,120 = 15,64 \text{ m/s} = 938,71 \text{ m/min}$$

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{938,71}}} = 0,764$$


Aplicando la ecuación [16]:

$$K = \frac{1 \cdot 1,9 \cdot 2,23 \cdot 1}{0,764} = 5,546$$

Y por ultimo aplicando la ecuación [15] despejamos el ancho de diente:

$$8 = \frac{57525,92}{b \cdot 0,5 \cdot 233,86} \cdot 5,546$$

$$b = 341,06 \text{ mm} \rightarrow b = 345 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 33 de 74

6.4 CALCULO DEL ESPESOR DE ENGRANAJE POR EL METODO

FATIGA SUPERFICIAL.

1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{1245.2 \cdot \pi} = 6903,11 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{D_p} = \frac{2 \cdot 6903,11}{0,240} = 57525,92 \text{ N}$$

2- El acero seleccionado es AISI 9255 Q&T 400:

$$S_{ut} = 1430 \text{ Mpa} \qquad S_y = 1240 \text{ Mpa} \qquad HB = 415$$


3- A partir de la dureza superficial del acero, obtener su resistencia a la fatiga superficial, sin corregir:

$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot HB \text{ (Mpa)}$$

$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot 415 = 1223,5 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_n}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 34 de 74

K_N : coeficiente a fatiga

$$K_N = 1,449 \cdot N^{-0,023} \quad \text{para } N > 10^6 \quad N = n^\circ \text{ de revoluciones en 20}$$

años.

$$20 \text{ años} * 365 \text{ días} * 24 \text{ h} * 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 180 rpm:

$$180 \text{ revoluciones} \rightarrow 1 \text{ minuto}$$

$$X \rightarrow 10512000 \text{ minutos}$$


Es decir se supone que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años con el fin de calcular un espesor de diente más fiable.

$$X = 180 \cdot 10512000 = 1892160000 \text{ revoluciones}$$

$$K_N = 1,449 \cdot 1892160000^{-0,023} = 0,887$$

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del } 99\%$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 35 de 74

K_t : factor de temperatura

$$K_t = 1 \quad , \quad T^a < 120^\circ$$

$$S_{fsp} = \frac{0,887}{1,1} 1223,5 \text{ Mpa} = 1085,2445 \text{ Mpa}$$

5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

Siendo f_t la fuerza tangencial sobre el diente, I el factor de forma del engranaje, dp el diámetro primitivo del mismo y b el espesor de diente.

$$\sigma_{fsp} = \frac{S_{fsp}}{CS} \quad , \text{Siendo } CS \text{ el coeficiente de seguridad a fatiga } CS = 1,25$$

$$\sigma_{fsp} = \frac{1085,2445}{1,25} = 868,1956 \text{ Mpa}$$

Factor geométrico del piñón o factor de forma(I):

Para un numero de dientes $Z = 30$ y para un Angulo $\alpha = 20^\circ$ se obtiene de la siguiente tabla el factor de forma I.

$$I = 9,17$$



Factor de forma del diente

z	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 15^\circ$	
	Y_F	Y_E	Y_F	Y_E
10	11.88	14.58	-	-
11	11.2	13.75	-	-
12	10.63	13.07	13.11	15.50
13	10.17	12.50	12.56	14.83
14	9.78	12.01	12.09	14.27
15	9.45	11.60	11.72	13.80
16	9.19	11.26	11.45	13.46
17	8.95	10.96	11.16	13.10
18	8.76	10.72	10.94	12.83
19	8.59	10.48	10.74	12.58
20	8.45	10.31	10.56	12.35
21	8.31	10.13	10.41	12.15
23	8.08	9.85	10.16	11.82
25	7.93	9.62	9.94	11.55
27	7.77	9.42	9.76	11.32
30	7.59	9.17	9.55	11.02
34	7.41	8.92	9.30	10.70
38	7.27	8.72	9.10	10.46
43	7.14	8.54	8.92	10.23
50	6.99	8.36	8.72	9.96
60	6.85	8.17	8.52	9.72
75	6.70	7.98	8.33	9.45
100	6.57	7.82	8.14	9.18
150	6.44	7.65	7.92	8.89
500	6.17	7.50	7.73	8.59
∞	6.3	7.37	7.50	8.30

Factor de distribución de cargas:

Suponiendo $b > 400 \text{ mm} \rightarrow C_m = 1,7$ (precisión de engrane exacta)

Factor de aplicación:

$$\frac{HB_p}{HB_r} = \frac{601}{601} = 1 < 1,2 \rightarrow e = 0$$

$$C_h = 1 + e(i - 1) = 1$$

Factor dinámico:



$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 180 \frac{2\pi}{60} \cdot 0,175 = 15,64 \text{ m/s} = 938,78 \text{ m/min}$$

$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{938,78}}} = 0,764$$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{C_m \cdot C_a \cdot C_h}{C_v} = \frac{1 \cdot 1,7 \cdot 1}{0,764} = 2,23$$

Factor elástico C_p :


$$C_p = \sqrt[2]{\frac{1}{\pi \frac{1-0,3}{2,07 \cdot 10^5} \cdot 2}} =$$

A continuación aplicando la ecuación de la fatiga superficial según AGMA :

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

$$868,1956 = 1902 \cdot \sqrt{\frac{57525,92 \cdot 2,23}{b \cdot 9,17 \cdot 240}}$$

$$b = 279,23 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 38 de 74

Para un espesor de 279,23 mm el engranaje no resiste la fatiga a flexión. Por tanto el espesor seleccionado será el de este apartado:

$$b = 345 \text{ mm}$$

7. DISEÑO DEL PORTASATELITES DE LA PRIMERA ETAPA

7.1 DISEÑO DE LOS EJES DEL PORTASATELITES A CARGA ESTÁTICA.

La torsión del eje de baja velocidad provoca la flexión de los ejes del portasatelites.


$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{60.900000}{25.2 \cdot \pi} = 343774,68 \text{ N.m}$$

$$F_t = \frac{2.T}{d} = \frac{2 \cdot 34377,68}{1,260} = 54567,75 \text{ N}$$

Siendo $d = D_{p \text{ sol}} + D_{p \text{ planeta}}$, es decir, viene influenciado por las dimensiones de la primera etapa.

El momento flector en los ejes provocado por la torsión del eje de baja se obtiene de la siguiente manera:

$$M = F_t \cdot L = 43654200 \text{ N. mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 39 de 74

Siendo $L = 800$ mm la longitud de los ejes del portasatelites.

El material seleccionado para los ejes es AISI 3140 OQT 1000, con un factor de seguridad a carga estática de 9:

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$


$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

A continuación se calcula el diámetro a estática mediante DET. Como solo hay flexión la ecuación queda de la siguiente manera:

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot M = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [16]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot 43654200 = \frac{920}{3.3}$$

$$d = 163.24 \text{ mm} \rightarrow d_{\text{normalizado}} = 170 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 40 de 74

7.2 DISEÑO DEL LOS EJES DEL PORTASATELITES A FATIGA.

Como el torsor del eje de baja es el que origina la flexión en los ejes del portasatelites y este torsor es constante, se considera que la flexión solamente tiene componente media y por tanto la componente alternante es nula.

$$M_{alt} = 0 \qquad S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$M_{med} = 2,7284 \cdot 10^8 \text{ N.mm} \qquad d = 170 \text{ mm}$$

Aplicando Goodman se obtiene el factor de seguridad a fatiga:


GOODMAN

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} M_m} \quad [17]$$

$$170 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} 43654200}$$

$$\eta = 11,6$$

Por tanto el eje no rompe a fatiga.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010
		Revisión(0) Hoja 41 de 74

7.3 DIAMETRO Y ESPESOR DEL DISCO PORTASATELITES.

El diámetro del disco estará en función de las dimensiones de la primera etapa para que no haya problemas de montaje, para que de esta manera pueda encajar perfectamente. El acero empleado para el disco es el mismo que el acero de los ejes.

$$D = 1850 \text{ mm}$$


Para el cálculo del espesor del disco se considera que este está flexionado por el flector que afecta al eje de baja (416,3204 KN.m). Por tanto se calculara el esfuerzo debido a la flexión conociendo la resistencia a fluencia del acero y el coeficiente de seguridad según la normativa española:

$$\sigma = \frac{Mz \cdot ycg}{Iz} \quad I_z = \frac{b \cdot 925^3}{12}$$

$$\sigma = \frac{4,1634 \cdot 10^8 \cdot 925}{\frac{b \cdot 925^3}{12}} = \frac{5838,82}{b}$$

$$S_y = 920 \text{ Mpa} \quad \eta = 9$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{920 \text{ Mpa}}{\frac{5838,82}{b}} = 3 \rightarrow b = 57,11 \text{ mm} \rightarrow b = 60 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 42 de 74

8. DISEÑO DEL PORTASATELITES DE LA SEGUNDA ETAPA

8.1 DISEÑO DE LOS EJES DEL PORTASATELITES A CARGA ESTÁTICA.

La torsión del eje de baja velocidad provoca la flexión de los ejes del portasatelites

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{60.900000}{180 \cdot 2 \cdot \pi} = 47746,5 \text{ N. m}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{d} = \frac{2 \cdot 47746,5}{0,840} = 113682,14 \text{ N}$$


Siendo $d = D_{p \text{ sol}} + D_{p \text{ planeta}}$, es decir, viene influenciado por las dimensiones de la primera etapa.

El momento flector en los ejes provocado por la torsión del eje de baja se obtiene de la siguiente manera:

$$M = F_t \cdot L = 113682,14 \text{ N} \cdot 500 \text{ mm} = 56841070 \text{ N.mm}$$

Siendo L la longitud de los ejes del portasatelites.

El material seleccionado para los ejes es AISI 3140 OQT 1000, con un factor de seguridad a carga estática de 9:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 43 de 74

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

A continuación se calcula el diámetro a estática mediante DET, como solo hay flexión la ecuación queda de la siguiente manera:

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot M = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [16]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot 56841070 = \frac{920}{3 \cdot 3}$$


$$d = 178,25 \text{ mm} \rightarrow d = 180 \text{ mm}$$

8.2 DISEÑO DEL LOS EJES DE PORTASATELITES A FATIGA.

Como el torsor del eje de baja es el que origina la flexión en los ejes del portasatelites y este torsor es constante ,se considera que la flexión solamente tiene componente media y por tanto la componente alternante es nula.

$$M_{\text{alt}} = 0 \quad S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$M_{\text{med}} = 576644855 \text{ N.mm} \quad d = 180 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 44 de 74

Aplicando Goodman obtenemos el factor de seguridad a fatiga:

GOODMAN

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}}} Mm \quad [17]$$

$$180 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050}} 56841070$$

$$\eta = 10,56$$

Por lo tanto no rompe a fatiga.

8.3 DIAMETRO Y ESPESOR DEL DISCO PORTASATELITES.

El diámetro del disco estará en función de las dimensiones de la segunda etapa para que no haya problemas de montaje, para que de esta manera pueda encajar perfectamente.

$$D = 1325 \text{ mm}$$

Como el eje intermedio soporta una flexión y un axil muy bajos, se puede aceptar que el espesor del de disco de la segunda etapa es de 60 mm. Si para un espesor de 60 mm la

primera etapa, que es la más solicitada, aguanta sin romper, para la segunda que esta mucho menos solicitada resiste sin problemas.


9. SELECCION DE LAS CHAVETAS EN CADA EJE

A partir del diámetro normalizado de cada eje entramos en las tablas normalizadas según la norma DIN obteniendo las dimensiones de las chavetas :

Ø Eje d (mm) desde-hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887		t ₁ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	Ø m/m desde- hasta	Tol. H-7 m/m
		d + t ₂ m/m	Tol. Admisible (en altura) m/m	d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m				
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1			
30-38	10x8	d+3,4	d+2,8	4,7					
38-44	12x8	d+3,2	d+2,6	4,9					
44-50	14x9	d+3,6	d+2,9	5,5					
50-58	16x10	d+3,9	d+3,2	6,2					
58-65	18x11	d+4,3	d+3,5	6,8					
65-75	20x12	d+4,7	d+3,9	7,4					
75-85	22x14	d+5,6	d+4,8	8,5					
85-95	25x14	d+5,4	d+4,6	8,7					
95-110	28x16	d+6,2	+0,2	d+5,4	+0,2	9,9	180-250	+0,046 0	
110-130	32x18	d+7,1		d+6,1		11,1			
130-150	36x20	d+7,9		d+6,9		12,3	+0,3	250-315	+0,052 0
150-170	40x22	d+8,7		d+7,7		13,5			
170-200	45x25	d+9,9		d+8,9		15,3			
200-230	51x28	d+11,2		d+10,1		17			
230-260	56x32	d+12,9		d+11,8		19,3			
260-290	63x32	d+12,6	+0,3	d+11,5	+0,3	19,6		400-500	+0,063 0

9.1 EJE DE BAJA VELOCIDAD

Lleva una chaveta que une el portasatelites de la 1ª etapa al eje, entrando en las tablas se obtienen los siguientes parámetros:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 46 de 74

$$d = 380 \text{ mm} \rightarrow b = 80 \text{ mm}$$

$$h = 40 \text{ mm}$$

$$t_1 = 25 \text{ mm}$$

$$t_2 = 14,1 \text{ mm}$$

$$l = 320 \text{ mm}$$

A continuación se comprueba que cada eje no rompa como consecuencia de la acumulación de tensiones en el chavetero, tanto a estática como a fatiga:

ESTÁTICA


$$M = 416,3204 \text{ KN.m} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$T = 411,8112 \text{ KN. m} \quad d = d_{\text{eje}} - t_1 = 380 - 25 = 355 \text{ mm}$$

$$P = 55,3121 \text{ KN}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{(8 \cdot M + P \cdot d)^2} + \sqrt{48 \cdot T^2} = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{4}{\pi \cdot 355^3} \sqrt{(8 \cdot 416,3204 \cdot 10^8 + 55312,1 \cdot 355)^2} + \sqrt{48 \cdot (4,1181 \cdot 10^8)^2} = \frac{920}{\eta}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 47 de 74

$$\eta = 7,35$$

Por lo tanto el eje no rompe a estática como consecuencia del chavetero.

FATIGA

$$M_{alt} = 416.3204 \text{ KN. m} \quad d = 380 - t_1 = 355 \text{ mm}$$

$$M_{med} = 0$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot Se} \frac{M_{alt} \cdot K_f}{K_s}}$$

$$355 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 377,3196} \frac{4,163204 \cdot 10^8 \cdot 0,8}{0,6}}$$


$$\eta = 2,9856$$

El eje no rompe a fatiga como consecuencia del chavetero.

9.2 EJE INTERMEDIO

El eje intermedio lleva 2 chavetas, una para fijar el sol de la 1ª etapa y una segunda para fijar el portasatelites de la 2ª etapa:

$$d = 160,33 \text{ mm} \rightarrow d_{normalizado} = 170 \text{ mm} \rightarrow b = 40 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 48 de 74

$$h = 22 \text{ mm}$$

$$t_1 = 13 \text{ mm}$$

$$t_2 = 8,1 \text{ mm}$$

$l = 120 \text{ mm} \rightarrow$ chaveta portasatelites 2ª etapa.

$l = 400 \text{ mm} \rightarrow$ chaveta del sol 1ª etapa.

A continuación se comprueba que el eje no rompe ni a estática ni a fatiga una vez mecanizado el chavetero

ESTÁTICA

$$T = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N. mm} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$d = 160,33 - t_1 = 170 - 13 = 157 \text{ mm}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{4}{\pi \cdot 157^3} \sqrt{48} \cdot 4,77465 \cdot 10^7 = \frac{920}{\eta}$$



$$\eta = 8,45$$

El eje no rompe a estática.

FATIGA

$$T_{alt} = 0 \rightarrow T = cte$$

$$T_{med} = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N.mm}$$

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$d = 170 - t_1 = 157 \text{ mm}$$


$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} \cdot \frac{3}{4} T_m}$$

$$157 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \cdot \frac{3}{4} 4,77465 \cdot 10^7}$$

$$\eta = 11,14$$

El eje no rompe a fatiga .

9.3EJE DE ALTA VELOCIDAD

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 50 de 74

Lleva una chaveta que une el sol de la segunda etapa con el eje:

$$d = 84,14 \text{ mm} \rightarrow d_{\text{normalizado}} = 85 \text{ mm} \rightarrow b = 22 \text{ mm}$$

$$h = 14 \text{ mm}$$

$$t_1 = 9 \text{ mm}$$

$$t_2 = 4,4 \text{ mm}$$

$$l = 200 \text{ mm}$$

ESTATICA


$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$T = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$d = 85 - t_1 = 85 - 9 = 76 \text{ mm}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{4}{\pi \cdot 76^3} \sqrt{48} \cdot 6,90311 \cdot 10^6 = \frac{920}{\eta}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 51 de 74

$$\eta = 6,63$$

El eje no rompe a carga estática una vez mecanizado el chavetero.

FATIGA

$$T_{alt} = 0 \rightarrow T = cte$$

$$T_{med} = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$d = 85 - t_1 = 85 - 9 = 76 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} \cdot \frac{3}{4} T_m}$$

$$76 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \cdot \frac{3}{4} 6,90311 \cdot 10^6}$$

$$\eta = 8,74$$

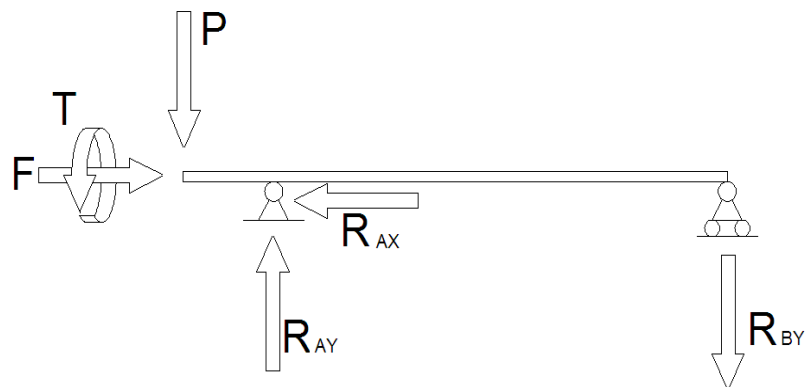
El eje no rompe a carga estática.



10. SELECCION DE LOS RODAMIENTOS


10.1 RODAMIENTO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD

El eje de baja velocidad tiene 2 rodamientos con el fin de absorber la carga axial y el flector que entra desde las palas. El primer rodamiento(A) estará situado lo más próximo posible al buje y este absorberá tanto el axil como parte del flector. El segundo rodamiento (B) estará situado lo más cercano posible al portasatelites de la 1ª etapa con el fin de absorber solamente flexión.



RODAMIENTO A

A continuación se selecciona el rodamiento en el catalogo SKF, escogiendo un rodamiento de rodillos cónicos HM 26644/410, fabricado para soportar grandes cargas radiales y axiales y para un diámetro de 380 mm:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 53 de 74

$$C = 1870 \text{ KN} \rightarrow \text{coeficiente dinámico} \quad Y = 1,8$$

$$C_0 = 4150 \text{ KN} \rightarrow \text{coeficiente estático} \quad Y_0 = 1$$

$$e = 0,33$$

Se aplica la metodología del catalogo:

$$F_a = F_{\text{axial}} = 55,313 \text{ KN}$$

$$M_{\text{flector}} = 416,32 \text{ KN.m} \rightarrow F_{\text{radial}} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{l} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{1\text{m}} = 416,32 \text{ KN}$$


Siendo l la distancia entre el centro del buje y el primer rodamiento.

$\frac{F_{\text{axial}}}{F_{\text{radial}}} = \frac{416,32 \text{ KN}}{55,313 \text{ KN}} = 0,133 < e$, por tanto $P = F_{\text{radial}} = 416,32 \text{ KN}$, siendo P la carga dinámica equivalente.

Se comprueba a dinámica la vida nominal y media del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{1870 \text{ KN}}{416,32 \text{ KN}}\right)^3 = 90,62 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 90,62 = 453,1 \text{ millones de revoluciones}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 54 de 74

Como el eje gira a 25 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después se pasa a horas:

$$453100000 \text{ mill.revol.} / 60\text{minutos} \cdot 25 \text{ rpm} = 302079,83 \text{ horas}$$

Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

RODAMIENTO B

Siendo l la longitud del eje, puesto que se considera próximo al portasatelites.

Se ha seleccionado un rodamiento de rodillos cilíndricos NCF 2976 CV, fabricado para soportar grandes fuerzas radiales, para un diámetro de 380 mm:

$$C = 1570 \text{ KN} \quad Y = 0,4$$


$$C_0 = 3250 \text{ KN} \quad e = 0,3$$

Se comprueba a dinámica la vida nominal y media del rodamiento:

$$F_{\text{axial}} = 0$$

$$F_{\text{radial}} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{l} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{1,5 \text{ m}} = 277,55 \text{ KN}$$

$$P = F_{\text{radial}} = 277,55 \text{ KN}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 55 de 74

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{1570 \text{ KN}}{277,55 \text{ KN}}\right)^3 = 180,99 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 180,99 = 904,95 \text{ millones de revoluciones}$$

Como el eje gira a 25 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después se pasa a horas:

$$904950000 \text{ mill. revol.} / 60 \text{ minutos} \cdot 25 \text{ rpm} = 603300 \text{ horas}$$


Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

10.2 RODAMIENTOS EN LOS PLANETAS DE LA 1ª ETAPA

A continuación se va a seleccionar los rodamientos que van situados entre cada brazo portasatelites y sus respectivos satélites. Estos solo soportaran esfuerzos radiales debido a la flexión del brazo. Para ello se va a utilizar rodamientos de rodillos cilíndricos especiales para soportar cargas radiales. El seleccionado es NCF 3034 CV para un diámetro de 300 mm:

$$C = 671 \text{ KN} \quad Y = 0,4$$

$$C_0 = 1060 \text{ KN} \quad e = 0,3$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 56 de 74

$P = F_{\text{radial}} = 54,568 \text{ KN} \rightarrow$ fuerza tangencial k soporta el brazo portasatelites calculada en aparatado.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{671 \text{ KN}}{54,568 \text{ KN}} \right)^3 = 1859,31 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 449,48 = 9296,59 \text{ millones de revoluciones}$$

Como el planeta gira a 69,23 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después se pasa a horas:

$$9296590000 \text{ mil.revol.} / 60 \text{ minutos} \cdot 69,23 \text{ rpm} = 2450467,93 \text{ horas}$$

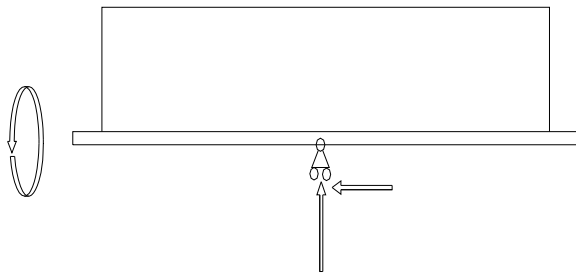
Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

10.3 RODAMIENTO DEL EJE INTERMEDIO

La fuerza radial y axial sobre este eje es mínima. Como consecuencia de ello se deprecian, es decir, se da por supuesto que el rodamiento las soporta sin ningún problema. El eje esta torsionado. Como consecuencia de ello se selecciona un rodamiento para evitar posibles movimientos del eje en la dirección axial debido a las vibraciones producidas durante el funcionamiento de la multiplicadora. El diámetro interior del rodamiento es de 160 mm para adaptarse al eje mediante ajuste de presión.



El tipo de rodamiento escogido en SKF es un rodamiento de bolas rígidas 6332 M diseñado para soportar esfuerzos axiales.




$$C = 276 \text{ KN}$$

$$C_0 = 285 \text{ KN}$$

10.4 RODAMIENTOS EN LOS PLANETAS DE LA 2ª ETAPA.

A continuación se va a seleccionar los rodamientos que van situados entre cada brazo portasatelites y sus respectivos satélites. Estos solo soportaran esfuerzos radiales debido a la flexión del brazo. Para ello se va a utilizar rodamientos de rodillos cilíndricos especiales para soportar cargas radiales. El seleccionado es NCF 3036 V para un diámetro de 180 mm:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 58 de 74

$$C = 781 \text{ KN} \quad Y = 0,4$$

$$C_0 = 1250 \text{ KN} \quad e = 0,3$$

$P = F_{\text{radial}} = 115,329 \text{ KN} \rightarrow$ fuerza tangencial k soporta el brazo portasatelites de la 2^a etapa.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{781 \text{ KN}}{115,320 \text{ KN}} \right)^3 = 310,55 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 449,48 = 1552,77 \text{ millones de revoluciones}$$

Como el planeta gira a 508,16 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después tenerlo en horas:

$$1552770000 \text{ mil.revol.} / 60 \text{ minutos} \cdot 508,16 \text{ rpm} = 50927,86 \text{ horas}$$

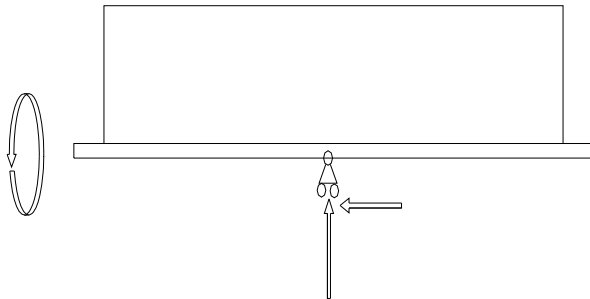
Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

10.5 RODAMIENTO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD

La fuerza radial y axial sobre este eje es mínima, como consecuencia de ello se deprecian, es decir, se da por supuesto que el rodamiento las soporta sin ningún problema. El eje esta torsionado. Como consecuencia de ello se selecciona un




rodamiento para evitar posibles movimientos del eje en la dirección axial debido a las vibraciones que se producen durante el funcionamiento de la multiplicadora. El diámetro interior del rodamiento es de 85 mm para adaptarse al eje mediante ajuste de presión.



El tipo de rodamiento escogido en SKF es un rodamiento de bolas rígidas 6417 diseñado para soportar esfuerzos axiales.

$$C = 174 \text{ KN}$$

$$C_0 = 137 \text{ KN}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 60 de 74

11. SELECCIÓN DEL FRENO

Para seleccionar el freno que ira ubicado en el eje de alta velocidad se debe calcular el par de frenado para así poder entrar en las graficas del catalogo, en este caso TWIFLEX. La expresión del par de frenado es la siguiente:

$$T_B = T_j + T_L - T_F$$

Donde T_j es la inercia de frenado, T_L es el torsor del eje y T_F es el par de fricción necesario para frenar el eje.

INERCIA DE FRENADO (T_j)


La inercia de frenado se considera despreciable, es decir, el freno de disco no es el encargado de detener todo el conjunto sino simplemente de retenerlo una vez parado eólicamente.

TORSOR DEL EJE (T_L)

El torsor del eje de salida es el calculado en apartados anteriores, es decir:

$$P = 900\text{kw} \quad \omega = 1245 \text{ rpm}$$

$$P = T_L \cdot \omega \rightarrow T_L = \frac{P}{\omega} = \frac{900000 \text{ w}}{1245 \text{ rpm} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60}} = 6903,11 \text{ N.m}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 61 de 74

PAR DE FRICCIÓN (T_F)

El par de fricción es el generado entre las pinzas del freno y el disco. Este disco va acoplado al eje de alta velocidad. Este par es el que se opone al torsor del eje.

$$T_F = F_f \cdot r_e = 14300 \text{ N} \cdot r_e$$

siendo F_f la fuerza de fricción del freno seleccionado en N y r_e el radio efectivo del disco de freno.

TORSOR DE FRENADO (T_B)

El torsor de frenado es el que hemos mencionado en el al comienzo del apartado:

$$T_B = T_j + T_L - T_F$$

Sutituyendo valores:

$$T_B = 6903,11 \text{ N} \cdot \text{m} - 14300 \text{ N} \cdot r_e$$

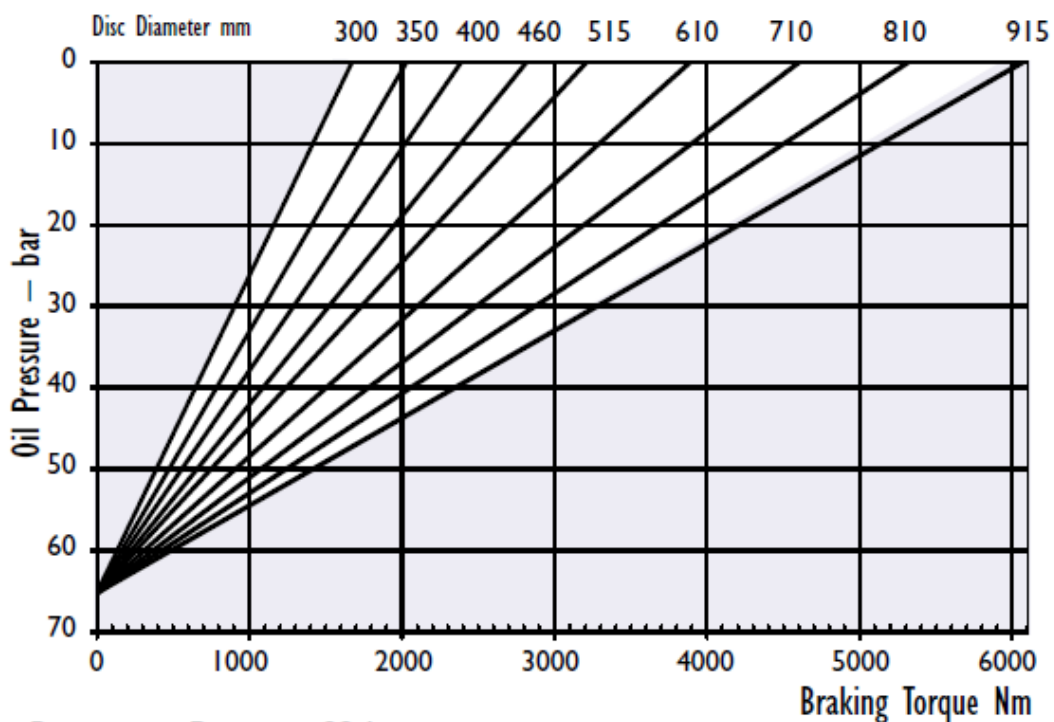
Para un par de frenado $T_B = 3000 \text{ N} \cdot \text{m}$:

$$3000 \text{ N} \cdot \text{m} = 6903,11 \text{ N} \cdot \text{m} - 14300 \text{ N} \cdot r_e$$

$$r_e = 273 \text{ mm} \rightarrow d_e = 546 \text{ mm}$$



Como se puede observar en la grafica esos valores están dentro del rango de presiones para el par de frenado seleccionado. por tanto el modelo del freno escogido es : TWIFLEX XSH 9.6 .



Retraction Pressure 82 bar


Maximum Braking Force XSH 9.6: 14.3kN

Weight of caliper and thruster - 11kg

Weight of thruster only - 4.5kg

Volume displacement of thruster at 6mm retraction = 9.1ml

Braking Torque Nm
(XSH 9.6)

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 63 de 74

12. CALCULO DEL ESPESOR DE LA CARCASA.

En primer lugar se obtiene el volumen de cada elemento de la multiplicadora con el fin de calcular el peso que soporta la bancada en kg conociendo la densidad del acero (7680 kg/m^3) y a partir del peso que debe aguantar la bancada se calcula el espesor.

EJE DE ENTRADA

$$D = 0,380 \text{ m} \quad l = 1,5 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,1701 \text{ m}^3$$

1ª ETAPA:

Volumen de la corona:

$$D_e = 2,198 \text{ m}$$

$$D_i = 2,135 \text{ m}$$

$$e = 0,595 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (1,099^2 - 1,0675^2) \cdot 0,595 = 0,127 \text{ m}^3$$



Volumen de los planetas:

$$D_e = 0,938 \text{ m}$$

$$D_i = 0,380 \text{ m}$$

$$e = 0,595 \text{ m}$$

$$(R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,469^2 - 0,190^2) \cdot 0,595 = 0,344 \text{ m}^3 \times 3 \text{ planetas} =$$
$$1,031 \text{ m}^3$$

Volumen del sol:

$$D_e = 0,378 \text{ m}$$

$$D_i = 0,165 \text{ m}$$

$$e = 0,595 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,189^2 - 0,0825^2) \cdot 0,595 = 0,054 \text{ m}^3$$

Volumen del portasatelites:

Brazos:



$$d = 0,170 \text{ m} \rightarrow r = 0,085 \text{ m} \quad l = 0,5 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,01135 \text{ m}^3 \times 3 \text{ brazos} = 0,034 \text{ m}^3$$

Disco :

$$D_e = 0,380 \text{ m}$$

$$D_i = 1,850 \text{ m}$$

$$e = 0,060 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,925^2 - 0,190^2) \cdot 0,060 = 0,154 \text{ m}^3$$

EJE INTERMEDIO

$$D = 0,165 \text{ m} \quad l = 1 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,021 \text{ m}^3$$

2ª ETAPA

Volumen de la corona:

$$D_e = 1456 \text{ m}$$



$$D_i = 1420 \text{ m}$$

$$e = 0,345 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,728^2 - 0,710^2) \cdot 0,345 = 0,028 \text{ m}^3$$

Volumen de los planetas:

$$D_e = 0,616 \text{ m}$$

$$D_i = 0,180 \text{ m}$$

$$e = 0,345 \text{ m}$$


$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,308^2 - 0,09^2) \cdot 0,345 = 0,094 \text{ m}^3 \times 3 \text{ planetas} =$$
$$0,282 \text{ m}^3$$

Volumen del sol:

$$D_e = 0,256 \text{ m}$$

$$D_i = 0,085 \text{ m}$$

$$e = 0,345 \text{ m}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 67 de 74

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,128^2 - 0,0425^2) \cdot 0,345 = 0,0158 \text{ m}^3$$

Volumen del portasatelites:

Brazos:

$$d = 0,180 \text{ m} \rightarrow \quad l = 0,5 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,0127 \text{ m}^3 \times 3 \text{ brazos} = 0,0382 \text{ m}^3$$

Disco :

$$D_e = 1,325 \text{ m}$$

$$D_i = 0,160 \text{ m}$$


$$e = 0,060 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,6625^2 - 0,08^2) \cdot 0,060 = 0,0815 \text{ m}^3$$

EJE DE DE SALIDA

$$D = 0,085 \text{ m} \quad l = 1 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,00567 \text{ m}^3$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 68 de 74

VOLUMEN TOTAL

$$\begin{aligned}
 V_T = & 0,1701 \text{ m}^3 + 0,127 \text{ m}^3 + 1,031 \text{ m}^3 + 0,054 \text{ m}^3 + 0,154 \text{ m}^3 + 0,034 \text{ m}^3 + 0,021 \\
 & \text{m}^3 + 0,028 \text{ m}^3 + 0,282 \text{ m}^3 + 0,0158 \text{ m}^3 + 0,0382 \text{ m}^3 + 0,0815 \text{ m}^3 + 0,00567 \text{ m}^3 = \\
 & 2,04227 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$P = \rho \cdot V_T = 7680 \text{ kg / m}^3 \cdot 2,04227 \text{ m}^3 = 15684,63 \text{ kg}$$

PESO DE LOS RODAMIENTOS

Eje de baja

Rodamiento de rodillos cónicos HM 26644/410 → P = 52,5 kg


Rodamiento de rodillos cilíndricos NCF 2976 CV → P = 77 kg

Eje intermedio

Rodamiento de bolas rígidas 6332 M → P = 29 kg

Eje de alta

rodamiento de bolas rígidas 6417 → P = 9,5 kg

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 69 de 74

Rodamientos planetas 1ª etapa:

Rodamientos de rodillos cilíndricos NCF 3034 CV → P = 12,5 kg/ud x 3 planetas = 37,5 kg x 2 = 75 kg

Rodamientos planetas 2ª etapa:

Rodamientos de rodillos cilíndricos NCF 3036 V → P = 10 kg/Ud. x 3 planetas = 30kg x 2 = 60 kg.

PESO TOTAL

$$P_T = 15684,63 \text{ kg} + 52,5 \text{ kg} + 77 \text{ kg} + 29 \text{ kg} + 9,5 \text{ kg} + 75 \text{ kg} + 60\text{kg} = 15987,63\text{kg} \times 9,81\text{m/s}^2 = 156,839 \text{ KN}$$

12.1 DISEÑO A CARGA ESTÁTICA DEL ESPESOR DE LA CARCASA.

La bancada donde se apoya todo el conjunto de elementos de la multiplicadora tiene unas dimensiones de 2200 mm de ancho por 2650 mm de largo, por tanto solo falta conocer el espesor de la bancada de la carcasa a carga estática para fijar sus dimensiones.

Para ello aplicamos TED:

$$\eta = \frac{s_y}{\sigma_{eq}}$$



la sección rectangular de la bancada esta flexionada por el peso de todo el conjunto, por tanto diseñamos solamente a flexión, considerando el caso más desfavorable que sería todo el peso del conjunto en un extremo, de manera que el flector sería el máximo posible:

$$M_z = 156,839 \text{ KN} \cdot 2,650 \text{ m} = 415,62 \text{ KN} \cdot \text{m} = 415620000$$

Área de la sección = 2200 mm . espesor

$$\sigma = \frac{Mz \cdot ycg}{I_z} \quad I_z = \frac{2200 \cdot b^3}{12}$$

$$\sigma = \frac{4,1562 \cdot 10^8 \cdot \frac{e}{2}}{\frac{2200 \cdot b^3}{12}} = \frac{1133509,091}{b^2}$$

Para un acero AISI 1050 estirado en frio y un coeficiente de seguridad a estatica seleccionado:

$$S_y = 579 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 690 \text{ Mpa}$$

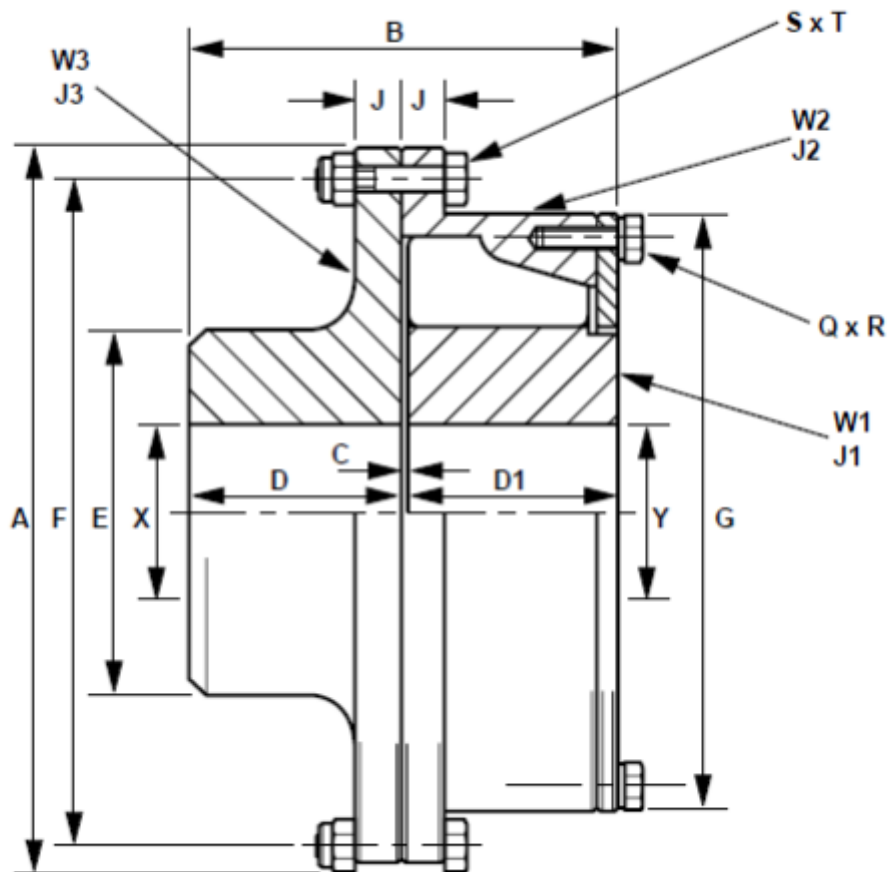
$$\eta = 3$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{579 \text{ Mpa}}{\frac{1133509,091}{b^2}} = 3 \rightarrow b = 76,64 \text{ mm} \rightarrow b = 80 \text{ mm}$$



13 .SELECCION ACOPLAMIENTO FLEXIBLE EJE DE ALTA – GENERADOR.

Conociendo el par torsor, la velocidad de giro y el diámetro del eje de alta velocidad, se puede seleccionar a partir de un catalogo, en este caso RENOLD HITEX couplings, el acoplamiento adecuado a nuestras necesidades. Las tablas del fabricante son las siguientes:





Datos Técnicos del RB

TAMAÑO DEL ACOPLAMIENTO		0.12	0.2	0.24	0.37	0.73	1.15	2.15	3.86	5.5
PAR NOMINAL T_{KN} (kNm)		0.314	0.483	0.57	0.879	1.73	2.731	5.115	9.159	13.05
PAR MÁXIMO T_{Kmax} (kNm)		0.925	1.425	1.72	2.635	5.35	8.1	15.303	27.4	41.0
PAR VIBRATORIO T_{KW} (kNm)		0.122	0.188	0.222	0.342	0.672	1.062	1.989	3.561	5.075
CALOR DISIPADO PERMITIDO A TEMPERATURA AMBIENTE 30°C P_{KW} (W)	SM60	90	112	125	140	185	204	246	336	426
	SM70	98	123	138	155	204	224	270	369	465
	SM80	100	138	154	173	228	250	302	410	520

Como se observa en la tabla el tipo de acoplamiento seleccionado es un RB 1.15 mitad rígido mitad flexible , ya que este tiene un par máximo de 8,1 KN.m bastante superior al par torsor máximo existente en el eje de alta que es de 6,903 KN.m.

Dimensiones, Peso, Inercia y Alineación

TAMAÑO DEL ACOPLAMIENTO		0.12	0.2	0.24	0.37	0.73	1.15	2.15	3.86	5.5
DIMENSIONES (mm)	A	200.0	222.2	238.1	260.3	308.0	358.8	466.7	508.0	577.8
	B	104.8	111.2	123.8	136.5	174.6	193.7	233.4	260.4	285.8
	C	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.8	6.4	6.4
	D	50.8	54.0	60.3	66.7	85.7	95.2	114.3	127.0	139.7
	D1	50.8	54.0	60.3	66.7	85.7	95.2	114.3	127.0	139.7
	E	79.4	95.2	101.6	120.6	152.4	184.1	222.2	279.4	330.2
	F	177.8	200.0	212.7	235.0	279.4	323.8	438.15	469.9	536.6
	G	156.5	178	186.5	210	251	295	362	435	501.5
	J	12.7	14.3	15.9	17.5	19.0	19.0	19.0	22.2	25.4
	Q	5	6	6	6	6	6	6	7	8
	R	M8	M8	M8	M10	M10	M12	M12	M12	M12
	S	6	6	6	8	8	10	16	12	12
	T	M8	M8	M10	M10	M12	M12	M12	M16	M16
	U	9.2	9.2	11.2	11.2	13.2	13.2	13.2	17.25	17.25
	X MÁXIMO	50	60	65	80	95	115	140	170	210
	Y MÁXIMO	55	70	75	85	95	115	140	170	210
X e Y MÍNIMOS	30	35	40	40	55	55	70	80	90	
ELEMENTOS DE GOMA	POR CAVIDAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	POR ACOPLAMIENTO	10	12	12	12	12	12	12	14	16
VELOCIDAD MÁXIMA (rpm) (1)		5250	4725	4410	4035	3410	2925	2250	2070	1820

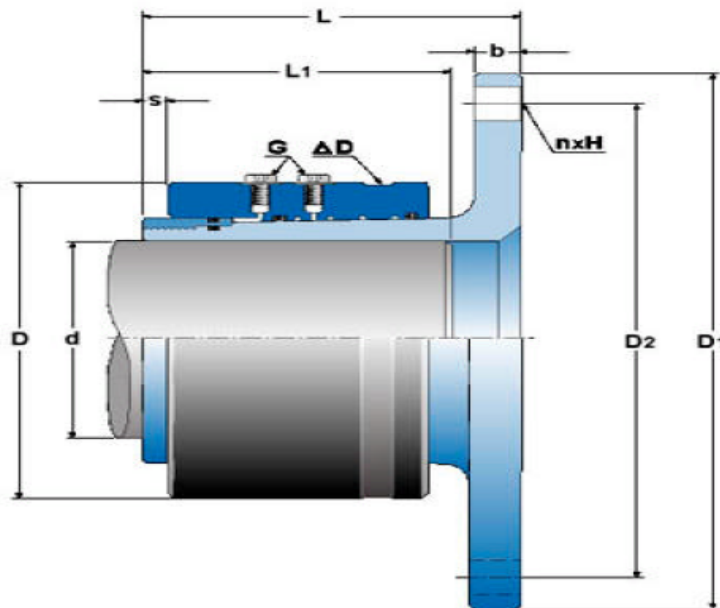


También se puede observar que para el acoplamiento seleccionado el eje puede llegar a girar a un máximo de 2925 rpm notablemente superior a la velocidad que gira el eje de alta que es de 1245 rpm para proporcionar la potencia nominal.(900kw).

Por último se puede observar que el rango de diámetros en ambos extremos (X,Y) del acoplamiento son idénticos y además se ajustan al diámetro del eje de alta que es de 85 mm.

14.SELECCION ACOPLAMIENTO BUJE – EJE DE BAJA.

El acoplamiento entre el buje y el eje de baja velocidad se realiza mediante un acoplamiento de sujeción modelo ETP HICON – F380 como el que se muestra en la imagen siguiente :





Referencia ETP-HYCON F-diámetro del eje.

ETP-HYCON	Dimensiones					Par transmisible o fuerza axial		Dimensiones de montaje				Momento polar de inercia** J kgm ² *10 ⁻³	Peso** kg
	d mm	D mm	L mm	D1* mm	b* mm	T kNm	F kN	L1 mm	D mm	s mm	G		
F-260	260	416	322	575	44	540	4153	234	0,678	20,5	1/4	8024	224
F-280	280	448	344	605	47	674	4814	249	0,728	22,0	1/4	11056	272
F-300	300	480	365	635	51	830	5533	264	0,778	23,5	1/4	14942	326
F-320	320	511	385	695	54	1007	6293	277	0,834	25,1	1/4	21247	398
F-340	340	544	407	730	58	1207	7100	291	0,888	26,7	1/4	28282	473
F-360	360	576	427	760	61	1433	7961	305	0,938	28,2	1/4	36259	550
F-380	380	607	447	820	64	1686	8873	319	0,994	29,4	1/4	48860	651
F-400	400	639	469	855	68	1963	9815	332	1,054	31,5	1/4	61957	751

Como se aprecia en la tabla, el acoplamiento seleccionado es un ETP HICON – F380, para un diámetro de 380 mm. El torsor máximo es de 1686 KN. m, muy superior con respecto al torsor que soporta el eje que es de 411,8112 KN . m. La fuerza axil soportada por el eje es de 55,313 KN muy por debajo del máximo permitido que es de 8873 KN.

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 75 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 76 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 77 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 78 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 79 de 74



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011


RUBEN VICENTE SEVILLA

ÍNDICE

1. Objeto.....	Pág. 1
2. Campo de Aplicación.....	Pág. 1
3. Normativa de Aplicación.....	Pág. 2
4. Elementos de la Instalación.....	Pág. 3
4.1. Multiplicador.....	Pág. 3
4.2. Eje de Baja Velocidad.....	Pág. 3
4.3. Eje de Alta Velocidad.....	Pág. 4
4.4. Rodamientos.....	Pág. 4
4.5. Acoplamiento Buje-Eje de Baja.....	Pág. 4
4.6. Acoplamiento Eje de Alta-Generador.....	Pág. 4
4.7. Chavetas	Pág. 4
5. Soldaduras.....	Pág. 5
6. Materiales.....	Pág. 5
7. Proceso de Fabricación.....	Pág. 6
8. Sistemas de Frenado.....	Pág. 6
9. Control y Aceptación de los Elementos y Equipos que Conforman la Transmisión.....	Pág. 7
10. Consideraciones Generales.....	Pág. 8
11. Tipos de Trabajos a Realizar.....	Pág. 8
12. Comprobaciones Iniciales.....	Pág. 9
13. Reconocimientos, Pruebas, Ensayos y Recepción de los Elementos de la Transmisión.....	Pág. 9
14. Garantías y Límites de la Garantías.....	Pág. 11
15. Recepción definitiva y Entrega o Transferencia de la Transmisión proyectada a la propiedad.....	Pág. 13
16. Condiciones de Mantenimiento y Uso.....	Pág. 13
16.1. Mantenimiento y Conservación de la Transmisión.....	Pág. 14
16.1.1. Mantenimiento Correctivo.....	Pág. 14
16.1.2. Mantenimiento Preventivo.....	Pág. 14
16.1.3. Eje principal.....	Pág. 14
16.1.4. Multiplicadora.....	Pág. 15

16.1.5. Frenos.....	Pág. 15
16.1.6. Consumibles.....	Pág.16
17. Condiciones de Índole Facultativo y Legales.....	Pág. 16
17.1. Del titular de la instalación y sus obligaciones.....	Pág. 16
17.2. Obligaciones del titular frente a determinados incumplimientos.....	Pág.17
17.3. De la dirección Facultativa.....	Pág. 17
17.4. Suministrador.....	Pág. 18
17.5. De la empresa Fabricadora o Contrastiva	Pág. 18
17.6. Reclamaciones contra las Órdenes del Ingeniero-Director.....	Pág. 21
17.7. Trabajos defectuosos.....	Pág. 21
18. Condiciones de Índole Económica.....	Pág. 21
18.1. Base Fundamental.....	Pág. 22
18.2. Garantía.....	Pág. 22
18.3. Fianza.....	Pág. 22
18.4. De su devolución en General.....	Pág. 23
18.5. Revisión de Precios.....	Pág. 23
18.6. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.....	Pág. 24
18.7. Descomposición de los precios unitarios.....	Pág. 24
18.7.1. Se considera Costes Indirectos.....	Pág. 25
18.7.2. Se considera Impuestos Indirectos.....	Pág. 25
18.8. Precios e Importes de Ejecución Material.....	Pág. 25
18.9. Precios e Importes de Ejecución Por Contrata.....	Pág. 26
18.10. Costes Generales y Fiscales.....	Pág. 26
18.11. Costes Imprevistos.....	Pág. 27
18.12. Beneficios Industrial.....	Pág. 27
18.13. Honorarios de la dirección técnica y facultativa.....	Pág. 27
18.14. Gastos por cuenta del Contratista.....	Pág. 27
18.14.1. Medios Auxiliares.....	Pág. 27
18.14.2. Materiales Defectuosos.....	Pág. 28
18.14.3. Ensayos y Pruebas.....	Pág. 28
18.15. Precios Contradictorios.....	Pág. 28
18.16. Penalización Económica al contratista por el incumplimiento de compromisos.....	Pág. 29
18.17. Responsabilidad del Contratista.....	Pág. 30

18.18. Derecho del propietario a rescisión del contrato.....	Pág. 31
18.19. Forma de rescisión del contrato por parte de la propiedad.....	Pág. 31
18.20. Derechos del contratista para cancelar el contrato.....	Pág. 31
18.21. Causas de rescisión del contrato.....	Pág. 32
18.22. Plazo de Entrega de la Instalaciones.....	Pág. 33
18.23. Daños a terceros.....	Pág. 33
18.24. Disposiciones legales y permisos.....	Pág. 34
18.25. Vicios ocultos y sanciones.....	Pág. 34
18.25.1. Límite de las sanciones económicas.....	Pág. 36
18.26. Responsabilidad Civil.....	Pág. 36
18.27. Consideraciones aplicables durante la ejecución.....	Pág. 37
18.28. Disposiciones mínimas a aplicar en la Fabricación de la instalación.....	Pág. 38
18.29. Tipos de trabajo e instrucciones	Pág. 39
18.30. Empleo y Conservación del Material de Seguridad.....	Pág. 39

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 1 de 40

1. OBJETO


Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, el cual forma parte de la documentación del presente proyecto, regirá los trabajos para la realización del mismo, determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de la Instalación acorde a lo estipulado en la legislación española por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones.

En cualquier caso, dichas normas particulares no podrán establecer criterios técnicos contrarios a la normativa vigente contemplada en el presente proyecto, ni exigir marcas comerciales concretas, ni establecer especificaciones técnicas que favorezcan la implantación de un solo fabricante o representen un coste económico desproporcionado para el usuario.

Las dudas que se planteasen en su aplicación o interpretación serán dilucidadas por el Ingeniero-Director del montaje y fabricación. Por el mero hecho de intervenir en la fabricación, se presupone que la empresa fabricadora y las subcontratas conocen y admiten el presente Pliego de Condiciones.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se refiere al suministro, fabricación, pruebas, ensayos, verificaciones y mantenimiento de materiales necesarios en la fabricación de Instalaciones, extendiéndose a todos los sistemas mecánicos, con el fin de garantizar la seguridad de los operarios, siendo necesario que dichas instalaciones se proyecten, construyan, mantengan y conserven de tal forma que se satisfagan los fines básicos de la funcionalidad, es decir de la utilización o adecuación al uso, y de la seguridad, concepto que incluye la seguridad estructural y la seguridad de utilización.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 2 de 40

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Además de las Condiciones Técnicas Particulares contenidas en el presente Pliego, serán de aplicación, a los efectos de garantizar la calidad, funcionalidad, eficiencia y durabilidad de la instalación y se observarán en todo momento durante su ejecución, las siguientes normas y reglamentos:

-DECRETO 584/1972, de 24 de febrero, de Servidumbres Aeronáuticas (BOE nº 69, 21/03/1972).

-REAL DECRETO 2135/1980, de 26 de septiembre, de Liberalización Industrial (BOE de 14/10/80).


- ORDEN de 19 de diciembre de 1980, sobre Normas de Procedimiento y desarrollo del Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, de Liberalización Industrial (BOE de 24/12/80).

-REAL DECRETO 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones mecánicas.

-LEY 21/1992, de 16 de julio, de Industria

-LEY 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales; modificaciones por Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales e instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E. 8/3/1996)

-REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las instalaciones.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 3 de 40

-ORDEN de 21 de septiembre de 2001, por la que se regulan las condiciones técnico-administrativas de las instalaciones.

4. ELEMENTOS DEL LA INSTALACION


4.1. MULTIPLICADOR

La potencia de la rotación del rotor del aerogenerador o turbina eólica es transferida al generador a través del tren de potencia diseñado en el presente proyecto, es decir, a través del eje principal, la caja multiplicadora y el eje de alta velocidad. Multiplica la velocidad de giro que llega del rotor para adaptarla a las necesidades del generador. El movimiento de giro de los aerogeneradores suele ser bastante lento. El rotor de la turbina de 900 kW de potencia gira a una velocidad de entre de 25 revoluciones por minuto (r.p.m.). El multiplicador aumentará esta velocidad hasta los 1245 r.p.m. Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Tipo: epicicloidal de doble etapa
- Refrigeración: mediante sistema hidráulico de inyección
- Dimensiones = 2200 mm x 2650 mm x 2200 mm
- Peso: 20558,6 kg

4.2. EJE DE BAJA VELOCIDAD

Es el elemento encargado de realizar la transmisión del par motor que provoca el viento sobre el rotor hasta la multiplicadora. Soporta esfuerzo axial y momentos de flexión y torsión y sus dimensiones son las que se calculan en el anejo nº 1 cálculos justificativos. Este eje gira a velocidad constante de 25 rpm.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 40

4.3. EJE DE ALTA VELOCIDAD

Es el eje de salida. Gira a 1245 rpm y únicamente esta torsionado. Va acoplado al generador mediante un acoplamiento semiflexible generando así en el generador una potencia nominal de 900 kw.

4.4. RODAMIENTOS

Los rodamientos seleccionados así como sus dimensiones vienen dadas por el fabricante SKF, la selección de estos estará en función del estado de sollicitación de cada uno y por las dimensiones de los ejes. En el caso de rotura y por tanto sustitución del rodamiento, este podrá seleccionarse a otro suministrador siempre y cuando cumpla con los requisitos dimensionales y de sollicitación.


4.5. ACOPLAMIENTO BUJE-EJE DE BAJA

Se ha seleccionado un plato o brida, que ira atornillada al buje. El acoplamiento de la brida con el eje se realizara mediante otro buje. El modelo es ETP-HICON de la empresa suministradora Indarbelt como se especifica en el anejo nº 1 cálculos justificativos. Este ha sido seleccionado para que soporte con creces el par torsor y el axil al que está sometido.

4.6. ACOPLAMIENTO EJE DE ALTA-GENERADOR

El acoplamiento semiflexible seleccionado es un RB 1.15 de la empresa suministradora Renold Hitex. Este ha sido seleccionado en función del par torsor del eje de alta velocidad. Su función es acoplar el eje de alta con el eje del generador absorbiendo desalineaciones.

4.7 CHAVETAS

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 5 de 40

Se aplicara la norma DIN 6886 para la selección de las chavetas al suministrador.

5. SOLDADURAS

La fijación de los soportes de las coronas con la carcasa de la multiplicadora se realizara mediante un proceso de soldadura en ángulo. El tipo de soldadura empleado es TIG, que corresponde a una soldadura con arco eléctrico en atmosfera inerte.se realizaran 3 pasadas a una temperatura de 1800 ° C aprox. El electrodo del equipo de soldadura es de tungsteno.

El soldador que lleve a cabo el proceso de soldadura deberá poseer el certificado profesional de soldadura TIG, que demuestre su alta cualificación profesional para dar validez al proceso.


El soldador que realizara los trabajos deberá pasar un procedimiento de homologación, ensayando la operación con probetas.

6. MATERIALES

Los materiales con los que se fabrica todos los elementos de la transmisión son los siguientes:

- Material del eje de baja velocidad, eje intermedio y eje de alta velocidad: AISI 3140 OQT 1000.
- Material de los planetas, corona y sol de la 1ª etapa: AISI 9255 Q&T 400.
- Material de los planetas, corona y sol de la 2ª etapa: AISI 4130 WQT 700.
- Material de la carcasa de la multiplicadora: AISI 1050 estirado en frio.

El suministrador de materiales deberá aportar las características mecánicas y técnicas de cada material así como su especificación técnica.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 6 de 40

7. PROCESO DE FABRICACION.

Para la fabricación se tendrán en cuenta todas las indicaciones dimensionales expresadas en los planos. Los cuerpos de eje y de engranajes cumplirán, relativo a prescripciones del producto, las especificaciones de la norma EN 13261 y fichas UIC 811-1 y 811-2 o la normativa aplicable en el momento de la fabricación.

Se utilizara un torno de control numérico con las dimensiones adecuadas para fabricar ejes de gran envergadura. A partir de los planos se realizara el software que se introducirá en el sistema operativo del torno. También se fijara las velocidades de avance y de giro del mismo que garantice una fabricación óptima.


El responsable de fijar los parámetros de fabricación tales como velocidades de avance y de corte así como la programación del control numérico del eje será el ingeniero de fabricación del taller.

El fresado de los dientes de los engranajes y de los chaveteros se realizara mediante una fresa de control numérico. El responsable de la fabricación será el ingeniero de fabricación del taller.

8. SISTEMAS DE FRENADO

El freno mecánico es utilizado como sistema de apoyo del sistema de freno aerodinámico, como freno de estacionamiento, una vez que la turbina ha sido parada, en el caso de una turbina de regulación por pérdida aerodinámica. Las turbinas de regulación por cambio del ángulo de paso no suelen necesitar activar el freno mecánico (excepto en trabajos de mantenimiento), dado que el rotor apenas si puede moverse cuando las palas del rotor están giradas 90 grados. Este freno se coloca en el eje de alta. Características técnicas del freno seleccionado:

- Marca y tipo de freno: TWIFLEX MXSH 9.6

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 7 de 40

- Fuerza máxima de frenado: 14,3 KN

- Peso del freno: 11kg


- Presión max.del aceite: 37 bar

9. CONTROL Y ACEPTACIÓN DE LOS ELEMENTOS Y EQUIPOS QUE CONFORMAN LA TRASMISION.

La Dirección Facultativa velará porque todos los materiales, productos y equipos que formen parte de la transmisión sean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas se ajustan a la normativa vigente, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI, CE u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista y por lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares. La Dirección Facultativa asimismo podrá exigir muestras de los materiales a emplear y sus certificados de calidad, ensayos y pruebas de laboratorios, rechazando, retirando, desmontando o reemplazando dentro de cualquiera de las etapas de la instalación los productos, elementos o dispositivos que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de su fabricación.

Quando proceda hacer ensayos para la recepción de los productos o verificaciones para el cumplimiento de sus correspondientes exigencias técnicas, según su utilización, estos podrán ser realizadas por muestreo u otro método que indiquen los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, además de la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, debiendo aportarse o incluirse, junto con los materiales.

El contratista o instalador autorizado entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en idioma español para

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 8 de 40

facilitar su correcta interpretación. Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales, éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

10. CONSIDERACIONES GENERALES

El Ingeniero-Director rechazara todos aquellos componentes de la instalación que no cumplan los requisitos mínimos exigidos, obligando a la empresa suministradora o contratista a sustituirlas o cambiarlas.


El contratista facilitara todos los elementos que componen la transmisión del vigente proyecto, adjuntando fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de cada una de los elementos.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales, con los que se fabricara la instalación, se hará de forma que no queden alteradas sus propiedades mecánicas ni sufran deterioro en sus dimensiones.

11. TIPOS DE TRABAJOS A REALIZAR

Los trabajos a realizar en las instalaciones son:

- Fabricación de los todos los elementos de la transmisión (excepto normalizados) por operarios altamente cualificados en procesos de fabricación como torneado, fresado o cualquier proceso que se necesite para la fabricación de cada componente de la instalación proyectada.
- Montaje de los elementos fabricados en el interior de la carcasa de la multiplicadora, siguiendo las indicaciones y planos de conjunto de la instalación.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 9 de 40

12. COMPROBACIONES INICIALES

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la transmisión coinciden con su desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirá en presencia de la Dirección Facultativa. Se marcará por operario autorizado y en presencia de la Dirección Facultativa la fabricación de cada pieza.

13. RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS, ENSAYOS Y RECEPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA TRANSMISION

13.1. RECONOCIMIENTO DE LAS OBRAS


Previamente al reconocimiento de las partes de la transmisión, el Contratista debe retirar todos los materiales sobrantes, restos (a vertedero autorizado), embalajes, virutas, etc., hasta dejarlas completamente limpias y despejadas. En este reconocimiento se comprobará que todos los materiales coinciden con los admitidos por la Dirección Facultativa en el control previo efectuado antes de su fabricación y que corresponden exactamente a las muestras que tenga en su poder, si las hubiera y, finalmente comprobará que no sufren deterioro alguno ni en su aspecto ni en su funcionamiento.

13.2. PRUEBAS

Después de efectuado el reconocimiento, se procederá a realizar las pruebas y ensayos por parte del Contratista que se indican a continuación con independencia de lo indicado con anterioridad en este Pliego de Condiciones Técnicas.

PRUEBA Y ENSAYOS

Siguiendo los procedimientos indicados por la norma EN 13261 se realizarán las siguientes pruebas a los elementos de la transmisión:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 10 de 40


- Análisis químico por colada
- Contenido en hidrógeno
- Ensayo de tracción mitad de radio.
- Resistencia al choque
- Ensayo de resiliencia
- Examen macrográfico
- Examen micrográfico
- Examen ultrasonidos
- Examen magnetoscópico
- Verificación dimensional

Los ensayos serán realizados por el fabricante y, como consecuencia de ellos, confeccionará los correspondientes documentos, y certificaciones correspondientes a cada eje, referenciando en cada uno de los certificados la norma aplicada para cada uno de ellos.

Otro de los ensayos a realizar será la inspección de soldadura mediante fotografía con el fin de garantizar la correcta unión entre los soportes de las coronas y la carcasa de la multiplicadora.

Una vez ensayados todos los elementos de la transmisión se procederá, una vez realizado el montaje de todo el mecanismo, a su ensayo de funcionamiento como el que se expone a continuación:

- Prueba de funcionamiento mínima de 6 horas.
- Prueba de niveles de vibración con el fin de detectar anomalías.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 11 de 40

- Demostración del correcto funcionamiento del sistema de freno.

Una vez superadas estas pruebas, se procederá a demostrar la disponibilidad de la transmisión durante un mínimo de 96 horas de funcionamiento continuo, puede ser intermitente, pero siempre con velocidad de viento en rango de operación. Si durante esta prueba sucediera algún incidente de relevancia, el Contratista procederá a su reparación inmediatamente y se realizará de nuevo esta prueba desde el comienzo.


El Contratista entregará a la Propiedad un listado completo de las fábricas donde se construyen los materiales y equipos. Para proceder al embarque de materiales y componentes será necesario que todos los ensayos y verificaciones previstos hayan sido ejecutados y que los resultados hayan sido presentados a la Propiedad.

14. GARANTÍAS Y LÍMITES DE LAS GARANTÍAS

El período de garantía mínimo requerido para la transmisión será de dos (2) años y empezará a contar desde la fecha de formalización del Acta de recepción provisional del conjunto fabricado. Si en el transcurso del período de garantía por defectos, por cualquier causa atribuible al Contratista, una parte cualquiera de los equipos tuviera que ser reconstruida, modificada o sustituida, el Contratista prorrogará el período de garantía de la siguiente forma:

- Si el defecto causa indisponibilidad de la transmisión, la prórroga será para todos los elementos y piezas que componen la instalación, por un tiempo igual al tiempo que la transmisión estuvo indisponible, contado a partir de la resolución del defecto.

- Si durante el período de garantía más del 20% del número de un determinado componente de la instalación no cumpliera con las especificaciones dadas, el Contratista deberá demostrar que no se trata de un defecto genérico que pudiera producirse en toda la instalación. En caso contrario, el Contratista deberá volver a diseñar, certificar y reemplazar dicho componente en toda la instalación (multiplicadora, eje de baja, eje de

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 12 de 40

alta, freno,...) en cuyo caso el límite se establece en más de 2 unidades. En cualquier caso, en la instalación diseñada se garantizarán contra cualquier defecto de materiales, funcionamiento o error de diseño y montaje que altere su correcta operación o el comportamiento esperado de sus componentes y que se manifieste dentro del período de garantía.

- La garantía cubre la reparación y reposición de los materiales e instalaciones averiados, los cuales serán sustituidos por otros materiales nuevos, sobre los cuales entrará en vigor un nuevo período de garantía adicional igual al considerado anteriormente (24 meses). Se entiende que esta garantía cubre la mano de obra, así como los medios necesarios para llevar a cabo la reposición.


- El Contratista no será considerado responsable del incumplimiento de alguna de las garantías otorgadas en el presente Pliego de Condiciones a causa de:

- Alteraciones o reparaciones llevadas a cabo por personal no autorizado por el Contratista, a menos que se deba a un incumplimiento de contrato por parte de éste, y en la medida en que resulte necesario, las reparaciones las llevará a cabo un profesional o trabajador estándar de acuerdo con los manuales de operación y mantenimiento.

- El uso de materiales, diagramas o diseños suministrados o estipulados por la Propiedad.

- Las condiciones ambientales, como la temperatura, el viento u otras circunstancias que excedan de los límites descritos en las especificaciones generales de los aerogeneradores, la descripción técnica o las especificaciones del diseño, incluyendo, pero sin limitarse a un número excesivo (más de treinta (30) al año) de fallos de red que provoquen la desconexión de los aerogeneradores.

- Motivos de fuerza mayor.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 13 de 40

- Desgaste y rotura considerados normales. Excepto en los casos estipulados en el presente Pliego de Condiciones, el Contratista no será responsable de ninguna otra pérdida, incluidas pérdidas de producción, pérdidas de beneficios, pérdidas de contratos, pérdidas de permisos y licencias, consentimientos y otras pérdidas resultantes, indirectas o accidentales.


15. RECEPCIÓN DEFINITVA Y ENTREGA O TRANSFERENCIA DE LA TRANSMISION PROYECTADA A LA PROPIEDAD

Antes de proceder a la recepción definitiva de la instalación, se realizará nuevamente un reconocimiento de las mismas, con objeto de comprobar el cumplimiento de lo establecido sobre la conservación y reparación de las obras. Culinado el período de veinticuatro (24) meses contados a partir de la recepción provisional o agotado el período de garantía por defectos, con las extensiones que se hubieran determinado (lo que se cumpla último), ambas partes, con el reconocimiento anteriormente enunciado, elaborarán el “Acta de inspección previa a la recepción definitiva” de la trasmisión.

Posteriormente, una vez subsanados todos los problemas observados durante el período de garantía y se hayan cumplido la totalidad de los términos del contrato, se firmará el “Acta de recepción definitiva de las obras”. Otorgada la recepción definitiva de la obra, la Propiedad autorizará y procederá a la devolución de las garantías de cumplimiento de contrato dentro de los treinta (30) días hábiles siguientes.

La recepción definitiva y la devolución de las garantías al Contratista, no liberan a éste de las responsabilidades que establecen la normativa vigente al respecto La transferencia de propiedad se produce en el momento de la recepción provisional. No obstante, el Contratista será responsable del cuidado y la custodia de los suministros y de las instalaciones o de cualquier parte de ellas hasta la recepción Definitiva.

16. CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 14 de 40

16.1. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA TRANSMISIÓN.

Las labores de mantenimiento de la transmisión se basan principalmente en el seguimiento periódico del funcionamiento para detección y solución de los fallos que desencadenan sus paradas. Con respecto a este seguimiento se establecen tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Éstas son:

- Lubricación de los cojinetes, soportes y rodamientos, lo cual implica un trasiego de los mismos, extremándose las precauciones y medidas de seguridad para evitar derrames de aceites, disolventes o cualquier otro tipo de residuos.

- Sustitución de piezas de los equipos de operación que se encuentren averiados

16.1.1. Mantenimiento correctivo

Son intervenciones no programadas o de emergencia. Las intervenciones de mantenimiento correctivo las realizará personal cualificado para realizar tal fin. El mantenimiento correctivo consiste en el cambio de piezas una vez averiadas, ya sea engranajes, ejes, coronas o cualquier elemento estructural de la instalación.


16.1.2. Mantenimiento preventivo.

Son inspecciones programadas de mantenimiento.

- A los 3 meses: reapriete y comprobación de tornillos.

- Cambio de aceite de la multiplicadora: cada 18 meses.

16.1.3. Eje principal.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 15 de 40

- Lubricación rodamiento principal, frontal/trasero.

- Chequeo de rodamientos.

- Chequeo del par de apriete de los tornillos.

16.1.4. Multiplicadora

- Lubricación general.

- Chequeo par de apriete de los tornillos.

- Chequeo de la holgura de los rodamientos.

- Chequeo fugas de aceite.

- Test de aceite.

16.1.5. Frenos


- Chequeo del par de apriete de los tornillos.

- Chequeo pinzas y pastillas de frenos.

- Chequeo del disco de freno.

- Eje de transmisión.

- Lubricación general.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 16 de 40

16.1.6. Consumibles

Los consumibles que sean necesarios tales como aceites, lubricantes, grasas, filtros, juntas, fusibles, etc., tanto en las inspecciones programadas de mantenimiento como en las intervenciones no programadas. Por ello se dispondrá un almacén, cuya misión será albergar los consumibles necesarios para los trabajos de mantenimiento.

17. CONDICIONES DE INDOLE FACULTATIVO Y LEGALES


17.1. DEL TITULAR DE LA INSTALACIÓN Y SUS OBLIGACIONES

Las comunicaciones del titular a la Administración se podrán realizar empleando la vía telemática (correo electrónico e internet), en aras de acelerar el procedimiento administrativo, siempre y cuando quede garantizada la identidad del interesado, asegurada la constancia de su recepción y la autenticidad, integridad y Conservación del documento.

Cualquier solicitud o comunicación que se realice en soporte papel, se dirigirá al Director General competente en materia y se presentará en el registro de la Consejería competente en materia de instalaciones industriales, o en cualquiera de los lugares habilitados por el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

La inexactitud o falsedad en cualquier dato, manifestación o documento, de carácter esencial, que se acompañe o incorpore a una comunicación previa implicará la nulidad de lo actuado, impidiendo desde el momento en que se conozca, el ejercicio del derecho o actividad afectada, sin perjuicio de las responsabilidades, penales, civiles o administrativas a que hubiera lugar.

En caso de no poseer todos los permisos de paso deberá iniciar la tramitación conjuntamente con la de utilidad pública cuando proceda. Durante la vida útil de la instalación, los propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas de generación, transporte,

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 17 de 40

distribución, conexión, enlace y receptoras deberán mantener permanentemente en buen estado de seguridad y funcionamiento utilizándolas de acuerdo con sus características funcionales. Cuando el titular acredite que dispone de medios técnicos y humanos suficientes para efectuar el correcto mantenimiento de sus instalaciones podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. En este supuesto, el cumplimiento de la exigencia reglamentaria de mantenimiento quedará justificado mediante la presentación de un Certificado de auto mantenimiento que identifique al responsable del mismo. No se permitirá la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa intermediaria.

17.2. OBLIGACIONES DEL TITULAR FRENTE A DETERMINADOS INCUMPLIMIENTOS


El titular o la Propiedad de la transmisión estará obligado a adoptar las medidas correctoras necesarias en el caso de que se incurra en incumplimiento respecto de alguna de las siguientes circunstancias:

- No cumplir las características individuales garantizadas para transmisión mecánica proyectada.

- Mantenimiento inadecuado que afecte al buen funcionamiento de la transmisión o ponga en riesgo a personas o bienes de terceros. En el caso de que en el plazo requerido por la Administración no se adoptasen dichas medidas, se podrá revocar la autorización administrativa para la totalidad de la instalación.

17.3. DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

El Ingeniero-Director es la máxima autoridad en con respecto a la fabricación y montaje de los componentes de la transmisión proyectada. Con independencia de las responsabilidades y obligaciones que le asisten legalmente, será el único con capacidad legal

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 18 de 40

para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considere justificadas y sean necesarias en virtud del desarrollo de la obra.


En el caso de que la dirección de obra sea compartida por varios técnicos competentes, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente. La dirección facultativa velará porque los productos y equipos que formen parte de la instalación dispongan de la documentación que acredite las características de los mismos, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista, así como las garantías que ostente.

17.4. SUMINISTRADOR

Será aquella entidad o persona física o jurídica, que mediante el correspondiente contrato, realice la venta de alguno de los materiales y/o equipos comprendidos en el presente proyecto. La misma denominación recibirá quien suministre algún material, pieza o elemento no incluido en el presente proyecto, cuando su adquisición haya sido considerada como necesaria por parte del Ingeniero-Director para el correcto desarrollo de los trabajos.

17.5. DE LA EMPRESA FABRICADORA O CONTRATISTA

La empresa instaladora y fabricadora o Contratista es la persona física o jurídica legalmente establecida e inscrita en el Registro Industrial correspondiente del órgano competente en materia de instalaciones mecánicas, que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional realiza las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, reparación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones .El Contratista, cuando sea necesaria su actuación o presencia según la contratación o lo establecido en el presente Pliego de Condiciones Generales, podrá ser representado por un Delegado previamente aceptado por parte de la Dirección Facultativa. Este Delegado tendrá capacidad para:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 19 de 40

- Organizar la ejecución de los trabajos y poner en prácticas las órdenes recibidas del Ingeniero-Director.

-Proponer a la Dirección Facultativa colaborar en la resolución de los problemas que se planteen en la ejecución de los trabajos.

Son obligaciones del Contratista:


a) La fabricación de los elementos alcanzando la calidad exigida en el proyecto cumpliendo con los plazos establecidos en el contrato y la legislación aplicable, con sujeción a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

b) Tener la capacitación profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor.

c) Designar al Jefe de fabricación, que asumirá la representación técnica del Contratista y que, con dedicación plena permanecerá en el taller a lo largo de toda la jornada legal de trabajo hasta la recepción de la instalación, así como por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la instalación, el cual deberá cumplir las indicaciones de la Dirección Facultativa, custodiando y firmando el Libro de órdenes, así como los de Seguridad y Salud y el del Control de Calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en los mismos, así como cerciorarse de la correcta instalación de los elementos.

d) Asignar a la fabricación de la instalación los medios humanos y materiales correctos que su importancia requiera.

e) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones del conjunto proyectado dentro de los límites establecidos en el contrato.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 20 de 40

h) Suscribir las garantías previstas en el presente pliego y en la normativa vigente, concertando además los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra. Redactar el Plan de Seguridad y Salud de la instalación en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, vigilando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.

k) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.

m) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la fabricación y coordina las intervenciones de los subcontratistas.


o) Abonar todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de la instalación. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

p) Suscribir con la Propiedad las actas de recepción provisional y definitiva.

q) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

r) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la instalación ejecutada.

s) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el Art. 19 de la L.O.E. (Ley de Ordenación de la Edificación)

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 21 de 40

El Contratista, a la vista del proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Ingeniero-Director. El Contratista tendrá a su disposición el proyecto de Control.

17.6. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DEL INGENIERO-DIRECTOR


Las reclamaciones que el Contratista quiera formular contra las órdenes facilitadas por el Ingeniero-Director, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, y a través del mismo si son de origen económico. Contra las disposiciones de orden técnico o facultativo, no se admitirá reclamación alguna.

Aún así, el Contratista podrá salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero-Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

17.7. TRABAJOS DEFECTUOSOS

El Contratista deberá emplear los materiales señalados en el presente proyecto que cumplan las condiciones generales y particulares de índole técnica del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos, de acuerdo con el mismo, siempre según las indicaciones de la Dirección Facultativa. Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las posibles faltas o defectos que en estos puedan existir por su mala ejecución o por el empleo de materiales de deficiente calidad no autorizados expresamente por el Ingeniero-Director, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones.

18. CONDICIONES DE INDOLE ECONÓMICA

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 22 de 40

18.1. BASE FUNDAMENTAL

Como base fundamental o principio general de estas condiciones económicas, se establece que el Contratista debe percibir, de todos los trabajos efectuados, su real importe, siempre de acuerdo y con sujeción al proyecto y a las condiciones generales y particulares que han de regir la obra.

Asimismo la Propiedad, el Contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.


18.2. GARANTÍA

La Dirección Facultativa podrá exigir al Contratista la presentación de referencias y/o avales bancarios o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de que éste reúne todas las condiciones de solvencia requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato. Asimismo deberá acreditar el título oficial correspondiente a los trabajos que el mismo vaya a realizar.

18.3. FIANZA

La fianza que se exige al Contratista para que responda del cumplimiento de lo contratado, será convenida previamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, entre una de las siguientes fórmulas:

- Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4 por 100 y el 10 por 100 del precio total de contrata.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 23 de 40

- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción. El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares.

A la firma del contrato, el Contratista presentará las fianzas y seguros obligados por Ley, así mismo, en el contrato suscrito entre Contratista y Propiedad se podrá exigir todas las garantías que se consideren necesarias para asegurar la buena ejecución y finalización de la obra en los términos establecidos en el contrato y en el proyecto de ejecución.


18.4. DE SU DEVOLUCIÓN EN GENERAL

La fianza depositada, será devuelta al Contratista, previo expediente de devolución correspondiente, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que se haya acreditado que no existe reclamación alguna contra aquel, por los daños y perjuicios que sean de su cuenta, o por deudas de jornales, de suministros, de materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

El Propietario podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos, etc. En todo caso, esta devolución se practicará dentro de los treinta (30) días naturales, contados éstos una vez ha transcurrido el año de garantía.

18.5. REVISIÓN DE PRECIOS

Para que el Contratista tenga derecho a solicitar alguna revisión de precios, será preceptivo que tal extremo figure expresamente acordado en el contrato, donde deberá especificarse los casos concretos en los cuales podrá ser considerado. En tal caso, el Contratista presentará al Ingeniero-Director el nuevo presupuesto donde se contemple la descomposición de los precios unitarios de las partidas, según lo especificado. En todo caso, salvo que se estipule lo contrario en el contrato, se entenderá que rige sobre este particular el

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 24 de 40

principio de reciprocidad, reservándose en este caso la Propiedad, el derecho de proceder a revisar los precios unitarios, si las condiciones de mercado así lo aconsejaran.

18.6. RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS


Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto, que sirve de base para la ejecución de los trabajos.

Tampoco se le administrará reclamación alguna, fundada en indicaciones que sobre los trabajos se haga en las memorias, por no tratarse estos documentos los que sirven de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales, o errores aritméticos, en las cantidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observase pero no se tendrá en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato.

18.7. DESCOMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Para que el Contratista tenga derecho a pedir la revisión de precios, condición indispensable que, antes de comenzar todas y cada una de las unidades de obra contratadas, reciba por escrito la conformidad del Ingeniero-Director a los precios descompuestos de cada una de ellas, que el Contratista deberá presentarle, así como la lista de precios de salarios o jornales, de materiales y los porcentajes que se expresan en los subapartados del presente artículo.

El Ingeniero-Director valorará la exactitud de la justificación de los nuevos precios, tomando como base de cálculo tablas, bases de datos o informes sobre rendimiento de personal, de maquinaria, de materiales elementales, de precios auxiliares, etc. editadas por entidades profesionales de la Comunidad. Autónoma con facultades para ello, de Organismos Nacionales o Internacionales de reconocida solvencia, etc., desestimando

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 25 de 40

aquellos gastos imputables a la mala organización, improductividad o incompetencia de la Contrata.


18.7.1. Se consideran costes indirectos:

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de trabajo.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de taller, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención de riesgos laborales y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, de combustible, de energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de trabajo.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

18.7.2. Se consideran impuestos indirectos:

Los gastos de instalación de comunicaciones, talleres, comedores, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la instalación y los imprevistos, evaluándose todos ellos en un porcentaje de los costes directos.

18.8. PRECIOS E IMPORTES DE EJECUCIÓN MATERIAL

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 26 de 40

Se entiende por precios de ejecución material, para cada unidad de obra, los resultantes de la suma de los costes directos más los costes indirectos, compuestos por los conceptos de: mano de obra, materiales, transportes, equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud, gastos de combustibles, gastos de energía, gastos de amortización y conservación de la maquinaria utilizada, instalaciones, sistemas y equipos así como gastos de, talleres, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la instalación y los imprevistos. Estos precios no contemplan el Beneficio Industrial.


18.9. PRECIOS E IMPORTES DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Se entenderá por precios de ejecución por Contrata, a la suma de los costes directos, los costes indirectos, los gastos generales y el beneficio Industrial, sobre el cual deberá aplicarse el % de IGIC (Impuesto General Indirecto murciano) que corresponda, aunque este impuesto no forme parte del propio precio. En el caso de que los trabajos a realizar en una obra se contratasen a tanto alzado, se entiende por precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra.

18.10. GASTOS GENERALES Y FISCALES

Se establecerán en un porcentaje calculado sobre los precios de ejecución material, como suma de conceptos tales como:

- Gastos de Dirección y Administración de la Contrata.
- Gastos de prueba y control de calidad.
- Gastos de Honorarios de la Dirección Técnica y Facultativa.
- Gastos Fiscales.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 27 de 40

18.11. GASTOS IMPREVISTOS

Tendrán esta consideración aquellos gastos que siendo ajenos a los aumentos o variaciones en la obra y que sin ser partidas especiales y específicas omitidas en el presupuesto general, se dan inevitablemente en todo trabajo de construcción o montaje de instalaciones, y cuya cuantificación y determinación es imposible efectuar a priori. Por ello, se establecerá una partida fija de un dos por ciento (2%) calculado sobre los precios de ejecución material.

18.12. BENEFICIO INDUSTRIAL

El beneficio industrial del Contratista será el pactado en el contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista. En obras para las Administraciones éste se establecerá en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.


18.13. HONORARIOS DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA Y FACULTATIVA

Dichos honorarios, serán por cuenta del Contratista, y se entenderán incluidos en el importe de los gastos generales, salvo que se especifique lo contrario en el contrato de Adjudicación, o sean deducidos en la contratación. Tanto en lo referente a forma de abono como a la cuantía de los mismos, se estará a lo dispuesto en el Decreto 1998/1961 de 19 de octubre de 1961, las normas de aplicación de este decreto contenidas en la Orden de 9 diciembre 1961 y a la normativa del Colegio Oficial correspondiente.

18.14. GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA

Serán por cuenta del Contratista, entre otros, los gastos que a continuación se detallan:

18.14.1. Medios auxiliares:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 28 de 40

Serán por cuenta del Contratista las máquinas y demás medios auxiliares para la debida ejecución y fabricación de los elementos que componen la transmisión mecánica proyectada, no afectando por tanto a la Propiedad, cualquier responsabilidad que por avería o accidente personal pueda ocurrir en las obras por insuficiencia o mal uso de dichos medios auxiliares.

18.14.2. Materiales defectuosos:


Cuando los materiales no fueran de la calidad requerida, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos. A falta de estas condiciones, primarán las órdenes de la Dirección Facultativa.

18.14.3. Ensayos y pruebas

Los gastos de los análisis y ensayos ordenados por la Dirección Facultativa, serán a cuenta del Contratista cuando el importe máximo corresponde al 1% del presupuesto de la instalación, y de la Propiedad si el importe supera este porcentaje.

18.15. PRECIOS CONTRADICTORIOS

Se originan precios contradictorios solamente cuando la Propiedad, a través del Ingeniero-Director, decida introducir nuevas unidades de trabajo o cambios en la calidad de alguna de las inicialmente acordadas, o cuando sea necesario afrontar circunstancias no previstas. A falta de acuerdo y antes de iniciar la obra, los precios de unidades de obra así como los de materiales, equipos, o de mano de obra de trabajos que no figuren en los contratos, se fijarán contradictoriamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos, siempre que a juicio de ellos, dichas unidades no puedan incluirse en el dos por ciento (2%) de gastos imprevistos.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 29 de 40


Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al Banco de Precios o Base de Datos de Unidades de obra de uso más frecuente en la Comunidad Autónoma oficialmente aprobado o adoptado por las diversas Administraciones. El Contratista los presentará descompuestos, de acuerdo con lo establecido en el artículo correspondiente a la descomposición de los precios unitarios del presente Pliego, siendo condición necesaria la aprobación y presentación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra.

18.16. PENALIZACIÓN ECONÓMICA AL CONTRATISTA POR EL INCUMPLIMIENTO DE COMPROMISOS.

Si el Contratista incumpliera con los plazos de ejecución de la fabricación y montaje de los elementos de la instalación, y no justificara debidamente a juicio de la Dirección Técnica la dilación, la Propiedad podrá imponer las penalizaciones económicas acordadas. La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje (tanto por mil) del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija con cargo a la fianza, sin perjuicio de las acciones legales que en tal sentido correspondan.

Dicha indemnización, que deberá indicarse en el contrato suscrito entre Contratista y el Propietario, se establecerá por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra. En el caso de no haberse estipulado en el contrato el plazo de ejecución de las obras, se entenderá como tal el que figura como suficiente en la memoria del proyecto.

Si tampoco se hubiera especificado la cuantía de las penalizaciones, las indemnizaciones por retraso en la terminación de las obras, se aplicarán por lo que esté estipulado a tal efecto en cualquiera de los siguientes casos, siendo el importe resultante descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 30 de 40

- Una cantidad fija durante el tiempo de retraso (por día natural, semana, mes, etc.) desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato.

- El importe de los alquileres que el Propietario dejase de percibir durante el plazo de retraso en la entrega de las obras, en las condiciones exigidas, siempre que se demostrase que los locales diversos están alquilados.


- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.

- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso. La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se convendrá expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del contrato.

18.17. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

El Contratista es el responsable de la ejecución del presente proyecto, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y la reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Ingeniero- Director haya examinado y reconocido la realización de las obras durante la ejecución de las mismas, ni el que hayan sido abonadas liquidaciones parciales. El Contratista se compromete a facilitar y hacer utilizar a sus empleados todos los medios de protección personal o colectiva, que la naturaleza de los trabajos exija.

De igual manera, aceptará la inspección del Ingeniero-Director en cuanto a Seguridad y Salud se refiere y se obliga a corregir, con carácter inmediato, los defectos que se encuentren al efecto, pudiendo el Ingeniero-Director en caso necesario paralizar los trabajos

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 31 de 40

hasta tanto se hayan subsanado los defectos, corriendo por cuenta del Contratista las pérdidas que se originen.

18.18. DERECHO DEL PROPIETARIO A RESCISIÓN DEL CONTRATO


El Propietario podrá rescindir el Contrato de ejecución en los casos escogidos en el capítulo correspondiente a las Condiciones de Índole Económica. y en cualquiera de los siguientes:

- Se declare en bancarrota o insolvencia.
- Desestime o viole cláusulas importantes de los documentos del contrato o instrucciones del Ingeniero-Director, o deje proseguir el trabajo de acuerdo con lo convenido en el Plan de obra.
- Deje de proveer un representante cualificado, trabajadores o subcontratistas competentes, o materiales apropiados, o deje de efectuar el pago de sus obligaciones con ello.

18.19. FORMA DE RESCISIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DE LA PROPIEDAD.

Después de diez (10) días de haber enviado notificación escrita al Contratista de su intención de rescindir el contrato, el Propietario tomará posesión del trabajo, de todos los materiales, herramientas y equipos aunque sea propiedad de la Contrata y podrá finalizar el trabajo por cualquier medio y método que elija.

18.20. DERECHOS DEL CONTRATISTA PARA CANCELAR EL CONTRATO

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 32 de 40

El Contratista podrá suspender el trabajo o cancelar el contrato después de diez (10) días de la notificación al Propietario y al Ingeniero-Director de su intención, en el caso de que por orden de cualquier tribunal u otra autoridad se produzca una parada o suspensión del trabajo por un período de noventa (90) días seguidos y por causas no imputables al Contratista o a sus empleados.

18.21. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO


Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato, las que a continuación se detallan:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En estos dos casos, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tengan derecho aquellos a indemnización alguna

Alteraciones del contrato por las siguientes causas:

- La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Ingeniero-Director, y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones represente en más o menos el veinticinco por ciento (25%), como mínimo, del importe de aquel o La modificación de unidades de obra. Siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o menos, del cuarenta por ciento (40%) como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del proyecto, o más del cincuenta por ciento (50%) de unidades del proyecto modificadas.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 33 de 40


- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre una por causas ajenas a la Contrata no se de comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de fianza será automática.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido a mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- La terminación del plazo de la obra sin causa justificada.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

18.22. PLAZO DE ENTREGA DE LAS INSTALACIONES

El plazo de ejecución de las obras será el estipulado en el Contrato firmado a tal efecto entre el Propietario y el Contratista. En caso contrario será el especificado en el documento de la memoria descriptiva del presente proyecto.

18.23. DAÑOS A TERCEROS

El Contratista será responsable de todos los accidentes por inexperiencia o descuidos que sobrevinieran en las instalaciones, donde se ejecuten las obras. Será, por tanto, por cuenta suya el abono de las indemnizaciones a quien corresponda cuando ello hubiera lugar

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 34 de 40

de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de dichas instalaciones.

18.24. DISPOSICIONES LEGALES Y PERMISOS


El Contratista observará todas las ordenanzas, leyes, reglas, regulaciones estatales, provinciales y municipales, incluyendo sin limitación las relativas a salarios y Seguridad Social. El Contratista se procurará de todos los permisos, licencias e inspecciones necesarias para el inicio de las obras, siendo abonadas por la Propiedad. El Contratista una vez finalizadas las obras y realizada la recepción provisional tramitará las correspondientes autorizaciones de puesta en marcha, siendo de su cuenta los gastos que ello ocasione.

El Contratista responde, como patrono legal, del cumplimiento de todas las leyes y disposiciones vigentes en materia laboral, cumpliendo además con lo que el Ingeniero-Director le ordene para la seguridad y salud de los operarios y viandantes e instalaciones, sin que la falta de tales órdenes por escrito lo eximan de las responsabilidades que, como patrono legal, corresponden exclusivamente al Contratista.

18.25. VICIOS OCULTOS Y SANCIONES

Si se constatasen vicios de fabricación, o el empleo de materiales defectuosos o inapropiados, el Contratista deberá corregir, a su cargo, los vicios o defectos constatados, sin lugar a observaciones ni reclamaciones.

Si el Ingeniero-Director tuviese motivos fundados para sospechar de la existencia de vicios de fabricación ocultos podrá ordenar, en cualquier momento, los desmontajes y exámenes tecnológicos que sean necesarios para comprobar si existen efectivamente vicios de fabricación. Los gastos que se ocasionasen, serán de cuenta del Contratista siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario serán de cuenta de la Propiedad. El Contratista no podrá negarse a efectuar dichos exámenes.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 35 de 40


Si durante el período de responsabilidad por defectos se encuentra un defecto de diseño, de ingeniería, materiales de los equipos suministrados por el Contratista, este último, en consulta y en acuerdo con el Ingeniero-Director respecto a la corrección apropiada de los defectos y a su propio cargo, reparará, sustituirá o corregirá inmediatamente tales defectos, así como todos los daños a las personas o instalaciones que los mismos hayan causado. Todo importe que el Contratista tuviera que abonar en concepto de derechos de patentes, solicitud y gestión de permisos y licencias se considerará incluido en los precios cotizados. El Contratista deberá indemnizar a la Propiedad por cualquier demanda, daño o perjuicio que ésta sufriese en virtud de haber aquél infringido alguna patente de invención, marcado de homologación o de fabricación, al proveer una parte cualquiera de la obra contratada.

El Contratista acuerda liberar de toda responsabilidad a la Propiedad y al Ingeniero-Director ante cualquier reclamo de terceros respecto a cualquier equipo o parte de equipo fabricado por el Contratista o provisto que infrinja cualquier patente, permiso o licencia.

La Propiedad o titular de la transmisión notificará a la empresa instaladora o Contratista, de inmediato, la recepción de cualquier reclamación que se formulase en su contra y facilitará al Contratista la información del caso para responderle. El Contratista, procederá a:

- 1) Intentar un acuerdo con el reclamante o contestar la pretensión, y en su caso, asumir el pago de toda cuantía a la que fuere condenada la Propiedad en juicio que se entablase por los conceptos de derechos de patentes, permisos y licencias vinculados a la obra contratada.
- 2) Obtener para la Propiedad el derecho a continuar usando el equipo, o modificarlo de forma que cese la infracción, o en defecto de lo anterior, reemplazar el equipamiento por otro que se encuentre en situación regular.

En los casos anteriores, el equipamiento resultante deberá satisfacer nuevamente todas las especificaciones técnicas del presente Pliego de Condiciones. Lo expuesto anteriormente

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 36 de 40

no exime a la Propiedad o titular del arque eólico a formular las reclamaciones que correspondieran por los daños o perjuicios ocasionados por los motivos indicados.

Las salidas temporarias que deban efectuarse por desperfectos o errores en materiales, hasta la Recepción Definitiva, deberán ser tramitadas por el Contratista siendo de su cargo todos los gastos que se devenguen.

El Contratista deberá proceder a su cargo, a la limpieza final y a la retirada de todas las instalaciones provisionales que hubiese construido.

El Contratista incurrirá en retraso por el solo incumplimiento de cualquiera de las obligaciones contraídas, sin necesidad de interpelación judicial ni privada.


18.25.1. Límite de las sanciones económicas

El total de las multas aplicadas, incluyendo las sanciones económicas por incumplimientos de características técnicas garantizadas, no será superior a:

- Quince por ciento (15%) del precio del contrato, por retaso en la entrega de la instalación.
- Quince por ciento (15%) del precio del contrato por incumplimientos de desempeño.
- Veinte por ciento (20%) del precio del contrato por incumplimiento simultáneo por retraso en la entrega y por desempeño.

18.26. RESPONSABILIDAD CIVIL

El Contratista deberá tener cubierta la responsabilidad civil en que pueda incurrir cada uno de sus empleados y subcontratistas dependientes del mismo, extremo que deberá

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 37 de 40

acreditar ante el Propietario, dejando siempre exento al mismo y al Ingeniero- Director de cualquier reclamación que se pudiera originar.


En caso de accidentes ocurridos con motivo de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto en estos casos por la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento. El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad y salud que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar en lo posible accidentes a los operarios o a los viandantes, en todos los lugares peligrosos de la obra. Asimismo, el Contratista será responsable de todos los daños que por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la zona donde se llevan a cabo las obras, como en las zonas contiguas.

Será por tanto, de su cuenta, el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

18.27. CONSIDERACIONES APLICABLES DURANTE LA EJECUCION

Como mínimo será las que se redactan a continuación:

- El mantenimiento de la zona de trabajo en buenas condiciones de orden y limpieza.
- La correcta elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- Manipulación adecuada de los distintos materiales y utilización de los medios auxiliares.


 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 38 de 40

- El mantenimiento, el control previo a la puesta en marcha y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

18.28. DISPOSICIONES MÍNIMAS A APLICAR EN LA FABRICACION DE LA INSTALACION

Estas disposiciones deberán ser respetadas rigurosamente a lo largo de toda la ejecución de la obra, como mínimo se tendrán en cuenta las siguientes:

- El responsable de Trabajos debe comprobar, bajo su responsabilidad, si se cumplen las Prescripciones de Seguridad, cerciorándose de que las condiciones de trabajo sean seguras, de que se emplean las protecciones necesarias y el equipo de seguridad apropiado, y de que las herramientas, materiales y equipos, tanto de trabajo como de seguridad y primeros auxilios, están en debidas condiciones.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 39 de 40

- El responsable de Trabajos debe asegurarse de que todos los operarios comprenden plenamente la tarea que se les ha asignado.

- Todo operario debe dar cuenta a su superior de las situaciones inseguras que observe en su trabajo, y advertirle del material o herramienta que se encuentre en mal estado.

- Sé prohíbe consumir bebidas alcohólicas en el trabajo.

- No se permiten bromas, juegos, etc., que puedan distraer a los operarios en su trabajo.

18.29. TIPOS DE TRABAJO E INSTRUCCIONES

Se describirán cada uno de los trabajos en la ejecución del parque eólico, indicando las instrucciones, útiles y medidas de seguridad a emplear en cada uno de ellos, de tal manera que se realicen de forma segura y salubre. Se pueden agrupar como se describe a continuación:

- Trabajos de fabricación de maquinaria tales como ejes, engranajes,....


- Trabajos de transporte, acopio y montaje de de los elemento de la trasmisión mecánica.

- Trabajos de soldadura.

- Trabajos de mantenimiento industrial.

18.30 EMPLEO Y CONSERVACIÓN DEL MATERIAL DE SEGURIDAD

En este apartado se reflejarán las condiciones que debe reunir todo el material de seguridad, así como explicar su correcto empleo, entre ellos, estarán los que se describen a continuación:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 40 de 40

- Casco de seguridad frente a choques.
- Gafas de protección frente penetración de cuerpos.
- Gafas de protección para soldar.
- Guantes de seguridad aislante para trabajos eléctricos, adecuados al nivel de tensión de empleo.
- Guantes de protección mecánica.
- Botas de protección.
- Banqueta, alfombrilla y pértiga aislante.
- Dispositivos de puesta a tierra temporal.



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 41 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 42 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 43 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 44 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011


Revisión(0)

Hoja 45 de 40

ÍNDICE

1. Antecedentes.....	Pág. 1
2. Objeto del proyecto.....	Pág. 1
3. Titular.....	Pág. 1
4. Situación de la Instalación.....	Pág. 1
5. Legislación.....	Pág. 3
5.1. Normativa Diseño Industrial.....	Pág. 3
5.1.1. Sobre ejes.....	Pág. 3
5.1.2. Sobre chavetas.....	Pág. 3
5.1.3. Sobre rodamientos.....	Pág. 3
5.1.4. Sobre engranajes rectos.....	Pág. 4
5.2. Normativa Industrial.....	Pág. 5
5.2.1. Nacional.....	Pág. 5
5.2.2. Regional.....	Pág. 5
5.2.3. Municipal.....	Pág. 6
5.3. Normativa para Aceros.....	Pág. 6
5.4. Acotación.....	Pág. 6
5.5. Normativa de Fabricación.....	Pág. 6
5.6. Códigos de Diseño.....	Pág. 6
5.7. Reglamento de Seguridad en Máquinas.....	Pág. 6
6. Características Técnicas, Físicas y Geométricas del Aerogenerador.....	Pág. 7
6.1. Rotor.....	Pág. 7
6.2. Buje.....	Pág. 7
6.3. Palas.....	Pág. 7
6.4. Eje de Baja Velocidad.....	Pág. 8
6.5. Multiplicadora.....	Pág. 8
6.6. Eje Intermedio.....	Pág. 9
6.7. Eje de Alta Velocidad.....	Pág. 10
6.8. Freno.....	Pág. 10
7. Principio de Funcionamiento.....	Pág. 10
8. Plazo de Ejecución de las Instalaciones.....	Pág. 11
9. Estudio de Seguridad y Salud.....	Pág. 11

9.1. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud.....	Pág. 11
9.2. Identificación y Valoración de Riesgos.....	Pág. 12
9.3. Acción Preventiva.....	Pág. 12
9.4. Presupuesto de las Medidas de Prevención.....	Pág. 12
10. Forma de Pago.....	Pág. 13
11. Documentos que constan en el Proyecto.....	Pág. 13
12. Conclusión a la Memoria.....	Pág. 13

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 1 de 13

1. ANTECEDENTES

El profesor encargado de dirigir proyectos en el departamento de ingeniería Mecánica de la universidad politécnica de Cartagena, D. Miguel Lucas Rodríguez, propone al alumno de I.T.I mecánica Rubén Vicente Sevilla, el cálculo y diseño de una transmisión epicicloidal de doble etapa para un aerogenerador de 900 kw situado en la sierra de Portman, La Unión (Murcia), como requisito indispensable para la obtención de título de ingeniero técnico mecánico.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto la realización de los cálculos necesarios para el diseño de una transmisión epicicloidal de un aerogenerador de 900 kw así como la realización de los planos necesarios para la fabricación y posterior montaje del mecanismo en el interior de la cabina del mismo, dando una estimación del coste de fabricación.

3. TITULAR

Proyecto realizado por el alumno de Ingeniería Técnica Industrial, Esp. Mecánica, Rubén Vicente Sevilla. Tutelado por el profesor de la U.P.C.T Miguel Lucas Rodríguez. Servirá como proyecto fin de carrera para el alumno, y únicamente será empleado para fines docentes y educativos.

4. SITUACION DE LA INSTALACION

El aerogenerador donde va instalada la transmisión estará situado en la sierra de Portman en La Unión (Murcia).La carretera de acceso es la N-345 a la altura de la Unión.

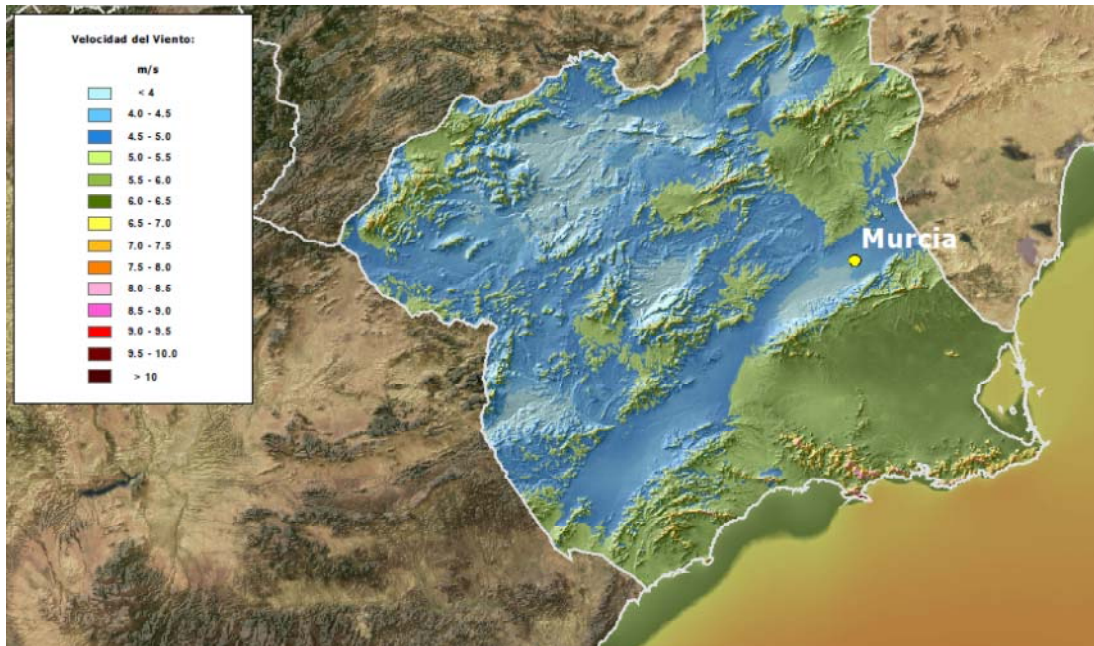


Plano de situación



La velocidad del viento que mide su energía cinética es el valor a conocer para saber si podemos extraer o no energía. Debemos conocer las distintas velocidades que se presentan en el terreno, con sus probabilidades de aparición. A partir del mapa eólico que marca las velocidades anuales del viento seleccionamos la velocidad nominal o de diseño de nuestro aerogenerador. Este parámetro es fundamental para los cálculos posteriores y está en función de la zona donde ubiquemos nuestro aerogenerador.

La velocidad del viento nominal fijada es de 9,7 m/s.



5. LEGISLACION Y NORMATIVA APLICABLE

5.1 NORMATIVA DISEÑO INDUSTRIAL


5.1.1. Sobre ejes:

-Norma DIN 748 sobre extremos de ejes cilíndricos

5.1.2. Sobre chavetas:

-Norma DIN sobre chavetas. Ranuras. Dimensiones y aplicación.

5.1.3. Sobre rodamientos:

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 13

-Norma UNE 18 113 83 1R sobre rodamientos. Capacidad de carga dinámica y vida útil. Métodos de cálculo.

-Norma UNE rodamientos. Accesorios. Soportes de pie para rodamientos con manguitos cónicos de fijación.

-Norma UNE 18 088 84 1R Rodamientos. Rodamientos de rodillos cónicos, métricos. Medidas principales y designación de las series.

-Norma UNE 18 064 81 1R tolerancias para rodamientos axiales de bolas, con asiento plano.

-Norma UNE 18 037 84 1R Rodamientos radiales. Medidas principales. Plan general.


5.1.4. Sobre engranajes rectos:

-Norma UNE 18 004 79 (5) 1R Engranajes. Vocabulario y definiciones geométricas. Índice español-alemán-ingles-francés.

-Norma UNE 18 005 84 5R sobre engranajes. Cilíndricos para mecánica general y mecánica pesada. Módulos y diametrales pitch. Norma UNE 18 008 59 1R engranaje. Principios fundamentales.

-Norma UNE 18 048 83 sistema ISO de precisión de ruedas dentadas y engranajes cilíndrico rectos con dientes de perfil envolvente.

-Norma UNE 18 060 78 1R engranajes. Útiles para el tallado. Fresas madre de cuchillas de un filete. Calidad B.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 5 de 13

-Norma UNE 18 068 78 1R engranajes cilíndricos. Datos que deben figurar en los planos.

5.2. NORMATIVA INDUSTRIAL

5.2.1. Nacional

- Ley 21/1992 de 16 de julio, de Industria.
- Real Decreto 697/1995, de 28 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Registro de Establecimientos Industriales de ámbito estatal.
- Real Decreto 251/1997, de 21 de febrero de 1987, por el que se aprueba el Reglamento del Consejo de Coordinación de la Seguridad Industrial
- Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 559/2010, de 7 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento del Registro Integrado Industrial.

5.2.2. Regional

- Orden Consejería De Industria, Trabajo y Turismo, 14 Julio 1997 4/8/1997 Contenido de proyectos. Contenido mínimo de los proyectos técnicos de determinados tipos de instalaciones industriales. Ley de contenidos mínimos de la región de Murcia (C.A.R.M).

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 6 de 13

5.2.3. Municipal

El art. 4.1.a) de la Ley 7/85, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local , atribuye a los Ayuntamientos potestad reglamentaria, es decir, capacidad para desarrollar, dentro de la esfera de sus competencias, lo dispuesto en las leyes estatales o autonómicas.

5.3. NORMATIVA PARA ACEROS

Norma AISI/SAE sobre aceros y aleaciones de materiales no ferrosos.

5.4. ACOTACION

Norma UNE 1 039 94 sobre dibujos técnicos. Principios generales de acotación, definiciones métodos de ejecución e instalaciones especiales.

Norma UNE 1 121 75/3 sobre dibujos técnicos. Tolerancias de forma y posición.

5.5. NORMATIVA DE FABRICACION

Normativa DIN sobre procesos de fabricación.


5.6. CODIGOS DE DISEÑO

Norma técnica colombiana NTC 5725 sobre requisitos de diseño en aerogeneradores.

Código de diseño AGMA para cálculo de espesor de diente de engranajes rectos.

Código de diseño AGMA para el cálculo de diámetros de ejes a estática y a fatiga.

5.7. REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN MAQUINAS.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 7 de 13

Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas. B.O.E. nº 173 21 de julio de 1986. El Convenio 119, de la Organización Internacional del Trabajo.

Orden de 8 de abril de 1991 por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MSG-SM-1 del REGLAMENTO DE SEGURIDAD EN LAS MAQUINAS, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de PROTECCIÓN USADOS.

REAL DECRETO 1435/1992, de 27 de noviembre, que transpone a la legislación española: Directiva 89/392/CEE " DIRECTIVA MAQUINAS " (Seguridad en maquinaria estática).

Directiva 91/368/CEE, Modifica la directiva 89/392/CEE e incorpora la maquinaria móvil.


6. CARACTERISTICAS TECNICAS, FISICAS Y GEOMETRICAS DEL AEROGENERADOR

6.1. ROTOR

Aerogenerador de eje horizontal tripala. Con un diámetro de 60 m y un área de barrido de 2827,43 m².

Velocidad de giro constante de 25 r.p.m., y sentido de giro el de las agujas del reloj.

6.2 BUJE

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 8 de 13

Al ser de paso variable, en el buje se incluyen los mecanismos de giro de las palas, así como el equipo de control de paso. Su peso es de 5500 kg. El peso de este afectara a los cálculos de fuerzas y momentos.

6.3. PALAS

El peso de las palas 4300 kg/u. El conocimiento del peso de las palas es necesario para es caculo de fuerzas y momentos en los apartados siguientes.

6.4. EJE DE BAJA VELOCIDAD

Es el eje de entrada y gira a una velocidad constante de 25 rpm. va conectado al rotor de las palas en un extremo y a la multiplicadora en el otro, es el eje de mayor sollicitación debido a la cargas de flexión, torsión y axil que actúan sobre el mismo.

6.5. MULTIPLICADORA

La multiplicadora consta de 2 etapas epicicloidales, es la encargada de elevar la velocidad de giro del eje de alta, cada una está formada por los siguientes elementos como los que se muestran en la figura 1:

- Una corona dentada
- Tres satélites o planetas
- Un portasatelites
- Un piñón planetario o sol.

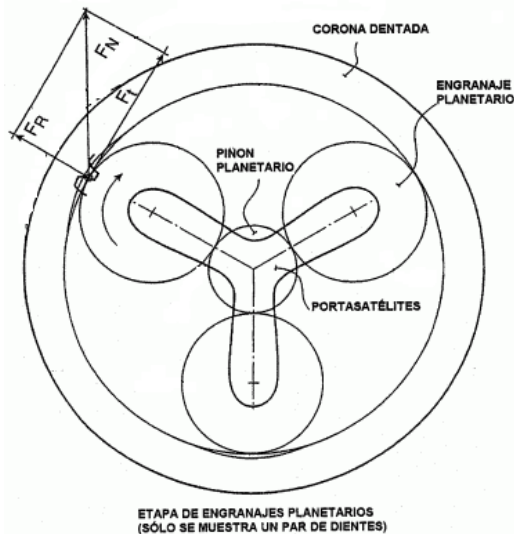


FIG. 1

El eje de baja velocidad se une al portasatelites de la 1ª etapa mientras que el piñón planetario o sol se une al eje intermedio que en este caso sería el eje de salida, pero a su vez el eje de entrada de la 2ª etapa.

En el diseño se va a fijar la corona en ambas etapas ($\omega = 0$), mientras que el portasatelites, el piñón planetario y el satélite o planeta giran a velocidades de giro distintas, esto quiere decir que el planeta posee una velocidad de giro relativa con respecto al portasatelites (no son solidarios).

El eje intermedio se une en su otro extremo al portasatelites de la 2ª etapa transmitiendo potencia y multiplicado por segunda vez la velocidad de giro del eje de alta velocidad que va acoplado al Piñón planetario de la segunda etapa transmitiendo una potencia nominal al generador de 900 kw. . El estudio cinemático de este engranaje se realizará en el anexo nº 1 cálculos justificativo donde se obtendrá la relación de transmisión de cada etapa y del conjunto, necesaria para el posterior diseño de los engranajes.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 10 de 13

6.6. EJE INTERMEDIO

Es el eje que conecta la primera y segunda etapa, está dentro de la multiplicadora.

La velocidad de giro para el cual está diseñado es de 180 rpm y esta únicamente sometido a torsión.

6.7. EJE DE ALTA VELOCIDAD

Es el eje de salida y va conectado al Piñón planetario o sol de la segunda etapa de la multiplicadora. Este eje desemboca en el generador. La velocidad de giro para la cual es diseñado está en función de tipo de generador y de sus características. Está sometido únicamente a torsión, dato que tendremos en cuenta a la hora de su diseño. Gira a 1245 rpm, dato que está en función del tipo de generador seleccionado.


6.8. FRENO

Freno primario aerodinámico por puesta en bandera de las palas. Adicionalmente freno mecánico de disco hidráulicamente activado de emergencia situado en la salida del eje de alta velocidad de la multiplicadora. Seleccionado de un catalogo comercial siempre y cuando se adapte a las dimensiones de nuestro eje de alta velocidad.

7. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Un aerogenerador obtiene su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) actuando sobre las palas del rotor, esto es lo que se denomina como potencia eólica. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento nominal

$$P_{eólica} = \frac{1}{2} \rho \pi v^3 R^2$$

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 11 de 13

La energía almacenada en el viento es muy elevada, pero desgraciadamente no podemos extraerla toda. Teóricamente, para captar el cien por cien de la energía que transporta en forma de energía cinética, deberíamos detener completamente el aire en movimiento. Pero si detuviésemos el aire totalmente, al estar parado, impediría la entrada de más aire al rotor de la turbina y no podríamos captar más energía. Para evitar esto, se debe permitir que el viento escape con cierta velocidad, reduciendo el rendimiento de producción energética, pero permitiendo que más viento pueda alcanzar el aerogenerador.

Por tanto se considera que solamente se puede aprovechar un 59 % de la potencia eólica teórica:

$$P_{\text{mec}} = P_{\text{real}} = 0.59 P_{\text{eólica}}$$


8. PLAZO DE EJECICION DE LAS INSTALACIONES

El plazo de fabricación para llevar a cabo la fabricación y montaje de la transmisión del aerogenerador que se proyecta es de 30 días, a contar de la fecha de inicio de su fabricación.

9. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

9.1. OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio precisará las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de riesgos laborales que no puedan eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos, a la vez que se valora su eficacia. Además se contemplará

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 12 de 13

las previsiones y las informaciones útiles necesarias para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

Resulta de vital importancia, aplicar con todo su rigor el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, dado la especificidad de su articulado, en relación con la ejecución de las instalaciones eléctricas.

9.2. IDENTIFICACION Y VALORACION DE RIESGOS


En este apartado se han de identificar los factores de riesgo, los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional derivados de los mismos, procediendo a su posterior evaluación, de manera que sirva de base a la posterior planificación de la acción preventiva en la cual se determinarán las medidas y acciones necesarias para su corrección. Tras el análisis de las características de la instalación y del personal expuesto a los riesgos se determinarán los riesgos que afectan al conjunto de la obra, a los trabajadores de una sección o zona de la obra y a los de un puesto de trabajo determinado.

9.3. ACCION PREVENTIVA

Tras realizar el análisis de las características de los trabajos y del personal expuesto a los riesgos se establecerán las medidas y acciones necesarias para llevarse a cabo por parte de la empresa instaladora o constructora, para tratar cada uno de los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional detectados.

9.4. PRESUPUESTO DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Se presupuestarán las partidas concernientes a las medidas preventivas necesarias para acometer la obra, así como las medidas y equipos de protección individual necesarios para realizar la correcta instalación de la transmisión.

 UPCT E.T.S.I.I.	MEMORIA DESCRIPTIVA DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 13 de 13

10. FORMA DE PAGO

La forma de pago es LLAVE EN MANO. Donde todo el conjunto que se proyecta, se tramita, se fabrica y se prueba tiene un precio cerrado.

11. DOCUMENTOS QUE CONSTAN EN EL PROYECTO

Documento nº 1: Memoria

- Memoria descriptiva.
- Anejo nº 1: Cálculos justificativos.

Documento nº2: Planos

Documento nº 3: Pliego de condiciones.

Documento nº 4: Presupuesto

12. CONCLUSION A LA MEMORIA

El técnico que suscribe considera que en la descripción efectuada en la presente memoria, planos y pliego de condiciones, la instalación queda suficientemente detallada al objeto de su fabricación en taller y su posterior montaje en la cabina del aerogenerador.

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 21 de Octubre de 2011



UPCT
E.T.S.I.I.

MEMORIA DESCRIPTIVA

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 14 de 13



UPCT
E.T.S.I.I.

MEMORIA DESCRIPTIVA

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 15 de 13



UPCT
E.T.S.I.I.

MEMORIA DESCRIPTIVA

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 16 de 13



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento N° 1: MEMORIA

Anejo N° 1: Cálculos justificativos

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011

RUBEN VICENTE SEVILLA

ÍNDICE

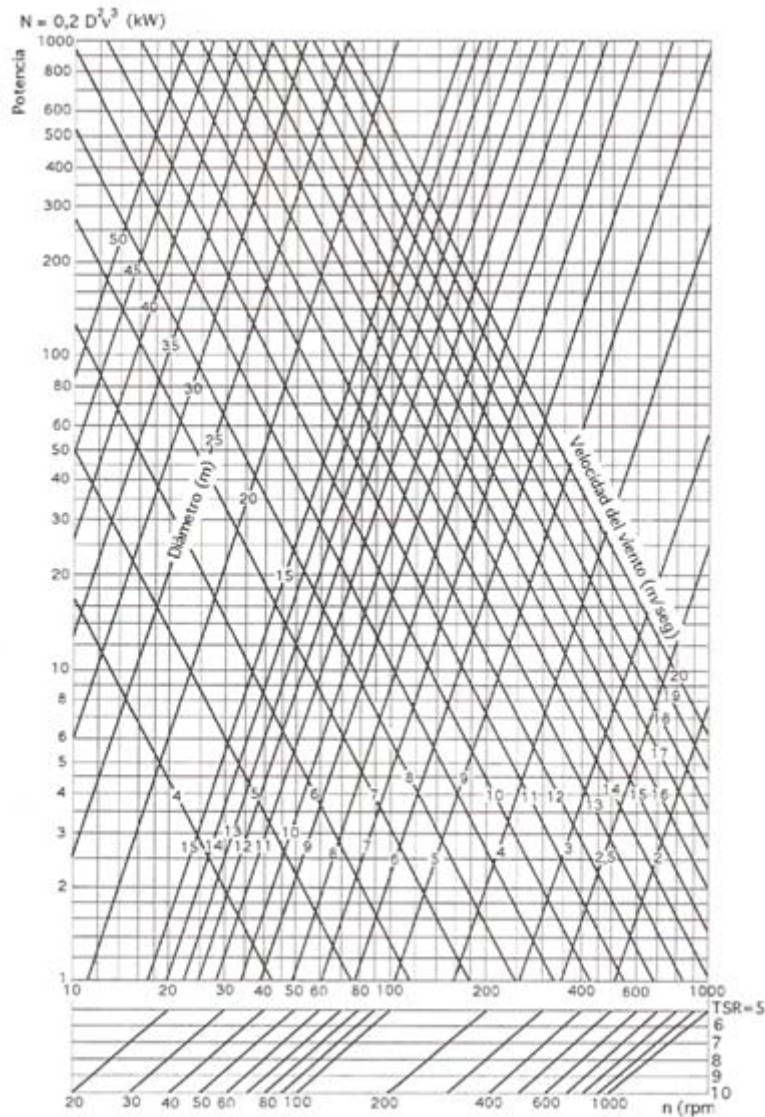
1. Selección de la velocidad de giro del aerogenerador.....	Pág. 1
2. Diseño del eje de baja velocidad.....	Pág. 2
2.1 Fuerzas que actúan sobre el eje.....	Pág. 2
2.2 Diseño del eje de baja velocidad.....	Pág. 4
2.2 Diseño del eje de baja velocidad a fatiga.....	Pág. 6
3. Diseño del eje intermedio.....	Pág. 8
3.1. Diseño del eje intermedio a carga estática.....	Pág. 8
3.2 Diseño del eje intermedio a fatiga.....	Pág. 9
4. Diseño del eje de alta velocidad.....	Pag.10
4.1. Diseño del eje de alta velocidad a carga estática.....	Pag.10
4.2. Diseño del eje de alta velocidad a fatiga.....	Pag.11
5. Diseño de la 1ª etapa epicicloidal de la multiplicadora.....	Pag.12
5.1. Analisis cinemática del engranaje epicicloidal (1ª etapa).....	Pag.12
5.2. Diseño de los engranajes de la primera etapa.....	Pag.13
5.3 Calculo del ancho de diente por el método de la fatiga a flexión.....	Pag.14
5.4 Calculo del espesor de dinete por el método de la fatiga superficial.....	Pag.20
6. Diseño de la 2ª etapa epicicloidal de la multiplicadora.....	Pag.25
6.1 Análisis cinemático del engranaje epicicloidal (segunda etapa).....	Pag.25
6.2 Diseño de los engranajes de la segunda etapa.....	Pag.26
6.3 Calculo del ancho de diente por el método de la fatiga por flexión.....	Pag.27
6.4 Calculo del espesor del engranaje por el método de la fatiga.....	Pag.33
7. Diseño del portasatelites de la 1ª etapa.....	Pag.38
7.1. Diseño de los ejes del portasatelites a carga estática.....	Pag.38
7.2 diseño de los ejes del portasatelites a fatiga.....	Pag.40

7.3 Diámetro y espesor del disco portasatelites.....	Pag.41
8.Diseño del portasatelites de la segunda etapa.....	Pag.42
8.1 Diseño de los ejes del portasatelites a carga estática.....	Pag.42
8.2 Diseño de los ejes del portasatelites a fatiga.....	Pag.43
8.3 Diámetro y espesor del disco portasatelites.....	Pag.44
9. Selección de las chavetas de cada eje.....	Pag.45
9.1 Eje de baja velocidad.....	Pag.45
9.2 Eje intermedio.....	Pag.47
9.3 Eje de alta velocidad.....	Pag.49
10. Selección de rodamientos.....	Pag.52
10.1Rodamientos del eje de baja velocidad.....	Pag.52
10.2 Rodamientos en los planetas de la 1ª etapa.....	Pag.55
10.3 Rodamiento del eje intermedio.....	Pag.56
10.4 Rodamientos en los planetas de la 2ª etapa.....	Pag.57
10.5 Rodamiento del eje de alta velocidad.....	Pag.58
11. Selección del freno.....	Pag.60
12. Calculo del espesor de la carcasa.....	Pag.63
12.1 Diseño a carga estática del espesor de la carcasa.....	Pag.69
13. Selección del acoplamiento flexible eje de alta-generador.....	Pag.71
14.Selección acoplamiento Buje – eje de baja.....	Pag.73




1.SELECCION DE LA VELOCIDAD DE GIRO DEL GENERADOR

Conociendo el diametro de las palas (60 m) , la potencia nominal y la velocidad nominal del viento (9,7 m/s) se obtiene de la siguiente tabla la velocidad de giro :



La velocidad de giro obtenida revisada la grafica es de 25 rpm de manera que se obtiene un TSR de 8,096.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 2 de 74

$$TSR = \frac{\pi \cdot R \cdot n}{30 \cdot v} = \frac{\pi \cdot 30 \text{ m} \cdot 25 \text{ rpm}}{30 \cdot 9,7 \text{ m/s}} = 8,096$$

2. DISEÑO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD.

2.1 FUERZAS QUE ACTAN SOBRE EL EJE.

La carga de diseño para la ‘operación normal’ es una carga a fatiga, debido al constante giro de las palas y por tanto del eje de entrada, que provoca la alternancia de la flexión. El caso de carga asume una carga a fatiga en el eje de rango constante para el eje de entrada, estos rangos se presentan a continuación. los rangos en la fatiga se deben considerar como valores pico a pico.

Empuje


$$F_x = \frac{3}{2} \frac{\lambda n \cdot Q_n}{R} \quad [1]$$

Torsión

$$T_x = Q_n + 2 \cdot m_r \cdot g \cdot e_r \quad [2]$$

Flexión

$$M = 2 \cdot m_r \cdot g \cdot L_{rb} + \frac{R}{6} F_x \quad [3]$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 3 de 74

Siendo:

λ_n : $\frac{R}{v}$, de forma que R es el radio del rotor y v la velocidad nominal del viento.

Q_n : par nominal o de diseño.

m_r : suma de la masa de las 3 palas y el rotor.

g : gravedad (9.81 m/s^2)

$e_r = 0.005 R$

L_{rb} : distancia del centro del rotor hasta el primer rodamiento.

Para los datos de partida o de diseño se obtiene los siguientes valores de la fuerza de empuje y de los momentos flectores y torsor, para ello primero calcularemos el par nominal de la siguiente manera:


$$P_{eólica} = \frac{1}{2} \rho \pi v^3 R^2 \quad [4]$$

ρ : densidad del aire (1.23 Kg/m^3).

v : velocidad nominal del viento (9.7 m/s).

R : radio del rotor (30 m).

Aplicando la ecuación [4] se obtiene:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 74

$$P_{\text{eólica}} = \frac{1}{2} 1.23 \pi 9.7^3 30^2 = 1587.021 \text{ Kw}$$

$$P_{\text{real}} = P_{\text{mec}} = \eta \cdot P_{\text{eólica}} = 0.59 P_{\text{eólica}} = 936.34 \text{ Kw}$$

Una vez calculada la potencia mecánica aprovechable, se calcula el par nominal o de diseño con la siguiente expresión:

$$P_{\text{mec}} = Q_n \cdot \omega_n \quad [5], \quad \text{siendo } \omega_n \text{ la velocidad de giro nominal del rotor.}$$

$$936.34 \text{ Kw} = Q_n \cdot 25 \text{ rad/s} \cdot \frac{2\pi}{60}$$

$$Q_n = 357.66 \text{ KN.m}$$

Seguidamente se calcula el empuje y los momentos de torsión y flexión utilizando valores nominales y datos de partida, utilizando las ecuaciones [1], [2] y [3]:

$$\text{Empuje: } F_x = \frac{3}{2} \frac{3.093 \cdot 357.66 \text{ Kn}}{30 \text{ m}} = \underline{55,3121 \text{ KN}}$$


$$\text{Torsión: } T_x = 357.66 \text{ KN.m} + 2 \cdot 18400 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.005 \cdot 30 \text{ m} = \underline{411, 8112 \text{ KN.m}}$$

$$\text{Flexión: } M = 2 \cdot 18400 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} + \frac{30 \text{ m}}{6} \cdot 55.3124 \text{ KN} = \underline{416, 3204 \text{ KN.m}}$$

RESUMEN:

$$F_x = 55, 3121 \text{ KN}; \quad T_x = 411, 8112 \text{ KN.m}; \quad M = 416,3204 \text{ KN.m}$$

2.2 DISEÑO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD A CARGA ESTÁTICA.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 5 de 74

Se calcula a estática el diámetro del eje para los valores nominales o de diseño.

El acero seleccionado para el eje de baja velocidad es un AISI 3140 OQT 1000 cuyas resistencias se dan a continuación y un factor de diseño a carga estática escogido de la norma española sobre aerogeneradores :

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

Para el cálculo del diámetro del eje se utiliza la formula simplificada DET según la norma AGMA :

$$M = 416,3204 \text{ KN.m} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$T = 411,8112 \text{ KN.m} \quad \eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$


$$P = 55,3121 \text{ KN}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{(8 \cdot M + P \cdot d)^2 + 48 \cdot T^2} = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [7]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{(8 \cdot 4,1632 \cdot 10^8 + 55312 \cdot d)^2 + 48 \cdot (4,1181 \cdot 10^8)^2} = \frac{920}{3.3}$$

Despejando el diámetro se obtiene:

$$d = 380 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 6 de 74

2.3 DISEÑO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD A FATIGA

A continuación se procede a comprobar que el eje de baja no rompe a fatiga para el diámetro calculado en el apartado anterior, para ello se utiliza la formula simplificada de Goodman considerando que solo hay flexión totalmente alternante y despreciando el momento torsor y axil ya que ambos no provocan fatiga.

GOODMAN

$$M_{alt} = 416.3204 \text{ KN. m} \quad d = 380 \text{ mm}$$

$$M_{med} = 0$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta_{.32}}{\pi \cdot Se} \frac{M_{alt} \cdot K_f}{K_s}} \quad [8]$$

Limite a la fatiga Se (flexión):

$$Se' = 0,504 S_{ut} = 0,504 \cdot 1050 = 529,2 \text{ Mpa}$$


Factores de corrección:

Factor de superficie:

$$\text{Acero mecanizado} \rightarrow e = 4,51 \text{ Mpa} \quad f = -0,265$$

$$K_f = 4,51 \cdot 1000^{-0.265} = 0,713$$

Factor de tamaño:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 7 de 74

Para $d > 250\text{mm} \rightarrow K_s = 0,6$

Factor de concentración de esfuerzos:

Se supone un factor $K_f = 0,8$ con el fin de tener en cuenta cambios de sección futuros en los alojamientos de los rodamientos, así como de las correspondientes chavetas:

Factor de temperatura:

$T^a < 120^\circ \rightarrow K_{t^a} = 1$


$$S_e = S_e' \cdot K_f \cdot K_{t^a} \cdot K_t = 377,3196 \text{ Mpa}$$

Una vez obtenidos todos los datos, se despeja el coeficiente de seguridad a fatiga para ver si el eje rompe para un diámetro de 380 mm utilizando la ecuación [8] :

$$380 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 204,12} \frac{4,1632 \cdot 10^8 \cdot 0,8}{0,6}}$$

$$\eta = 3,66$$

Con dicho valor se asegura la resistencia del eje a fatiga.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 8 de 74

3. DISEÑO DEL EJE INTERMEDIO.

3.1 DISEÑO DEL EJE INTERMEDIO A CARGA ESTÁTICA.

Se procede a calcular el diámetro del eje intermedio considerando que solamente hay torsión, es decir, que el axil y el flector son nulos. Para ello se va a emplear la formula simplifica DET. El acero empleado para este eje es AISI 3140 OQT 1000 y se selecciona un factor de seguridad a carga estática de acuerdo con la normativa española:

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$


$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

Calculo del torsor en el eje intermedio:

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000 \text{ W}}{180 \text{ rpm} \cdot 2\pi} \rightarrow T = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N.mm}$$

ω = velocidad de giro del eje.

P = potencia transmitida por el eje.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 9 de 74

DET

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [9]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot 4,77465 \cdot 10^7 = \frac{920}{3.3}$$

$$d = 159,77 \rightarrow d = 160 \text{ mm}$$

3.2 DISEÑO DEL EJE INTERMEDIO A FATIGA

Se va a comprobar si el eje rompe a fatiga considerando que el torsor únicamente tiene componente media utilizando la formula simplificada de Goodman:


$$T_{\text{alt}} = 0 \rightarrow T = \text{cte} \qquad S_{\text{ut}} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$T_{\text{med}} = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N.mm} \qquad d = 160 \text{ mm}$$

GOODMAN

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{\text{ut}}} \frac{3}{4} T_m} \quad [10]$$

$$160 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \frac{3}{4} 4,77465 \cdot 10^7}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 10 de 74

$$\eta = 11,79$$

Con lo que queda demostrado que eje no rompe a fatiga.

4. DISEÑO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD.

4.1 DISEÑO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD A CARGA ESTÁTICA.

Se va a calcular el diámetro del eje alta velocidad considerando que solamente hay torsión, es decir, que el axil y el flector son nulos, al igual que en el eje intermedio. Para ello vamos a emplear la formula simplifica DET. El acero empleado para este eje es AISI 3140 OQT 1000 y seleccionamos un factor de seguridad a carga estática en la norma española:


$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

Calculo del torsor en el eje de alta velocidad:

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000 \text{ W}}{1245 \text{ rpm} \cdot 2\pi} \rightarrow T = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

ω = velocidad de giro del eje.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 11 de 74

P = potencia transmitida por el eje.

DET

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{Sy}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [11]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot 6,90311 \cdot 10^6 = \frac{920}{3.3}$$

$$d = 84,14 \text{ mm} \rightarrow d = 85 \text{ mm}$$

4.2 DISEÑO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD A FATIGA.

Se va a comprobar si el eje rompe a fatiga considerando que el torsor únicamente tiene componente media utilizando la formula simplificada de Goodman:


$$T_{\text{alt}} = 0 \rightarrow T = \text{cte}$$

$$T_{\text{med}} = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$S_{\text{ut}} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$d = 85 \text{ mm}$$

GOODMAN

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 12 de 74

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} \cdot \frac{3}{4} T m} \quad [10]$$

$$85 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \cdot \frac{3}{4} 6,90311 \cdot 10^6}$$

$$\eta = 12.22$$

Con lo que queda demostrado que el eje resiste a fatiga.

5. DISEÑO DE LA 1ª ETAPA EPICICLOIDAL DE LA MULTIPLICADORA.

5.1 ANALISIS CINEMATICO DEL ENGRANAJE EPICICLOIDAL (PRIMERA ETAPA).


La velocidad del portasatelites viene dada por la velocidad de giro del eje de baja, obtenida a partir de TSR y de las condiciones iniciales del viento. La velocidad del sol es la velocidad correspondiente al eje intermedio y esta se fija para un valor de 180 rpm por condiciones de diseño, al igual que la velocidad nula de la corona:

$$\text{Entrada} \rightarrow \omega_1 = \omega_{\text{portasatelites}} = 25 \text{ rpm}$$

$$\text{Salida} \rightarrow \omega_2 = \omega_{\text{sol}} = 180 \text{ rpm}$$

$$\omega_4 = \omega_{\text{corona}} = 0 \text{ (fija)}$$

$$\text{Relación de transmisión (1ª etapa)} \rightarrow i_{12} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{180}{25} = 7,2$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 13 de 74

Formula de Willys:

Vamos a obtener una relación para calcular el número de dientes de los engranajes:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{Z_2}{Z_4} \rightarrow \frac{\omega_{\text{portasatelite}}}{\omega_{\text{sol}} - \omega_{\text{portasatelite}}} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}}$$

$$\frac{25}{180-25} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6,2 \cdot Z_{\text{sol}} \quad [12]$$

5.2 DISEÑO DE LOS ENGRANAJES DE LA PRIMERA ETAPA.


Para calcular las dimensiones de los engranajes primero se debe seleccionar un modulo normalizado y fijar un numero de dientes ya sea del sol o de la corona mediante la ecuación [12] para así obtener el numero de dientes de la corona o del sol respectivamente. Una vez dimensionados el sol y la corona, se calculan las dimensiones de los satélites ya que estas están en función de las anteriores. El modulo seleccionado para un diseño eficiente es de 14 mm:

$$m=14 \text{ mm} \quad Z_{\text{sol}} = 25 \text{ dientes} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6,2 \cdot 25 = 155 \text{ dientes}$$

Sol

$$D_p = m \cdot Z = 14 \cdot 25 = 350 \text{ mm} \quad D_i = 315 \text{ mm} \quad D_e = 378 \text{ mm}$$

Corona

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 14 de 74

$$D_p = 14 \cdot 155 = 2170 \text{ mm} \quad D_i = 2135 \text{ mm} \quad D_e = 2198 \text{ mm}$$

Planeta

$$D_p = \frac{D_{p\text{corona}} - D_{p\text{sol}}}{2} = \frac{2170 - 350}{2} = 910 \text{ mm} \quad D_i = 875 \text{ mm} \quad D_e = 938 \text{ mm}$$

$$Z_{\text{planeta}} = \frac{D_p}{m} = \frac{910}{14} = 65 \text{ dientes}$$

5.3 CALCULO DEL ANCHO DE DIENTE POR EL METODO DE LA FATIGA POR FLEXION.


1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{180.2\pi} = 47746,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_t = \frac{2T}{D_p} = \frac{2 \cdot 47746,5}{0,350} = 272,837 \text{ KN}$$

2- El acero seleccionado es AISI 9255 Q&T 400:

$$S_{ut} = 2140 \text{ Mpa} \quad S_y = 1980 \text{ Mpa} \quad HB = 601$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 15 de 74

3-A partir de la dureza superficial del acero ,obtener su resistencia a la fatiga por flexión, sin corregir:

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot HB - 0,000868 \cdot HB^2 \quad [13]$$

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot 601 - 0,000868 \cdot 601^2 = 450,47 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_N}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$

K_N : coeficiente a fatiga

$K_N = 1,356 \cdot N^{-0,0178}$ para $N > 10^6$ N = nº de revoluciones en 20 años.


$$20 \text{ años} \cdot 365 \text{ dias} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 180 rpm:

$$180 \text{ revoluciones} \rightarrow 1 \text{ minuto}$$

$$X \rightarrow 10512000 \text{ minutos}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 16 de 74

Es decir se supone que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años con el fin de calcular un espesor de diente más fiable.

$$X = 180. 10512000 = 1892160000 \text{ revoluciones}$$

$$K_N = 1,356. 1892160000^{-0,0178} = 0,927$$

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del 99\%}$$

K_t : factor de temperatura

$$K_t = 1 \text{ , } T^a < 120^\circ$$

$$S_{rfp} = \frac{0,927}{1,1} 450,47 \text{ Mpa} = 417,77 \text{ Mpa}$$

5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

$$m = \frac{F_t}{b \cdot \sigma_{rpf} \cdot J_p} K \quad [15] \text{ , siendo } b \text{ el ancho de diente y } m \text{ el modulo.}$$

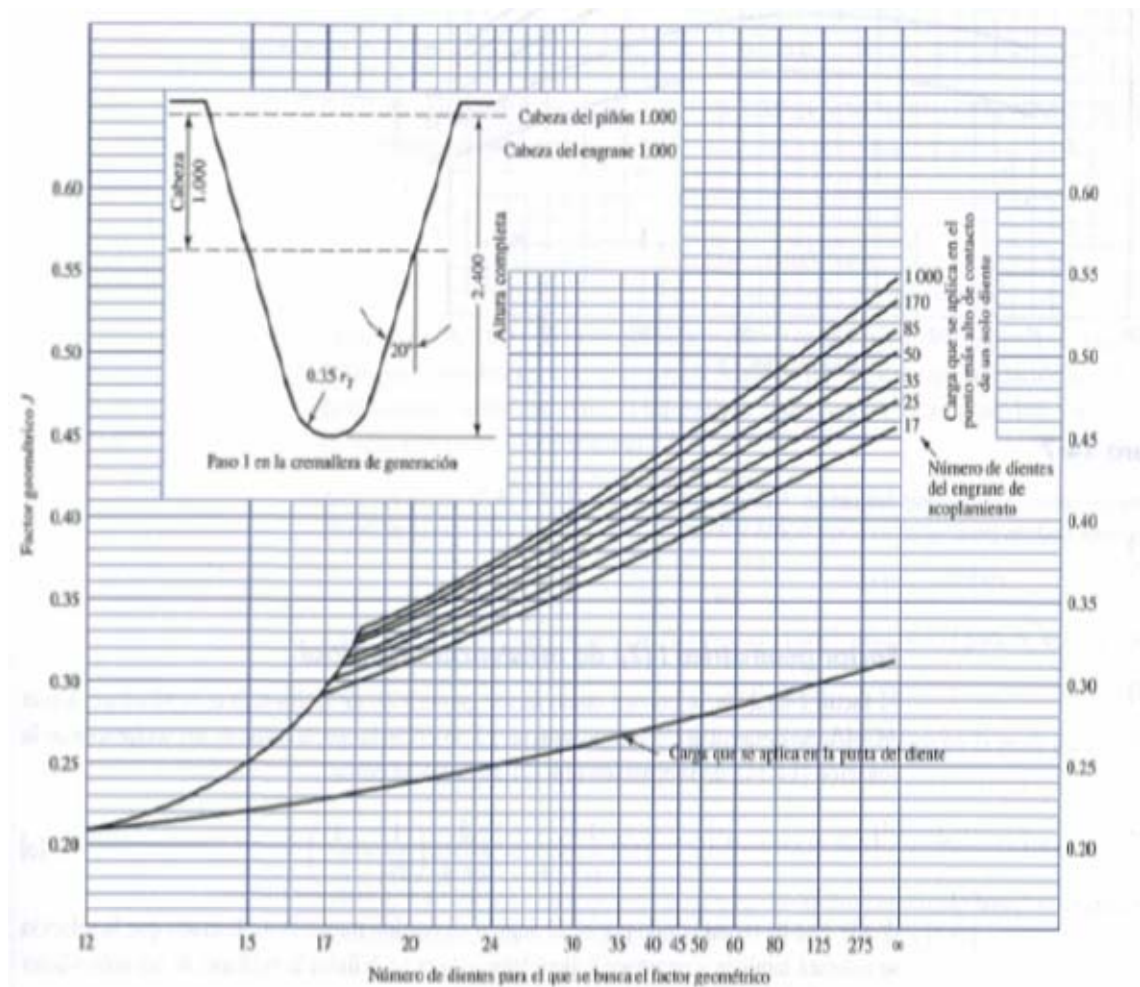
Tensión normal en la base del diente:




$$\sigma_{rpf} = \frac{S_{rpf}}{CS}, \text{ Siendo } CS = 1,25 \text{ según normativa española}$$

$$\sigma_{rpf} = \frac{417,77}{1,25} = 334,22 \text{ Mpa}$$

Factor geométrico del piñón:



Este factor está en función de número de dientes del piñón y la rueda, de manera que para un número de dientes de 25 y 155 respectivamente se obtiene :

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 18 de 74

$$J_p = 0,48$$

Factor de corrección del modulo K:

$$K = \frac{K_a \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_i}{K_v} \quad [16]$$

Factor de distribución de carga K_m :

$$\text{Para } 250\text{mm} < b < 500 \text{ mm} \rightarrow K_m = 1,9$$

Factor de piñón intermedio K_i :

$$\text{No es piñón intermedio} \rightarrow K_i = 1$$

Factor de espesor de llanta K_b :

$$C = \frac{m(Z-2,5)-d}{4,5 m}, \text{ siendo } m \text{ el modulo, del diámetro interior y } Z \text{ el nº de}$$

dientes del piñón.

$$C = 0,5555$$

$$\text{Como } C < 1,2 \text{ entonces } K_b = 1,6 \ln \frac{2,242}{C} \rightarrow K_b = 2,23$$

Factor de aplicación K_a :



$K_a = 1 \rightarrow$ funcionamiento uniforme (bajas vibraciones)

Factor dinámico K_v :

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 180 \frac{2\pi}{60} 0,175 = 3,299 \text{ m/s} = 197,92 \text{ m/min}$$

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{197,92}}} = 0,868$$


Aplicando la ecuación [16]:

$$K = \frac{1 \cdot 1,9 \cdot 2,23 \cdot 1}{0,868} = 4,88$$

Y por ultimo aplicando la ecuación [15] se despeja el ancho de diente:

$$14 = \frac{272837}{b \cdot 0,48 \cdot 334,22} 4,88$$

$$b = 592,81 \text{ mm} \rightarrow b = 595 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 20 de 74

5.4 CALCULO DEL ESPESOR DE ENGRANAJE POR EL METODO
FATIGA SUPERFICIAL. (PICADURA)

1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{180.2 \cdot \pi} = 47746,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_t = \frac{2T}{D_p} = \frac{2 \cdot 47746,5}{0,350} = 272,837 \text{ KN}$$

2- El acero seleccionado es AISI 9255 Q&T 400:

$$S_{ut} = 2140 \text{ Mpa} \quad S_y = 1980 \text{ Mpa} \quad \text{HB} = 601$$

3- A partir de la dureza superficial del acero ,obtener su resistencia a la fatiga superficial, sin corregir:


$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot \text{HB} \text{ (Mpa)}$$

$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot 601 = 1688,5 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_N}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$

K_N : coeficiente a fatiga

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 21 de 74

$K_N = 1,449 \cdot N^{-0,023}$ para $N > 10^6$ $N = n^\circ$ de revoluciones en
 20 años.

$$20 \text{ años} * 365 \text{ días} * 24 \text{ h} * 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 180 rpm:

$$180 \text{ revoluciones} \rightarrow 1 \text{ minuto}$$

$$X \rightarrow 10512000 \text{ minutos}$$

Es decir se supone que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años con el fin de calcular un espesor de diente más fiable.


$$X = 180 \cdot 10512000 = 1892160000 \text{ revoluciones}$$

$$K_N = 1,449 \cdot 1892160000^{-0,023} = 0,887$$

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del } 99\%$$

K_t : factor de temperatura

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 22 de 74

$$K_t = 1 \quad , \quad T^a < 120^\circ$$

$$S_{fsp} = \frac{0,887}{1,1} 1688,5 \text{ Mpa} = 1497,7 \text{ Mpa}$$

5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

Siendo f_t la fuerza tangencial sobre el diente, I el factor de forma del engranaje, dp el diámetro primitivo del mismo y b el espesor de diente.

$$\sigma_{fsp} = \frac{S_{fsp}}{CS} \quad , \text{Siendo } CS \text{ el coeficiente de seguridad a fatiga } CS = 1,25$$

$$\sigma_{fsp} = \frac{1497,7}{1,25} = 1198,16 \text{ Mpa}$$

Factor geométrico del piñón o factor de forma(I):

Para un numero de dientes $Z = 25$ y para un Angulo $\alpha = 20$ se obtiene de la siguiente tabla el factor de forma I.

$$I = 9,62$$



Factor de forma del diente

Z	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 15^\circ$	
	Y_f	Y_e	Y_f	Y_e
10	11.88	14.58	-	-
11	11.2	13.75	-	-
12	10.63	13.07	13.11	15.50
13	10.17	12.50	12.56	14.83
14	9.78	12.01	12.09	14.27
15	9.45	11.60	11.72	13.80
16	9.19	11.26	11.45	13.46
17	8.95	10.96	11.16	13.10
18	8.76	10.72	10.94	12.83
19	8.59	10.48	10.74	12.58
20	8.45	10.31	10.56	12.35
21	8.31	10.13	10.41	12.15
23	8.08	9.85	10.16	11.82
25	7.93	9.62	9.94	11.55
27	7.77	9.42	9.76	11.32
30	7.59	9.17	9.55	11.02
34	7.41	8.92	9.30	10.70
38	7.27	8.72	9.10	10.46
43	7.14	8.54	8.92	10.23
50	6.99	8.36	8.72	9.96
60	6.85	8.17	8.52	9.72
75	6.70	7.98	8.33	9.45
100	6.57	7.82	8.14	9.18
150	6.44	7.65	7.92	8.89
500	6.17	7.50	7.73	8.59
∞	6.3	7.37	7.50	8.30

Factor de distribución de cargas:

Suponiendo $b > 400$ mm $\rightarrow C_m = 1,7$ (precisión de engrane exacta)

Factor de aplicación :

$$\frac{HBp}{HBr} = \frac{601}{601} = 1 < 1,2 \rightarrow e = 0$$

$$C_h = 1 + e(i - 1) = 1$$

Factor dinámico:



$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 180 \frac{2\pi}{60} \cdot 0,175 = 3,299 \text{ m/s} = 197,92 \text{ m/min}$$

$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{197,92}}} = 0,868$$

Aplicando la siguiente ecuación :

$$C = \frac{C_m \cdot C_a \cdot C_h}{C_v} = \frac{1 \cdot 1,7 \cdot 1}{0,868} = 1,96$$

Factor elástico C_p :


$$C_p = \sqrt[2]{\frac{1}{\pi \frac{1-0,3}{2,07 \cdot 10^5} \cdot 2}} = 1902$$

A continuación aplicando la ecuación de la fatiga superficial según AGMA :

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

$$1198,16 = 1902 \cdot \sqrt{\frac{272837 \cdot 1,96}{b \cdot 9,62 \cdot 350}}$$

$$b = 400,23 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 25 de 74

Para un espesor de 400,23 mm el engranaje no resiste la fatiga a flexión. Por tanto el espesor seleccionado será el de este apartado :

$$b = 595 \text{ mm}$$

6. DISEÑO DE LA 2ª ETAPA EPICICLOIDAL DE LA MULTIPLICADORA.

6.1 ANALISIS CINEMATICO DEL ENGRANAJE EPICICLOIDAL (SEGUNDA ETAPA).


La velocidad de giro del portasatelites es la del eje intermedio fijada anteriormente por motivos de diseño, mientras que la velocidad de giro del sol es la del eje de alta velocidad que viene fijada por el tipo de generador seleccionado. La corona permanecerá fija por motivos de diseño:

$$\text{Entrada} \rightarrow \omega_1 = \omega_{\text{portasatelite}} = 180 \text{ rpm}$$

$$\text{Salida} \rightarrow \omega_2 = \omega_{\text{sol}} = 1245 \text{ rpm}$$

$$\omega_4 = \omega_{\text{corona}} = 0 \text{ (fija)}$$

$$\text{Relación de transmisión (2ª etapa)} \rightarrow i_{12} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1245}{180} = 6,9$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 26 de 74

Formula de Willys:

Se va a obtener una relación para calcular el número de dientes de los engranajes:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{Z_2}{Z_4} \rightarrow \frac{\omega_{\text{portasatelite}}}{\omega_{\text{sol}} - \omega_{\text{portasatelite}}} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}}$$

$$\frac{180}{1245-180} = \frac{Z_{\text{sol}}}{Z_{\text{corona}}} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6 \cdot Z_{\text{sol}} [12]$$


6.2 DISEÑO DE LOS ENGRANAJES DE LA SEGUNDA ETAPA.

Para calcular las dimensiones de los engranajes primero deberemos seleccionar un modulo normalizado y fijar un numero de dientes ya sea del sol o de la corona mediante la ecuación [12] para así obtener el numero de dientes de la corona o del sol respectivamente. Una vez dimensionados el sol y la corona , se calculan las dimensiones de los satélites ya que estas están en función de las anteriores. El modulo que mejor se adapta a las condiciones de diseño es de 10 mm:

$$m=10 \text{ mm} \quad Z_{\text{sol}} = 30 \text{ dientes} \rightarrow Z_{\text{corona}} = 6 \cdot 30 = 180 \text{ dientes}$$

Sol

$$D_p = m \cdot Z = 8 \cdot 30 = 240 \text{ mm} \quad D_e = 256 \text{ mm} \quad D_i = 220 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 27 de 74

Corona

$$D_p = 8.180 = 1440 \text{ mm} \quad D_e = 1456 \text{ mm} \quad D_i = 1420 \text{ mm}$$

Planeta

$$D_p = \frac{D_{p\text{corona}} - D_{psol}}{2} = \frac{1440 - 240}{2} = 600 \text{ mm} \quad D_e = 616 \text{ mm} \quad D_i = 580 \text{ mm}$$

$$Z_{\text{planeta}} = \frac{D_p}{m} = \frac{600}{8} = 75 \text{ dientes}$$

6.3 CALCULO DEL ANCHO DE DIENTE POR EL METODO DE LA FATIGA POR FLEXION.


1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes:

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{1245.2 \cdot \pi} = 6903,11 \text{ N. m}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{D_p} = \frac{2 \cdot 6903,11}{0,240} = 57525,92 \text{ N}$$

2- El acero seleccionado es AISI 4130 WQT 700:

$$S_{ut} = 1430 \text{ Mpa} \quad S_y = 1240 \text{ Mpa} \quad HB = 415$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 28 de 74

3-A partir de la dureza superficial del acero, obtener su resistencia a la fatiga por flexión, sin corregir:

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot HB - 0,000868 \cdot HB^2 \quad [13]$$

$$S'_{rfp} = 43 + 1,2 \cdot 415 - 0,000868 \cdot 415^2 = 391,51 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_n}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$


K_N : coeficiente a fatiga

$$K_N = 1,356 \cdot N^{-0,0178} \quad \text{para } N > 10^6 \quad N = n^\circ \text{ de revoluciones en 20 años}$$

$$20 \text{ años} \cdot 365 \text{ dias} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 1245 rpm:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 29 de 74

1245 revoluciones → 1 minuto

X → 10512000 minutos

$$X = 1245 \text{ rpm} \cdot 10512000 \text{ minutos} = 1,308744 \cdot 10^{10} \text{ Revoluciones}$$

$$K_N = 1,356 \cdot (1,308744 \cdot 10^{10})^{-0,0178} = 0,896$$

Se considera que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años para ,esto es u caso hipotético de manera que obtenemos un ancho de diente más fiable aun.

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del } 99\%$$

K_t : factor de temperatura

$$K_t = 1, \text{ , } T^a < 120^\circ$$

$$S_{rfp} = \frac{0,896}{1,1} 390,51 \text{ Mpa} = 350,79 \text{ Mpa}$$



5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

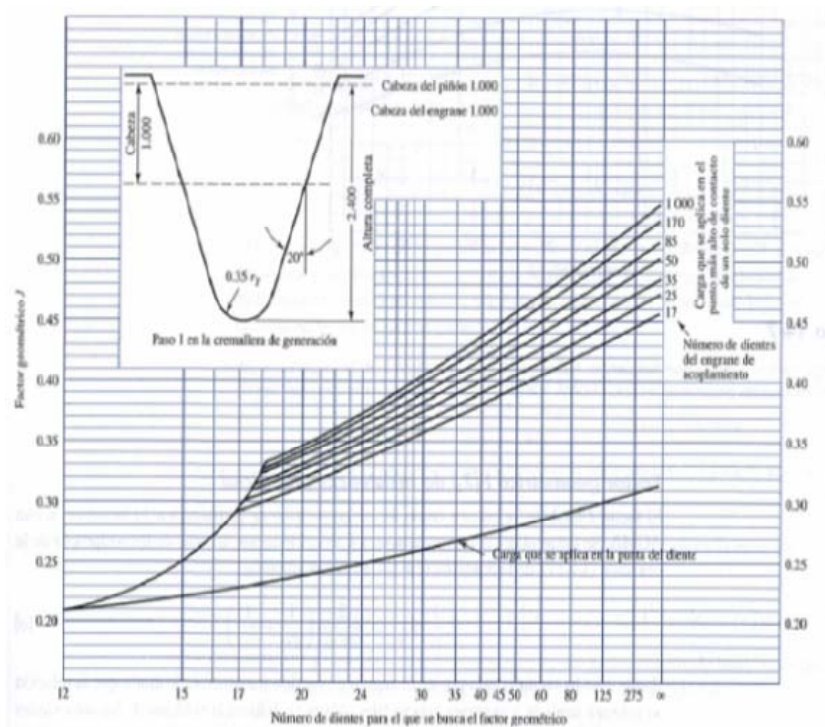
$$m = \frac{F_t}{b \cdot \sigma_{rpf} \cdot J_p} K \quad [15] \quad , \text{ siendo } b \text{ el ancho de diente y } m \text{ el modulo.}$$


Tensión normal en la base del diente:

$$\sigma_{rpf} = \frac{S_{rpf}}{CS} \quad , \text{ Siendo } CS = 1,5 \text{ según normativa española}$$

$$\sigma_{rpf} = \frac{350,79}{1,5} = 233,86 \text{ Mp}$$

factor geométrico del piñón:



 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 31 de 74

Este factor está en función de número de dientes del piñón y la rueda, de manera que para un número de dientes de 30 y 180 respectivamente se obtiene :

$$J_p = 0,5$$

Factor de corrección del módulo K :

$$K = \frac{K_a \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_i}{K_v} \quad [16]$$

Factor de distribución de carga K_m :

$$\text{Para } 250\text{mm} < b < 500 \text{ mm} \rightarrow K_m = 1,9$$

Factor de Piñón intermedio K_i :

$$\text{No es piñón intermedio} \rightarrow K_i = 1$$


Factor de espesor de llanta K_b :

$$C = \frac{m(Z-2,5)-d}{4,5 m} \quad , \text{ siendo } m \text{ el módulo, } d \text{ el diámetro interior y } Z \text{ el n}^\circ \text{ de}$$

dientes del piñón

$$C = 0,5555$$

$$\text{Como } C < 1,2 \text{ entonces } K_b = 1,6 \ln \frac{2,242}{C} \rightarrow K_b = 2,23$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 32 de 74

Factor de aplicación K_a :

$$K_a = 1 \rightarrow \text{funcionamiento uniforme (bajas vibraciones)}$$

Factor dinámico K_v :

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 1245 \frac{2\pi}{60} \cdot 0,120 = 15,64 \text{ m/s} = 938,71 \text{ m/min}$$

$$K_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{938,71}}} = 0,764$$


Aplicando la ecuación [16]:

$$K = \frac{1 \cdot 1,9 \cdot 2,23 \cdot 1}{0,764} = 5,546$$

Y por ultimo aplicando la ecuación [15] despejamos el ancho de diente:

$$8 = \frac{57525,92}{b \cdot 0,5 \cdot 233,86} \cdot 5,546$$

$$b = 341,06 \text{ mm} \rightarrow b = 345 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 33 de 74

6.4 CALCULO DEL ESPESOR DE ENGRANAJE POR EL METODO

FATIGA SUPERFICIAL.

1-Fuerzas que actúan sobre los dientes de los engranajes

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{P}{\omega} = \frac{60.900000}{1245.2 \cdot \pi} = 6903,11 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{D_p} = \frac{2 \cdot 6903,11}{0,240} = 57525,92 \text{ N}$$

2- El acero seleccionado es AISI 9255 Q&T 400:

$$S_{ut} = 1430 \text{ Mpa} \qquad S_y = 1240 \text{ Mpa} \qquad HB = 415$$


3- A partir de la dureza superficial del acero, obtener su resistencia a la fatiga superficial, sin corregir:

$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot HB \text{ (Mpa)}$$

$$S'_{fsp} = 186 + 2,5 \cdot 415 = 1223,5 \text{ Mpa}$$

4-Resistencia a la fatiga corregida:

$$S_{rfp} = \frac{K_n}{K_t \cdot K_c} S'_{rfp} \quad [14]$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 34 de 74

K_N : coeficiente a fatiga

$$K_N = 1,449 \cdot N^{-0,023} \quad \text{para } N > 10^6 \quad N = n^\circ \text{ de revoluciones en 20}$$

años.

$$20 \text{ años} * 365 \text{ días} * 24 \text{ h} * 60 \text{ minutos} = 10512000 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ años} = 10512000 \text{ minutos}$$

Como el engranaje gira a 180 rpm:

$$180 \text{ revoluciones} \rightarrow 1 \text{ minuto}$$

$$X \rightarrow 10512000 \text{ minutos}$$


Es decir se supone que el aerogenerador funciona 24 h al día durante 20 años con el fin de calcular un espesor de diente más fiable.

$$X = 180 \cdot 10512000 = 1892160000 \text{ revoluciones}$$

$$K_N = 1,449 \cdot 1892160000^{-0,023} = 0,887$$

K_c : factor de confiabilidad

$$K_c = 1, \text{ para una confiabilidad del } 99\%$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 35 de 74

K_t : factor de temperatura

$$K_t = 1 \quad , \quad T^a < 120^\circ$$

$$S_{fsp} = \frac{0,887}{1,1} 1223,5 \text{ Mpa} = 1085,2445 \text{ Mpa}$$

5-A partir del coeficiente de seguridad y del modulo obtener el ancho de diente:

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

Siendo f_t la fuerza tangencial sobre el diente, I el factor de forma del engranaje, dp el diámetro primitivo del mismo y b el espesor de diente.

$$\sigma_{fsp} = \frac{S_{fsp}}{CS} \quad , \text{Siendo } CS \text{ el coeficiente de seguridad a fatiga } CS = 1,25$$

$$\sigma_{fsp} = \frac{1085,2445}{1,25} = 868,1956 \text{ Mpa}$$

Factor geométrico del piñón o factor de forma(I):

Para un numero de dientes $Z = 30$ y para un Angulo $\alpha = 20^\circ$ se obtiene de la siguiente tabla el factor de forma I.

$$I = 9,17$$



Factor de forma del diente

z	$\alpha = 20^\circ$		$\alpha = 15^\circ$	
	Y_F	Y_E	Y_F	Y_E
10	11.88	14.58	-	-
11	11.2	13.75	-	-
12	10.63	13.07	13.11	15.50
13	10.17	12.50	12.56	14.83
14	9.78	12.01	12.09	14.27
15	9.45	11.60	11.72	13.80
16	9.19	11.26	11.45	13.46
17	8.95	10.96	11.16	13.10
18	8.76	10.72	10.94	12.83
19	8.59	10.48	10.74	12.58
20	8.45	10.31	10.56	12.35
21	8.31	10.13	10.41	12.15
23	8.08	9.85	10.16	11.82
25	7.93	9.62	9.94	11.55
27	7.77	9.42	9.76	11.32
30	7.59	9.17	9.55	11.02
34	7.41	8.92	9.30	10.70
38	7.27	8.72	9.10	10.46
43	7.14	8.54	8.92	10.23
50	6.99	8.36	8.72	9.96
60	6.85	8.17	8.52	9.72
75	6.70	7.98	8.33	9.45
100	6.57	7.82	8.14	9.18
150	6.44	7.65	7.92	8.89
500	6.17	7.50	7.73	8.59
∞	6.3	7.37	7.50	8.30

Factor de distribución de cargas:

Suponiendo $b > 400 \text{ mm} \rightarrow C_m = 1,7$ (precisión de engrane exacta)

Factor de aplicación:

$$\frac{HBp}{HBr} = \frac{601}{601} = 1 < 1,2 \rightarrow e = 0$$

$$C_h = 1 + e(i - 1) = 1$$

Factor dinámico:



$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{v}}} \quad [16], \text{ siendo } v_t \text{ la velocidad tangencial en m/min}$$

$$V_t = \omega \cdot r = 180 \frac{2\pi}{60} \cdot 0,175 = 15,64 \text{ m/s} = 938,78 \text{ m/min}$$

$$C_v = \sqrt[2]{\frac{43}{43 + \sqrt[2]{938,78}}} = 0,764$$

Aplicando la siguiente ecuación:

$$C = \frac{C_m \cdot C_a \cdot C_h}{C_v} = \frac{1 \cdot 1,7 \cdot 1}{0,764} = 2,23$$

Factor elástico C_p :


$$C_p = \sqrt[2]{\frac{1}{\pi \frac{1-0,3}{2,07 \cdot 10^5} \cdot 2}} =$$

A continuación aplicando la ecuación de la fatiga superficial según AGMA :

$$\sigma_{fsp} = C_p \cdot \sqrt{\frac{Ft \cdot C}{b \cdot I \cdot dp}}$$

$$868,1956 = 1902 \cdot \sqrt{\frac{57525,92 \cdot 2,23}{b \cdot 9,17 \cdot 240}}$$

$$b = 279,23 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 38 de 74

Para un espesor de 279,23 mm el engranaje no resiste la fatiga a flexión. Por tanto el espesor seleccionado será el de este apartado:

$$b = 345 \text{ mm}$$

7. DISEÑO DEL PORTASATELITES DE LA PRIMERA ETAPA

7.1 DISEÑO DE LOS EJES DEL PORTASATELITES A CARGA ESTÁTICA.

La torsión del eje de baja velocidad provoca la flexión de los ejes del portasatelites.


$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{60.900000}{25.2 \cdot \pi} = 343774,68 \text{ N.m}$$

$$F_t = \frac{2.T}{d} = \frac{2 \cdot 34377,68}{1,260} = 54567,75 \text{ N}$$

Siendo $d = D_{p \text{ sol}} + D_{p \text{ planeta}}$, es decir, viene influenciado por las dimensiones de la primera etapa.

El momento flector en los ejes provocado por la torsión del eje de baja se obtiene de la siguiente manera:

$$M = F_t \cdot L = 43654200 \text{ N. mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 39 de 74

Siendo $L = 800$ mm la longitud de los ejes del portasatelites.

El material seleccionado para los ejes es AISI 3140 OQT 1000, con un factor de seguridad a carga estática de 9:

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$


$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

A continuación se calcula el diámetro a estática mediante DET. Como solo hay flexión la ecuación queda de la siguiente manera:

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot M = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [16]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot 43654200 = \frac{920}{3.3}$$

$$d = 163.24 \text{ mm} \rightarrow d_{\text{normalizado}} = 170 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 40 de 74

7.2 DISEÑO DEL LOS EJES DEL PORTASATELITES A FATIGA.

Como el torsor del eje de baja es el que origina la flexión en los ejes del portasatelites y este torsor es constante, se considera que la flexión solamente tiene componente media y por tanto la componente alternante es nula.

$$M_{alt} = 0 \qquad S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$M_{med} = 2,7284 \cdot 10^8 \text{ N.mm} \qquad d = 170 \text{ mm}$$

Aplicando Goodman se obtiene el factor de seguridad a fatiga:


GOODMAN

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} M_m} \quad [17]$$

$$170 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} 43654200}$$

$$\eta = 11,6$$

Por tanto el eje no rompe a fatiga.

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010
		Revisión(0) Hoja 41 de 74

7.3 DIAMETRO Y ESPESOR DEL DISCO PORTASATELITES.

El diámetro del disco estará en función de las dimensiones de la primera etapa para que no haya problemas de montaje, para que de esta manera pueda encajar perfectamente. El acero empleado para el disco es el mismo que el acero de los ejes.

$$D = 1850 \text{ mm}$$


Para el cálculo del espesor del disco se considera que este está flexionado por el flector que afecta al eje de baja (416,3204 KN.m). Por tanto se calculara el esfuerzo debido a la flexión conociendo la resistencia a fluencia del acero y el coeficiente de seguridad según la normativa española:

$$\sigma = \frac{Mz \cdot ycg}{Iz} \quad I_z = \frac{b \cdot 925^3}{12}$$

$$\sigma = \frac{4,1634 \cdot 10^8 \cdot 925}{\frac{b \cdot 925^3}{12}} = \frac{5838,82}{b}$$

$$S_y = 920 \text{ Mpa} \quad \eta = 9$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{920 \text{ Mpa}}{\frac{5838,82}{b}} = 3 \rightarrow b = 57,11 \text{ mm} \rightarrow b = 60 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 42 de 74

8. DISEÑO DEL PORTASATELITES DE LA SEGUNDA ETAPA

8.1 DISEÑO DE LOS EJES DEL PORTASATELITES A CARGA ESTÁTICA.

La torsión del eje de baja velocidad provoca la flexión de los ejes del portasatelites

$$P = T \cdot \omega \rightarrow T = \frac{60.900000}{180 \cdot 2 \cdot \pi} = 47746,5 \text{ N. m}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{d} = \frac{2 \cdot 47746,5}{0,840} = 113682,14 \text{ N}$$


Siendo $d = D_{p \text{ sol}} + D_{p \text{ planeta}}$, es decir, viene influenciado por las dimensiones de la primera etapa.

El momento flector en los ejes provocado por la torsión del eje de baja se obtiene de la siguiente manera:

$$M = F_t \cdot L = 113682,14 \text{ N} \cdot 500 \text{ mm} = 56841070 \text{ N.mm}$$

Siendo L la longitud de los ejes del portasatelites.

El material seleccionado para los ejes es AISI 3140 OQT 1000, con un factor de seguridad a carga estática de 9:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 43 de 74

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{\text{estática}} = \gamma_m \cdot \gamma_f = 3 \cdot 3 = 9$$

A continuación se calcula el diámetro a estática mediante DET, como solo hay flexión la ecuación queda de la siguiente manera:

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot M = \frac{S_y}{\gamma_m \cdot \gamma_f} \quad [16]$$

$$\frac{4}{\pi d^3} 8 \cdot 56841070 = \frac{920}{3 \cdot 3}$$


$$d = 178,25 \text{ mm} \rightarrow d = 180 \text{ mm}$$

8.2 DISEÑO DEL LOS EJES DE PORTASATELITES A FATIGA.

Como el torsor del eje de baja es el que origina la flexión en los ejes del portasatelites y este torsor es constante ,se considera que la flexión solamente tiene componente media y por tanto la componente alternante es nula.

$$M_{\text{alt}} = 0 \quad S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$M_{\text{med}} = 576644855 \text{ N.mm} \quad d = 180 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 44 de 74

Aplicando Goodman obtenemos el factor de seguridad a fatiga:

GOODMAN

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}}} \text{ Mm} \quad [17]$$

$$180 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050}} \sqrt{56841070}$$

$$\eta = 10,56$$

Por lo tanto no rompe a fatiga.

8.3 DIAMETRO Y ESPESOR DEL DISCO PORTASATELITES.

El diámetro del disco estará en función de las dimensiones de la segunda etapa para que no haya problemas de montaje, para que de esta manera pueda encajar perfectamente.

$$D = 1325 \text{ mm}$$

Como el eje intermedio soporta una flexión y un axil muy bajos, se puede aceptar que el espesor del de disco de la segunda etapa es de 60 mm. Si para un espesor de 60 mm la

primera etapa, que es la más solicitada, aguanta sin romper, para la segunda que esta mucho menos solicitada resiste sin problemas.


9. SELECCION DE LAS CHAVETAS EN CADA EJE

A partir del diámetro normalizado de cada eje entramos en las tablas normalizadas según la norma DIN obteniendo las dimensiones de las chavetas :

Ø Eje d (mm) desde-hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas del chavetero en el eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886 y 6887		t ₁ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	Ø m/m desde- hasta	Tol. H-7 m/m
		d + t ₂ m/m	Tol. Admisible (en altura) m/m	d + t ₂ m/m	Tol. admisible (en altura) m/m				
17-22	6x6	d+2,6	+0,1	d+2,1	+0,1	3,5	+0,2	10-18	+0,018 0
22-30	8x7	d+3,0		d+2,4		4,1			
30-38	10x8	d+3,4	d+2,8	4,7	30-50	+0,025 0			
38-44	12x8	d+3,2	d+2,6	4,9					
44-50	14x9	d+3,6	d+2,9	5,5	50-80	+0,030 0			
50-58	16x10	d+3,9	d+3,2	6,2					
58-65	18x11	d+4,3	d+3,5	6,8	80-120	+0,035 0			
65-75	20x12	d+4,7	d+3,9	7,4					
75-85	22x14	d+5,6	d+4,8	8,5	120-180	+0,040 0			
85-95	25x14	d+5,4	d+4,6	8,7					
95-110	28x16	d+6,2	+0,2	d+5,4	+0,2	9,9	180-250	+0,046 0	
110-130	32x18	d+7,1		d+6,1		11,1			
130-150	36x20	d+7,9	+0,3	d+6,9	+0,3	12,3	250-315	+0,052 0	
150-170	40x22	d+8,7		d+7,7		13,5			
170-200	45x25	d+9,9		d+8,9		15,3	315-400	+0,057 0	
200-230	51x28	d+11,2		d+10,1		17			
230-260	56x32	d+12,9		d+11,8		19,3	400-500	+0,063 0	
260-290	63x32	d+12,6		d+11,5		19,6			

9.1 EJE DE BAJA VELOCIDAD

Lleva una chaveta que une el portasatelites de la 1ª etapa al eje, entrando en las tablas se obtienen los siguientes parámetros:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 46 de 74

$$d = 380 \text{ mm} \rightarrow b = 80 \text{ mm}$$

$$h = 40 \text{ mm}$$

$$t_1 = 25 \text{ mm}$$

$$t_2 = 14,1 \text{ mm}$$

$$l = 320 \text{ mm}$$

A continuación se comprueba que cada eje no rompa como consecuencia de la acumulación de tensiones en el chavetero, tanto a estática como a fatiga:

ESTÁTICA


$$M = 416,3204 \text{ KN.m} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$T = 411,8112 \text{ KN. m} \quad d = d_{\text{eje}} - t_1 = 380 - 25 = 355 \text{ mm}$$

$$P = 55,3121 \text{ KN}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{(8 \cdot M + P \cdot d)^2} + \sqrt{48 \cdot T^2} = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{4}{\pi \cdot 355^3} \sqrt{(8 \cdot 416,3204 \cdot 10^8 + 55312,1 \cdot 355)^2} + \sqrt{48 \cdot (4,1181 \cdot 10^8)^2} = \frac{920}{\eta}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 47 de 74

$$\eta = 7,35$$

Por lo tanto el eje no rompe a estática como consecuencia del chavetero.

FATIGA

$$M_{alt} = 416.3204 \text{ KN. m} \quad d = 380 - t_1 = 355 \text{ mm}$$

$$M_{med} = 0$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot Se} \frac{M_{alt} \cdot K_f}{K_s}}$$

$$355 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 377,3196} \frac{4,163204 \cdot 10^8 \cdot 0,8}{0,6}}$$


$$\eta = 2,9856$$

El eje no rompe a fatiga como consecuencia del chavetero.

9.2 EJE INTERMEDIO

El eje intermedio lleva 2 chavetas, una para fijar el sol de la 1ª etapa y una segunda para fijar el portasatelites de la 2ª etapa:

$$d = 160,33 \text{ mm} \rightarrow d_{normalizado} = 170 \text{ mm} \rightarrow b = 40 \text{ mm}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 48 de 74

$$h = 22 \text{ mm}$$

$$t_1 = 13 \text{ mm}$$

$$t_2 = 8,1 \text{ mm}$$

$l = 120 \text{ mm} \rightarrow$ chaveta portasatelites 2ª etapa.

$l = 400 \text{ mm} \rightarrow$ chaveta del sol 1ª etapa.

A continuación se comprueba que el eje no rompe ni a estática ni a fatiga una vez mecanizado el chavetero

ESTÁTICA

$$T = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N. mm} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$d = 160,33 - t_1 = 170 - 13 = 157 \text{ mm}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{4}{\pi \cdot 157^3} \sqrt{48} \cdot 4,77465 \cdot 10^7 = \frac{920}{\eta}$$



$$\eta = 8,45$$

El eje no rompe a estática.

FATIGA

$$T_{alt} = 0 \rightarrow T = cte$$

$$T_{med} = 4,77465 \cdot 10^7 \text{ N.mm}$$

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$d = 170 - t_1 = 157 \text{ mm}$$


$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} \cdot \frac{3}{4} T_m}$$

$$157 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \cdot \frac{3}{4} 4,77465 \cdot 10^7}$$

$$\eta = 11,14$$

El eje no rompe a fatiga .

9.3EJE DE ALTA VELOCIDAD

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 50 de 74

Lleva una chaveta que une el sol de la segunda etapa con el eje:

$$d = 84,14 \text{ mm} \rightarrow d_{\text{normalizado}} = 85 \text{ mm} \rightarrow b = 22 \text{ mm}$$

$$h = 14 \text{ mm}$$

$$t_1 = 9 \text{ mm}$$

$$t_2 = 4,4 \text{ mm}$$

$$l = 200 \text{ mm}$$

ESTATICA


$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa} \quad S_y = 920 \text{ Mpa}$$

$$T = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$d = 85 - t_1 = 85 - 9 = 76 \text{ mm}$$

$$\frac{4}{\pi d^3} \sqrt{48} \cdot T = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\frac{4}{\pi \cdot 76^3} \sqrt{48} \cdot 6,90311 \cdot 10^6 = \frac{920}{\eta}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 51 de 74

$$\eta = 6,63$$

El eje no rompe a carga estática una vez mecanizado el chavetero.

FATIGA

$$T_{alt} = 0 \rightarrow T = cte$$

$$T_{med} = 6,90311 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$S_{ut} = 1050 \text{ Mpa}$$

$$d = 85 - t_1 = 85 - 9 = 76 \text{ mm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot S_{ut}} \cdot \frac{3}{4} T_m}$$

$$76 = \sqrt[3]{\frac{\eta \cdot 32}{\pi \cdot 1050} \cdot \frac{3}{4} 6,90311 \cdot 10^6}$$

$$\eta = 8,74$$

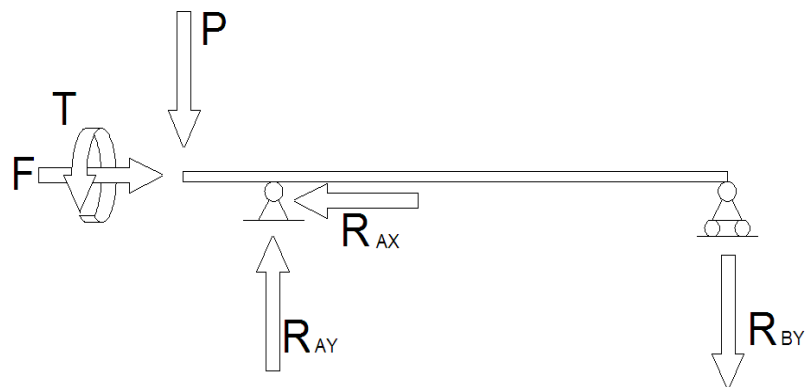
El eje no rompe a carga estática.



10. SELECCION DE LOS RODAMIENTOS


10.1 RODAMIENTO DEL EJE DE BAJA VELOCIDAD

El eje de baja velocidad tiene 2 rodamientos con el fin de absorber la carga axial y el flector que entra desde las palas. El primer rodamiento(A) estará situado lo más próximo posible al buje y este absorberá tanto el axil como parte del flector. El segundo rodamiento (B) estará situado lo más cercano posible al portasatelites de la 1ª etapa con el fin de absorber solamente flexión.



RODAMIENTO A

A continuación se selecciona el rodamiento en el catalogo SKF, escogiendo un rodamiento de rodillos cónicos HM 26644/410, fabricado para soportar grandes cargas radiales y axiales y para un diámetro de 380 mm:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 53 de 74

$$C = 1870 \text{ KN} \rightarrow \text{coeficiente dinámico} \quad Y = 1,8$$

$$C_0 = 4150 \text{ KN} \rightarrow \text{coeficiente estático} \quad Y_0 = 1$$

$$e = 0,33$$

Se aplica la metodología del catalogo:

$$F_a = F_{\text{axial}} = 55,313 \text{ KN}$$

$$M_{\text{flector}} = 416,32 \text{ KN.m} \rightarrow F_{\text{radial}} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{l} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{1\text{m}} = 416,32 \text{ KN}$$


Siendo l la distancia entre el centro del buje y el primer rodamiento.

$\frac{F_{\text{axial}}}{F_{\text{radial}}} = \frac{416,32 \text{ KN}}{55,313 \text{ KN}} = 0,133 < e$, por tanto $P = F_{\text{radial}} = 416,32 \text{ KN}$, siendo P la carga dinámica equivalente.

Se comprueba a dinámica la vida nominal y media del rodamiento:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{1870 \text{ KN}}{416,32 \text{ KN}}\right)^3 = 90,62 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 90,62 = 453,1 \text{ millones de revoluciones}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 54 de 74

Como el eje gira a 25 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después se pasa a horas:

$$453100000 \text{ mill.revol.} / 60\text{minutos} \cdot 25 \text{ rpm} = 302079,83 \text{ horas}$$

Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

RODAMIENTO B

Siendo l la longitud del eje, puesto que se considera próximo al portasatelites.

Se ha seleccionado un rodamiento de rodillos cilíndricos NCF 2976 CV, fabricado para soportar grandes fuerzas radiales, para un diámetro de 380 mm:

$$C = 1570 \text{ KN} \quad Y = 0,4$$


$$C_0 = 3250 \text{ KN} \quad e = 0,3$$

Se comprueba a dinámica la vida nominal y media del rodamiento:

$$F_{\text{axial}} = 0$$

$$F_{\text{radial}} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{l} = \frac{416,32 \text{ KN.m}}{1,5 \text{ m}} = 277,55 \text{ KN}$$

$$P = F_{\text{radial}} = 277,55 \text{ KN}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 55 de 74

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{1570 \text{ KN}}{277,55 \text{ KN}} \right)^3 = 180,99 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 180,99 = 904,95 \text{ millones de revoluciones}$$

Como el eje gira a 25 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después se pasa a horas:

$$904950000 \text{ mill. revol.} / 60 \text{ minutos} \cdot 25 \text{ rpm} = 603300 \text{ horas}$$


Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

10.2 RODAMIENTOS EN LOS PLANETAS DE LA 1ª ETAPA

A continuación se va a seleccionar los rodamientos que van situados entre cada brazo portasatelites y sus respectivos satélites. Estos solo soportaran esfuerzos radiales debido a la flexión del brazo. Para ello se va a utilizar rodamientos de rodillos cilíndricos especiales para soportar cargas radiales. El seleccionado es NCF 3034 CV para un diámetro de 300 mm:

$$C = 671 \text{ KN} \quad Y = 0,4$$

$$C_0 = 1060 \text{ KN} \quad e = 0,3$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 56 de 74

$P = F_{\text{radial}} = 54,568 \text{ KN} \rightarrow$ fuerza tangencial k soporta el brazo portasatelites calculada en aparatado.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{671 \text{ KN}}{54,568 \text{ KN}} \right)^3 = 1859,31 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 449,48 = 9296,59 \text{ millones de revoluciones}$$

Como el planeta gira a 69,23 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después se pasa a horas:

$$9296590000 \text{ mil.revol.} / 60 \text{ minutos} \cdot 69,23 \text{ rpm} = 2450467,93 \text{ horas}$$

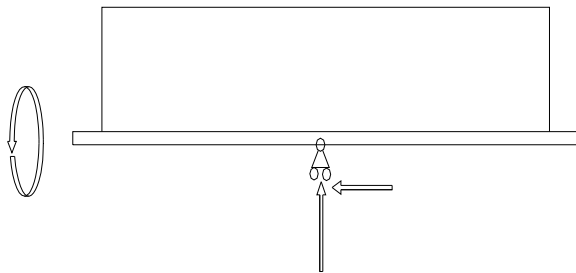
Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

10.3 RODAMIENTO DEL EJE INTERMEDIO

La fuerza radial y axial sobre este eje es mínima. Como consecuencia de ello se deprecian, es decir, se da por supuesto que el rodamiento las soporta sin ningún problema. El eje esta torsionado. Como consecuencia de ello se selecciona un rodamiento para evitar posibles movimientos del eje en la dirección axial debido a las vibraciones producidas durante el funcionamiento de la multiplicadora. El diámetro interior del rodamiento es de 160 mm para adaptarse al eje mediante ajuste de presión.



El tipo de rodamiento escogido en SKF es un rodamiento de bolas rígidas 6332 M diseñado para soportar esfuerzos axiales.




$$C = 276 \text{ KN}$$

$$C_0 = 285 \text{ KN}$$

10.4 RODAMIENTOS EN LOS PLANETAS DE LA 2ª ETAPA.

A continuación se va a seleccionar los rodamientos que van situados entre cada brazo portasatelites y sus respectivos satélites. Estos solo soportaran esfuerzos radiales debido a la flexión del brazo. Para ello se va a utilizar rodamientos de rodillos cilíndricos especiales para soportar cargas radiales. El seleccionado es NCF 3036 V para un diámetro de 180 mm:

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 58 de 74

$$C = 781 \text{ KN} \quad Y = 0,4$$

$$C_0 = 1250 \text{ KN} \quad e = 0,3$$

$P = F_{\text{radial}} = 115,329 \text{ KN} \rightarrow$ fuerza tangencial k soporta el brazo portasatelites de la 2^a etapa.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{781 \text{ KN}}{115,320 \text{ KN}} \right)^3 = 310,55 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{\text{media}} = 5 \cdot L_{10} = 5 \cdot 449,48 = 1552,77 \text{ millones de revoluciones}$$

Como el planeta gira a 508,16 rpm se puede obtener la vida del rodamiento en minutos y después tenerlo en horas:

$$1552770000 \text{ mil.revol.} / 60 \text{ minutos} \cdot 508,16 \text{ rpm} = 50927,86 \text{ horas}$$

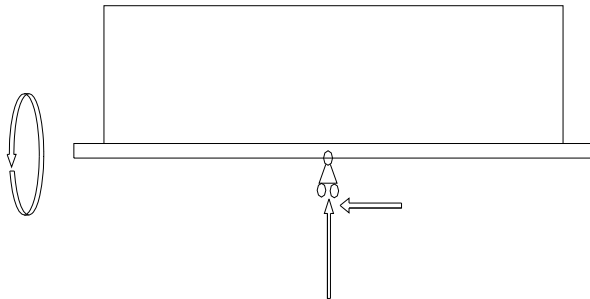
Es decir tiene una vida media superior a 20 años.

10.5 RODAMIENTO DEL EJE DE ALTA VELOCIDAD

La fuerza radial y axial sobre este eje es mínima, como consecuencia de ello se deprecian, es decir, se da por supuesto que el rodamiento las soporta sin ningún problema. El eje esta torsionado. Como consecuencia de ello se selecciona un




rodamiento para evitar posibles movimientos del eje en la dirección axial debido a las vibraciones que se producen durante el funcionamiento de la multiplicadora. El diámetro interior del rodamiento es de 85 mm para adaptarse al eje mediante ajuste de presión.



El tipo de rodamiento escogido en SKF es un rodamiento de bolas rígidas 6417 diseñado para soportar esfuerzos axiales.

$$C = 174 \text{ KN}$$

$$C_0 = 137 \text{ KN}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 60 de 74

11. SELECCIÓN DEL FRENO

Para seleccionar el freno que ira ubicado en el eje de alta velocidad se debe calcular el par de frenado para así poder entrar en las graficas del catalogo, en este caso TWIFLEX. La expresión del par de frenado es la siguiente:

$$T_B = T_j + T_L - T_F$$

Donde T_j es la inercia de frenado, T_L es el torsor del eje y T_F es el par de fricción necesario para frenar el eje.

INERCIA DE FRENADO (T_j)


La inercia de frenado se considera despreciable, es decir, el freno de disco no es el encargado de detener todo el conjunto sino simplemente de retenerlo una vez parado eólicamente.

TORSOR DEL EJE (T_L)

El torsor del eje de salida es el calculado en apartados anteriores, es decir:

$$P = 900\text{kW} \quad \omega = 1245 \text{ rpm}$$

$$P = T_L \cdot \omega \rightarrow T_L = \frac{P}{\omega} = \frac{900000 \text{ w}}{1245 \text{ rpm} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60}} = 6903,11 \text{ N.m}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 61 de 74

PAR DE FRICCIÓN (T_F)

El par de fricción es el generado entre las pinzas del freno y el disco. Este disco va acoplado al eje de alta velocidad. Este par es el que se opone al torsor del eje.

$$T_F = F_f \cdot r_e = 14300 \text{ N} \cdot r_e$$

siendo F_f la fuerza de fricción del freno seleccionado en N y r_e el radio efectivo del disco de freno.

TORSOR DE FRENADO (T_B)

El torsor de frenado es el que hemos mencionado en el al comienzo del apartado:

$$T_B = T_j + T_L - T_F$$

Sutituyendo valores:

$$T_B = 6903,11 \text{ N} \cdot \text{m} - 14300 \text{ N} \cdot r_e$$

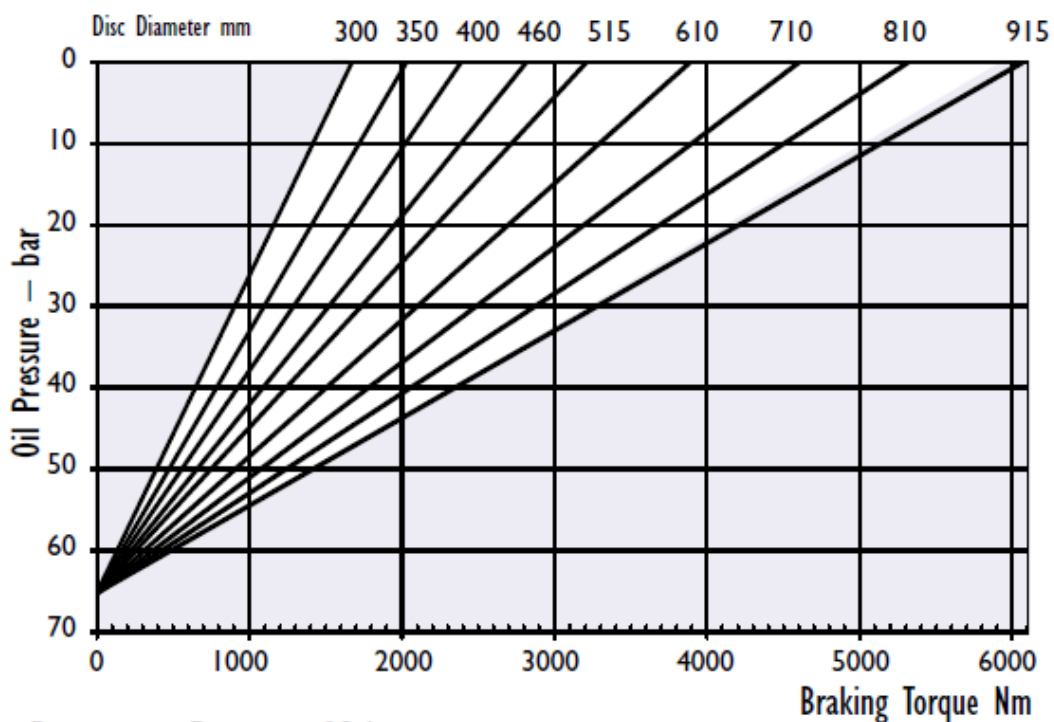
Para un par de frenado $T_B = 3000 \text{ N} \cdot \text{m}$:

$$3000 \text{ N} \cdot \text{m} = 6903,11 \text{ N} \cdot \text{m} - 14300 \text{ N} \cdot r_e$$

$$r_e = 273 \text{ mm} \rightarrow d_e = 546 \text{ mm}$$



Como se puede observar en la grafica esos valores están dentro del rango de presiones para el par de frenado seleccionado. por tanto el modelo del freno escogido es : TWIFLEX XSH 9.6 .



Retraction Pressure 82 bar


Maximum Braking Force XSH 9.6: 14.3kN

Weight of caliper and thruster - 11kg

Weight of thruster only - 4.5kg

Volume displacement of thruster at 6mm retraction = 9.1ml

Braking Torque Nm
(XSH 9.6)

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 63 de 74

12. CALCULO DEL ESPESOR DE LA CARCASA.

En primer lugar se obtiene el volumen de cada elemento de la multiplicadora con el fin de calcular el peso que soporta la bancada en kg conociendo la densidad del acero (7680 kg/m^3) y a partir del peso que debe aguantar la bancada se calcula el espesor.

EJE DE ENTRADA

$$D = 0,380 \text{ m} \quad l = 1,5 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,1701 \text{ m}^3$$

1ª ETAPA:

Volumen de la corona:

$$D_e = 2,198 \text{ m}$$

$$D_i = 2,135 \text{ m}$$

$$e = 0,595 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (1,099^2 - 1,0675^2) \cdot 0,595 = 0,127 \text{ m}^3$$



Volumen de los planetas:

$$D_e = 0,938 \text{ m}$$

$$D_i = 0,380 \text{ m}$$

$$e = 0,595 \text{ m}$$

$$(R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,469^2 - 0,190^2) \cdot 0,595 = 0,344 \text{ m}^3 \times 3 \text{ planetas} =$$
$$1,031 \text{ m}^3$$

Volumen del sol:

$$D_e = 0,378 \text{ m}$$

$$D_i = 0,165 \text{ m}$$

$$e = 0,595 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,189^2 - 0,0825^2) \cdot 0,595 = 0,054 \text{ m}^3$$

Volumen del portasatelites:

Brazos:



$$d = 0,170 \text{ m} \rightarrow r = 0,085 \text{ m} \quad l = 0,5 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,01135 \text{ m}^3 \times 3 \text{ brazos} = 0,034 \text{ m}^3$$

Disco :

$$D_e = 0,380 \text{ m}$$

$$D_i = 1,850 \text{ m}$$

$$e = 0,060 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,925^2 - 0,190^2) \cdot 0,060 = 0,154 \text{ m}^3$$

EJE INTERMEDIO

$$D = 0,165 \text{ m} \quad l = 1 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,021 \text{ m}^3$$

2ª ETAPA

Volumen de la corona:

$$D_e = 1456 \text{ m}$$



$$D_i = 1420 \text{ m}$$

$$e = 0,345 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,728^2 - 0,710^2) \cdot 0,345 = 0,028 \text{ m}^3$$

Volumen de los planetas:

$$D_e = 0,616 \text{ m}$$

$$D_i = 0,180 \text{ m}$$

$$e = 0,345 \text{ m}$$


$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,308^2 - 0,09^2) \cdot 0,345 = 0,094 \text{ m}^3 \times 3 \text{ planetas} =$$
$$0,282 \text{ m}^3$$

Volumen del sol:

$$D_e = 0,256 \text{ m}$$

$$D_i = 0,085 \text{ m}$$

$$e = 0,345 \text{ m}$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 67 de 74

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,128^2 - 0,0425^2) \cdot 0,345 = 0,0158 \text{ m}^3$$

Volumen del portasatelites:

Brazos:

$$d = 0,180 \text{ m} \rightarrow \quad l = 0,5 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,0127 \text{ m}^3 \times 3 \text{ brazos} = 0,0382 \text{ m}^3$$

Disco :

$$D_e = 1,325 \text{ m}$$

$$D_i = 0,160 \text{ m}$$


$$e = 0,060 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot e = \pi \cdot (0,6625^2 - 0,08^2) \cdot 0,060 = 0,0815 \text{ m}^3$$

EJE DE DE SALIDA

$$D = 0,085 \text{ m} \quad l = 1 \text{ m}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 0,00567 \text{ m}^3$$

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 68 de 74

VOLUMEN TOTAL

$$\begin{aligned}
 V_T = & 0,1701 \text{ m}^3 + 0,127 \text{ m}^3 + 1,031 \text{ m}^3 + 0,054 \text{ m}^3 + 0,154 \text{ m}^3 + 0,034 \text{ m}^3 + 0,021 \\
 & \text{m}^3 + 0,028 \text{ m}^3 + 0,282 \text{ m}^3 + 0,0158 \text{ m}^3 + 0,0382 \text{ m}^3 + 0,0815 \text{ m}^3 + 0,00567 \text{ m}^3 = \\
 & 2,04227 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$P = \rho \cdot V_T = 7680 \text{ kg / m}^3 \cdot 2,04227 \text{ m}^3 = 15684,63 \text{ kg}$$

PESO DE LOS RODAMIENTOS

Eje de baja

Rodamiento de rodillos cónicos HM 26644/410 → P = 52,5 kg


Rodamiento de rodillos cilíndricos NCF 2976 CV → P = 77 kg

Eje intermedio

Rodamiento de bolas rígidas 6332 M → P = 29 kg

Eje de alta

rodamiento de bolas rígidas 6417 → P = 9,5 kg

 UPCT E.T.S.I.I.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2010	
		Revisión(0)	Hoja 69 de 74

Rodamientos planetas 1ª etapa:

Rodamientos de rodillos cilíndricos NCF 3034 CV → P = 12,5 kg/ud x 3
 planetas = 37,5 kg x 2 = 75 kg

Rodamientos planetas 2ª etapa:

Rodamientos de rodillos cilíndricos NCF 3036 V → P = 10 kg/Ud. x 3 planetas
 = 30kg x 2 = 60 kg.

PESO TOTAL

$$P_T = 15684,63 \text{ kg} + 52,5 \text{ kg} + 77 \text{ kg} + 29 \text{ kg} + 9,5 \text{ kg} + 75 \text{ kg} + 60\text{kg} =$$

$$15987,63\text{kg} \times 9,81\text{m/s}^2 = 156,839 \text{ KN}$$

12.1 DISEÑO A CARGA ESTÁTICA DEL ESPESOR DE LA CARCASA.

La bancada donde se apoya todo el conjunto de elementos de la multiplicadora tiene unas dimensiones de 2200 mm de ancho por 2650 mm de largo, por tanto solo falta conocer el espesor de la bancada de la carcasa a carga estática para fijar sus dimensiones.

Para ello aplicamos TED:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}$$



la sección rectangular de la bancada esta flexionada por el peso de todo el conjunto, por tanto diseñamos solamente a flexión, considerando el caso más desfavorable que sería todo el peso del conjunto en un extremo, de manera que el flector sería el máximo posible:

$$M_z = 156,839 \text{ KN} \cdot 2,650 \text{ m} = 415,62 \text{ KN} \cdot \text{m} = 415620000$$

Área de la sección = 2200 mm . espesor

$$\sigma = \frac{Mz \cdot ycg}{I_z} \quad I_z = \frac{2200 \cdot b^3}{12}$$

$$\sigma = \frac{4,1562 \cdot 10^8 \cdot \frac{e}{2}}{\frac{2200 \cdot b^3}{12}} = \frac{1133509,091}{b^2}$$

Para un acero AISI 1050 estirado en frio y un coeficiente de seguridad a estatica seleccionado:

$$S_y = 579 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 690 \text{ Mpa}$$

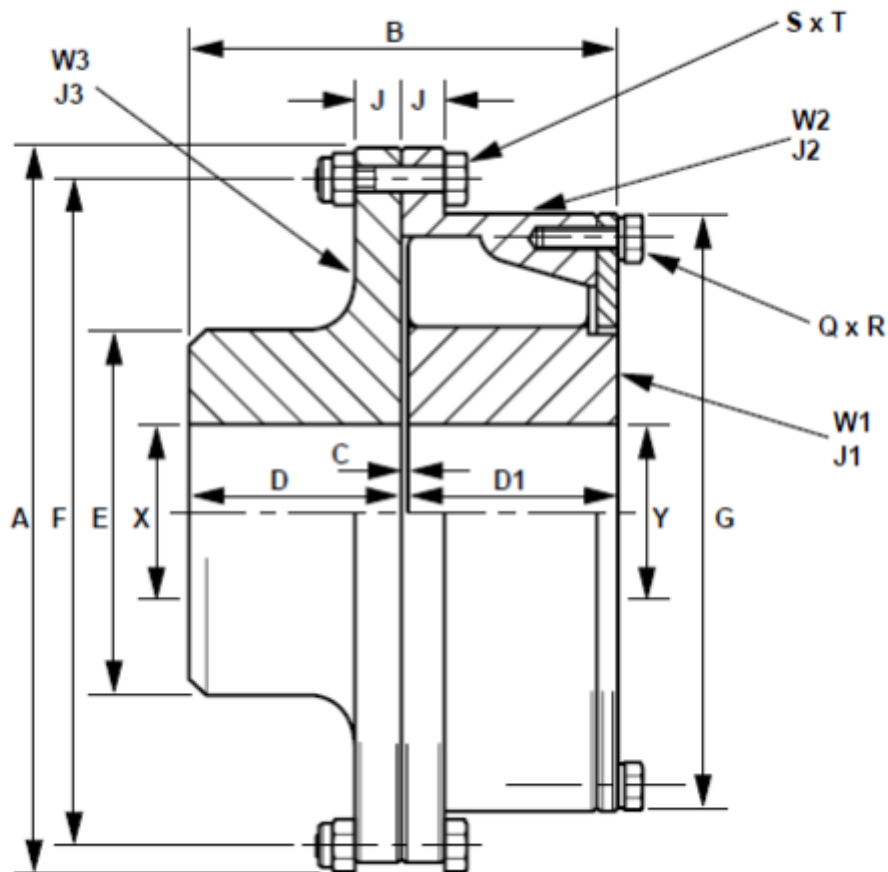
$$\eta = 3$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} = \frac{579 \text{ Mpa}}{\frac{1133509,091}{b^2}} = 3 \rightarrow b = 76,64 \text{ mm} \rightarrow b = 80 \text{ mm}$$



13 .SELECCION ACOPLAMIENTO FLEXIBLE EJE DE ALTA – GENERADOR.

Conociendo el par torsor, la velocidad de giro y el diámetro del eje de alta velocidad, se puede seleccionar a partir de un catalogo, en este caso RENOLD HITEX couplings, el acoplamiento adecuado a nuestras necesidades. Las tablas del fabricante son las siguientes:





Datos Técnicos del RB

TAMAÑO DEL ACOPLAMIENTO		0.12	0.2	0.24	0.37	0.73	1.15	2.15	3.86	5.5
PAR NOMINAL T_{KN} (kNm)		0.314	0.483	0.57	0.879	1.73	2.731	5.115	9.159	13.05
PAR MÁXIMO T_{Kmax} (kNm)		0.925	1.425	1.72	2.635	5.35	8.1	15.303	27.4	41.0
PAR VIBRATORIO T_{KW} (kNm)		0.122	0.188	0.222	0.342	0.672	1.062	1.989	3.561	5.075
CALOR DISIPADO PERMITIDO A TEMPERATURA AMBIENTE 30°C P_{KW} (W)	SM60	90	112	125	140	185	204	246	336	426
	SM70	98	123	138	155	204	224	270	369	465
	SM80	100	138	154	173	228	250	302	410	520

Como se observa en la tabla el tipo de acoplamiento seleccionado es un RB 1.15 mitad rígido mitad flexible , ya que este tiene un par máximo de 8,1 KN.m bastante superior al par torsor máximo existente en el eje de alta que es de 6,903 KN.m.

Dimensiones, Peso, Inercia y Alineación

TAMAÑO DEL ACOPLAMIENTO		0.12	0.2	0.24	0.37	0.73	1.15	2.15	3.86	5.5
DIMENSIONES (mm)	A	200.0	222.2	238.1	260.3	308.0	358.8	466.7	508.0	577.8
	B	104.8	111.2	123.8	136.5	174.6	193.7	233.4	260.4	285.8
	C	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	4.8	6.4	6.4
	D	50.8	54.0	60.3	66.7	85.7	95.2	114.3	127.0	139.7
	D1	50.8	54.0	60.3	66.7	85.7	95.2	114.3	127.0	139.7
	E	79.4	95.2	101.6	120.6	152.4	184.1	222.2	279.4	330.2
	F	177.8	200.0	212.7	235.0	279.4	323.8	438.15	469.9	536.6
	G	156.5	178	186.5	210	251	295	362	435	501.5
	J	12.7	14.3	15.9	17.5	19.0	19.0	19.0	22.2	25.4
	Q	5	6	6	6	6	6	6	7	8
	R	M8	M8	M8	M10	M10	M12	M12	M12	M12
	S	6	6	6	8	8	10	16	12	12
	T	M8	M8	M10	M10	M12	M12	M12	M16	M16
	U	9.2	9.2	11.2	11.2	13.2	13.2	13.2	17.25	17.25
	X MÁXIMO	50	60	65	80	95	115	140	170	210
	Y MÁXIMO	55	70	75	85	95	115	140	170	210
X e Y MÍNIMOS	30	35	40	40	55	55	70	80	90	
ELEMENTOS DE GOMA	POR CAVIDAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	POR ACOPLAMIENTO	10	12	12	12	12	12	14	16	16
VELOCIDAD MÁXIMA (rpm) (1)		5250	4725	4410	4035	3410	2925	2250	2070	1820

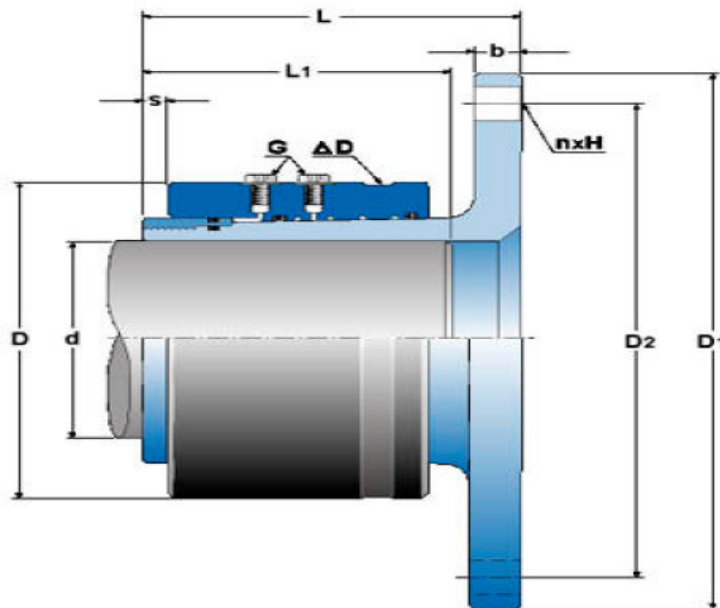


También se puede observar que para el acoplamiento seleccionado el eje puede llegar a girar a un máximo de 2925 rpm notablemente superior a la velocidad que gira el eje de alta que es de 1245 rpm para proporcionar la potencia nominal.(900kw).

Por último se puede observar que el rango de diámetros en ambos extremos (X,Y) del acoplamiento son idénticos y además se ajustan al diámetro del eje de alta que es de 85 mm.

14.SELECCION ACOPLAMIENTO BUJE – EJE DE BAJA.

El acoplamiento entre el buje y el eje de baja velocidad se realiza mediante un acoplamiento de sujeción modelo ETP HICON – F380 como el que se muestra en la imagen siguiente :





Referencia ETP-HYCON F-diámetro del eje.

ETP-HYCON	Dimensiones					Par transmisible o fuerza axial		Dimensiones de montaje				Momento polar de inercia** J kgm ² *10 ⁻³	Peso** kg
	d mm	D mm	L mm	D1* mm	b* mm	T kNm	F kN	L1 mm	D mm	s mm	G		
F-260	260	416	322	575	44	540	4153	234	0,678	20,5	1/4	8024	224
F-280	280	448	344	605	47	674	4814	249	0,728	22,0	1/4	11056	272
F-300	300	480	365	635	51	830	5533	264	0,778	23,5	1/4	14942	326
F-320	320	511	385	695	54	1007	6293	277	0,834	25,1	1/4	21247	398
F-340	340	544	407	730	58	1207	7100	291	0,888	26,7	1/4	28282	473
F-360	360	576	427	760	61	1433	7961	305	0,938	28,2	1/4	36259	550
F-380	380	607	447	820	64	1686	8873	319	0,994	29,4	1/4	48860	651
F-400	400	639	469	855	68	1963	9815	332	1,054	31,5	1/4	61957	751

Como se aprecia en la tabla, el acoplamiento seleccionado es un ETP HICON – F380, para un diámetro de 380 mm. El torsor máximo es de 1686 KN. m, muy superior con respecto al torsor que soporta el eje que es de 411,8112 KN . m. La fuerza axil soportada por el eje es de 55,313 KN muy por debajo del máximo permitido que es de 8873 KN.

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 75 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 76 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 77 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 78 de 74



UPCT
E.T.S.I.I.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2010

Revisión(0)

Hoja 79 de 74



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011


RUBEN VICENTE SEVILLA

ÍNDICE

1. Objeto.....	Pág. 1
2. Campo de Aplicación.....	Pág. 1
3. Normativa de Aplicación.....	Pág. 2
4. Elementos de la Instalación.....	Pág. 3
4.1. Multiplicador.....	Pág. 3
4.2. Eje de Baja Velocidad.....	Pág. 3
4.3. Eje de Alta Velocidad.....	Pág. 4
4.4. Rodamientos.....	Pág. 4
4.5. Acoplamiento Buje-Eje de Baja.....	Pág. 4
4.6. Acoplamiento Eje de Alta-Generador.....	Pág. 4
4.7. Chavetas	Pág. 4
5. Soldaduras.....	Pág. 5
6. Materiales.....	Pág. 5
7. Proceso de Fabricación.....	Pág. 6
8. Sistemas de Frenado.....	Pág. 6
9. Control y Aceptación de los Elementos y Equipos que Conforman la Transmisión.....	Pág. 7
10. Consideraciones Generales.....	Pág. 8
11. Tipos de Trabajos a Realizar.....	Pág. 8
12. Comprobaciones Iniciales.....	Pág. 9
13. Reconocimientos, Pruebas, Ensayos y Recepción de los Elementos de la Transmisión.....	Pág. 9
14. Garantías y Límites de la Garantías.....	Pág. 11
15. Recepción definitiva y Entrega o Transferencia de la Transmisión proyectada a la propiedad.....	Pág. 13
16. Condiciones de Mantenimiento y Uso.....	Pág. 13
16.1. Mantenimiento y Conservación de la Transmisión.....	Pág. 14
16.1.1. Mantenimiento Correctivo.....	Pág. 14
16.1.2. Mantenimiento Preventivo.....	Pág. 14
16.1.3. Eje principal.....	Pág. 14
16.1.4. Multiplicadora.....	Pág. 15

16.1.5. Frenos.....	Pág. 15
16.1.6. Consumibles.....	Pág.16
17. Condiciones de Índole Facultativo y Legales.....	Pág. 16
17.1. Del titular de la instalación y sus obligaciones.....	Pág. 16
17.2. Obligaciones del titular frente a determinados incumplimientos.....	Pág.17
17.3. De la dirección Facultativa.....	Pág. 17
17.4. Suministrador.....	Pág. 18
17.5. De la empresa Fabricadora o Contrastiva	Pág. 18
17.6. Reclamaciones contra las Órdenes del Ingeniero-Director.....	Pág. 21
17.7. Trabajos defectuosos.....	Pág. 21
18. Condiciones de Índole Económica.....	Pág. 21
18.1. Base Fundamental.....	Pág. 22
18.2. Garantía.....	Pág. 22
18.3. Fianza.....	Pág. 22
18.4. De su devolución en General.....	Pág. 23
18.5. Revisión de Precios.....	Pág. 23
18.6. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas.....	Pág. 24
18.7. Descomposición de los precios unitarios.....	Pág. 24
18.7.1. Se considera Costes Indirectos.....	Pág. 25
18.7.2. Se considera Impuestos Indirectos.....	Pág. 25
18.8. Precios e Importes de Ejecución Material.....	Pág. 25
18.9. Precios e Importes de Ejecución Por Contrata.....	Pág. 26
18.10. Costes Generales y Fiscales.....	Pág. 26
18.11. Costes Imprevistos.....	Pág. 27
18.12. Beneficios Industrial.....	Pág. 27
18.13. Honorarios de la dirección técnica y facultativa.....	Pág. 27
18.14. Gastos por cuenta del Contratista.....	Pág. 27
18.14.1. Medios Auxiliares.....	Pág. 27
18.14.2. Materiales Defectuosos.....	Pág. 28
18.14.3. Ensayos y Pruebas.....	Pág. 28
18.15. Precios Contradictorios.....	Pág. 28
18.16. Penalización Económica al contratista por el incumplimiento de compromisos.....	Pág. 29
18.17. Responsabilidad del Contratista.....	Pág. 30

18.18. Derecho del propietario a rescisión del contrato.....	Pág. 31
18.19. Forma de rescisión del contrato por parte de la propiedad.....	Pág. 31
18.20. Derechos del contratista para cancelar el contrato.....	Pág. 31
18.21. Causas de rescisión del contrato.....	Pág. 32
18.22. Plazo de Entrega de la Instalaciones.....	Pág. 33
18.23. Daños a terceros.....	Pág. 33
18.24. Disposiciones legales y permisos.....	Pág. 34
18.25. Vicios ocultos y sanciones.....	Pág. 34
18.25.1. Límite de las sanciones económicas.....	Pág. 36
18.26. Responsabilidad Civil.....	Pág. 36
18.27. Consideraciones aplicables durante la ejecución.....	Pág. 37
18.28. Disposiciones mínimas a aplicar en la Fabricación de la instalación.....	Pág. 38
18.29. Tipos de trabajo e instrucciones	Pág. 39
18.30. Empleo y Conservación del Material de Seguridad.....	Pág. 39

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 1 de 40

1. OBJETO


Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, el cual forma parte de la documentación del presente proyecto, registrará los trabajos para la realización del mismo, determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de la Instalación acorde a lo estipulado en la legislación española por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan los procedimientos administrativos relativos a la ejecución y puesta en servicio de las instalaciones.

En cualquier caso, dichas normas particulares no podrán establecer criterios técnicos contrarios a la normativa vigente contemplada en el presente proyecto, ni exigir marcas comerciales concretas, ni establecer especificaciones técnicas que favorezcan la implantación de un solo fabricante o representen un coste económico desproporcionado para el usuario.

Las dudas que se planteasen en su aplicación o interpretación serán dilucidadas por el Ingeniero-Director del montaje y fabricación. Por el mero hecho de intervenir en la fabricación, se presupone que la empresa fabricadora y las subcontratas conocen y admiten el presente Pliego de Condiciones.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se refiere al suministro, fabricación, pruebas, ensayos, verificaciones y mantenimiento de materiales necesarios en la fabricación de Instalaciones, extendiéndose a todos los sistemas mecánicos, con el fin de garantizar la seguridad de los operarios, siendo necesario que dichas instalaciones se proyecten, construyan, mantengan y conserven de tal forma que se satisfagan los fines básicos de la funcionalidad, es decir de la utilización o adecuación al uso, y de la seguridad, concepto que incluye la seguridad estructural y la seguridad de utilización.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 2 de 40

3. **NORMATIVA DE APLICACIÓN**

Además de las Condiciones Técnicas Particulares contenidas en el presente Pliego, serán de aplicación, a los efectos de garantizar la calidad, funcionalidad, eficiencia y durabilidad de la instalación y se observarán en todo momento durante su ejecución, las siguientes normas y reglamentos:

-DECRETO 584/1972, de 24 de febrero, de Servidumbres Aeronáuticas (BOE nº 69, 21/03/1972).

-REAL DECRETO 2135/1980, de 26 de septiembre, de Liberalización Industrial (BOE de 14/10/80).


- ORDEN de 19 de diciembre de 1980, sobre Normas de Procedimiento y desarrollo del Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, de Liberalización Industrial (BOE de 24/12/80).

-REAL DECRETO 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones mecánicas.

-LEY 21/1992, de 16 de julio, de Industria

-LEY 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales; modificaciones por Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales e instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E. 8/3/1996)

-REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las instalaciones.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 3 de 40

-ORDEN de 21 de septiembre de 2001, por la que se regulan las condiciones técnico-administrativas de las instalaciones.

4. ELEMENTOS DEL LA INSTALACION


4.1. MULTIPLICADOR

La potencia de la rotación del rotor del aerogenerador o turbina eólica es transferida al generador a través del tren de potencia diseñado en el presente proyecto, es decir, a través del eje principal, la caja multiplicadora y el eje de alta velocidad Multiplica la velocidad de giro que llega del rotor para adaptarla a las necesidades del generador. El movimiento de giro de los aerogeneradores suele ser bastante lento. El rotor de la turbina de 900 kW de potencia gira a una velocidad de entre de 25 revoluciones por minuto (r.p.m.). El multiplicador aumentará esta velocidad hasta los 1245 r.p.m. Sus características vienen definidas por los siguientes parámetros:

- Tipo: epicicloidal de doble etapa
- Refrigeración: mediante sistema hidráulico de inyección
- Dimensiones = 2200 mm x 2650 mm x 2200 mm
- Peso: 20558,6 kg

4.2. EJE DE BAJA VELOCIDAD

Es el elemento encargado de realizar la transmisión del par motor que provoca el viento sobre el rotor hasta la multiplicadora. Soporta esfuerzo axial y momentos de flexión y torsión y sus dimensiones son las que se calculan en el anejo nº 1 cálculos justificativos. Este eje gira a velocidad constante de 25 rpm.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 40

4.3. EJE DE ALTA VELOCIDAD

Es el eje de salida. Gira a 1245 rpm y únicamente esta torsionado. Va acoplado al generador mediante un acoplamiento semiflexible generando así en el generador una potencia nominal de 900 kw.

4.4. RODAMIENTOS

Los rodamientos seleccionados así como sus dimensiones vienen dadas por el fabricante SKF, la selección de estos estará en función del estado de sollicitación de cada uno y por las dimensiones de los ejes. En el caso de rotura y por tanto sustitución del rodamiento, este podrá seleccionarse a otro suministrador siempre y cuando cumpla con los requisitos dimensionales y de sollicitación.


4.5. ACOPLAMIENTO BUJE-EJE DE BAJA

Se ha seleccionado un plato o brida, que ira atornillada al buje. El acoplamiento de la brida con el eje se realizara mediante otro buje. El modelo es ETP-HICON de la empresa suministradora Indarbelt como se especifica en el anejo nº 1 cálculos justificativos. Este ha sido seleccionado para que soporte con creces el par torsor y el axil al que está sometido.

4.6. ACOPLAMIENTO EJE DE ALTA-GENERADOR

El acoplamiento semiflexible seleccionado es un RB 1.15 de la empresa suministradora Renold Hitex. Este ha sido seleccionado en función del par torsor del eje de alta velocidad. Su función es acoplar el eje de alta con el eje del generador absorbiendo desalineaciones.

4.7 CHAVETAS

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 5 de 40

Se aplicara la norma DIN 6886 para la selección de las chavetas al suministrador.

5. SOLDADURAS

La fijación de los soportes de las coronas con la carcasa de la multiplicadora se realizara mediante un proceso de soldadura en ángulo. El tipo de soldadura empleado es TIG, que corresponde a una soldadura con arco eléctrico en atmosfera inerte.se realizaran 3 pasadas a una temperatura de 1800 ° C aprox. El electrodo del equipo de soldadura es de tungsteno.

El soldador que lleve a cabo el proceso de soldadura deberá poseer el certificado profesional de soldadura TIG, que demuestre su alta cualificación profesional para dar validez al proceso.


El soldador que realizara los trabajos deberá pasar un procedimiento de homologación, ensayando la operación con probetas.

6. MATERIALES

Los materiales con los que se fabrica todos los elementos de la transmisión son los siguientes:

- Material del eje de baja velocidad, eje intermedio y eje de alta velocidad: AISI 3140 OQT 1000.
- Material de los planetas, corona y sol de la 1ª etapa: AISI 9255 Q&T 400.
- Material de los planetas, corona y sol de la 2ª etapa: AISI 4130 WQT 700.
- Material de la carcasa de la multiplicadora: AISI 1050 estirado en frio.

El suministrador de materiales deberá aportar las características mecánicas y técnicas de cada material así como su especificación técnica.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 6 de 40

7. PROCESO DE FABRICACION.

Para la fabricación se tendrán en cuenta todas las indicaciones dimensionales expresadas en los planos. Los cuerpos de eje y de engranajes cumplirán, relativo a prescripciones del producto, las especificaciones de la norma EN 13261 y fichas UIC 811-1 y 811-2 o la normativa aplicable en el momento de la fabricación.

Se utilizara un torno de control numérico con las dimensiones adecuadas para fabricar ejes de gran envergadura. A partir de los planos se realizara el software que se introducirá en el sistema operativo del torno. También se fijara las velocidades de avance y de giro del mismo que garantice una fabricación óptima.


El responsable de fijar los parámetros de fabricación tales como velocidades de avance y de corte así como la programación del control numérico del eje será el ingeniero de fabricación del taller.

El fresado de los dientes de los engranajes y de los chaveteros se realizara mediante una fresa de control numérico. El responsable de la fabricación será el ingeniero de fabricación del taller.

8. SISTEMAS DE FRENADO

El freno mecánico es utilizado como sistema de apoyo del sistema de freno aerodinámico, como freno de estacionamiento, una vez que la turbina ha sido parada, en el caso de una turbina de regulación por pérdida aerodinámica. Las turbinas de regulación por cambio del ángulo de paso no suelen necesitar activar el freno mecánico (excepto en trabajos de mantenimiento), dado que el rotor apenas si puede moverse cuando las palas del rotor están giradas 90 grados. Este freno se coloca en el eje de alta. Características técnicas del freno seleccionado:

- Marca y tipo de freno: TWIFLEX MXSH 9.6

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 7 de 40

- Fuerza máxima de frenado: 14,3 KN

- Peso del freno: 11kg


- Presión max.del aceite: 37 bar

9. CONTROL Y ACEPTACIÓN DE LOS ELEMENTOS Y EQUIPOS QUE CONFORMAN LA TRASMISION.

La Dirección Facultativa velará porque todos los materiales, productos y equipos que formen parte de la transmisión sean de marcas de calidad (UNE, EN, CEI, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que sus características mecánicas se ajustan a la normativa vigente, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI, CE u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista y por lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares. La Dirección Facultativa asimismo podrá exigir muestras de los materiales a emplear y sus certificados de calidad, ensayos y pruebas de laboratorios, rechazando, retirando, desmontando o reemplazando dentro de cualquiera de las etapas de la instalación los productos, elementos o dispositivos que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de su fabricación.

Cuando proceda hacer ensayos para la recepción de los productos o verificaciones para el cumplimiento de sus correspondientes exigencias técnicas, según su utilización, estos podrán ser realizadas por muestreo u otro método que indiquen los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, además de la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, debiendo aportarse o incluirse, junto con los materiales.

El contratista o instalador autorizado entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en idioma español para

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 8 de 40

facilitar su correcta interpretación. Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales, éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

10. CONSIDERACIONES GENERALES

El Ingeniero-Director rechazara todos aquellos componentes de la instalación que no cumplan los requisitos mínimos exigidos, obligando a la empresa suministradora o contratista a sustituirlas o cambiarlas.


El contratista facilitara todos los elementos que componen la transmisión del vigente proyecto, adjuntando fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de cada una de los elementos.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales, con los que se fabricara la instalación, se hará de forma que no queden alteradas sus propiedades mecánicas ni sufran deterioro en sus dimensiones.

11. TIPOS DE TRABAJOS A REALIZAR

Los trabajos a realizar en las instalaciones son:

- Fabricación de los todos los elementos de la transmisión (excepto normalizados) por operarios altamente cualificados en procesos de fabricación como torneado, fresado o cualquier proceso que se necesite para la fabricación de cada componente de la instalación proyectada.
- Montaje de los elementos fabricados en el interior de la carcasa de la multiplicadora, siguiendo las indicaciones y planos de conjunto de la instalación.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 9 de 40

12. COMPROBACIONES INICIALES

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la transmisión coinciden con su desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirá en presencia de la Dirección Facultativa. Se marcará por operario autorizado y en presencia de la Dirección Facultativa la fabricación de cada pieza.

13. RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS, ENSAYOS Y RECEPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA TRANSMISION

13.1. RECONOCIMIENTO DE LAS OBRAS


Previamente al reconocimiento de las partes de la transmisión, el Contratista debe retirar todos los materiales sobrantes, restos (a vertedero autorizado), embalajes, virutas, etc., hasta dejarlas completamente limpias y despejadas. En este reconocimiento se comprobará que todos los materiales coinciden con los admitidos por la Dirección Facultativa en el control previo efectuado antes de su fabricación y que corresponden exactamente a las muestras que tenga en su poder, si las hubiera y, finalmente comprobará que no sufren deterioro alguno ni en su aspecto ni en su funcionamiento.

13.2. PRUEBAS

Después de efectuado el reconocimiento, se procederá a realizar las pruebas y ensayos por parte del Contratista que se indican a continuación con independencia de lo indicado con anterioridad en este Pliego de Condiciones Técnicas.

PRUEBA Y ENSAYOS

Siguiendo los procedimientos indicados por la norma EN 13261 se realizarán las siguientes pruebas a los elementos de la transmisión:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 10 de 40


- Análisis químico por colada
- Contenido en hidrógeno
- Ensayo de tracción mitad de radio.
- Resistencia al choque
- Ensayo de resiliencia
- Examen macrográfico
- Examen micrográfico
- Examen ultrasonidos
- Examen magnetoscópico
- Verificación dimensional

Los ensayos serán realizados por el fabricante y, como consecuencia de ellos, confeccionará los correspondientes documentos, y certificaciones correspondientes a cada eje, referenciando en cada uno de los certificados la norma aplicada para cada uno de ellos.

Otro de los ensayos a realizar será la inspección de soldadura mediante fotografía con el fin de garantizar la correcta unión entre los soportes de las coronas y la carcasa de la multiplicadora.

Una vez ensayados todos los elementos de la transmisión se procederá, una vez realizado el montaje de todo el mecanismo, a su ensayo de funcionamiento como el que se expone a continuación:

- Prueba de funcionamiento mínima de 6 horas.
- Prueba de niveles de vibración con el fin de detectar anomalías.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 11 de 40

- Demostración del correcto funcionamiento del sistema de freno.

Una vez superadas estas pruebas, se procederá a demostrar la disponibilidad de la transmisión durante un mínimo de 96 horas de funcionamiento continuo, puede ser intermitente, pero siempre con velocidad de viento en rango de operación. Si durante esta prueba sucediera algún incidente de relevancia, el Contratista procederá a su reparación inmediatamente y se realizará de nuevo esta prueba desde el comienzo.


El Contratista entregará a la Propiedad un listado completo de las fábricas donde se construyen los materiales y equipos. Para proceder al embarque de materiales y componentes será necesario que todos los ensayos y verificaciones previstos hayan sido ejecutados y que los resultados hayan sido presentados a la Propiedad.

14. GARANTÍAS Y LÍMITES DE LAS GARANTÍAS

El período de garantía mínimo requerido para la transmisión será de dos (2) años y empezará a contar desde la fecha de formalización del Acta de recepción provisional del conjunto fabricado. Si en el transcurso del período de garantía por defectos, por cualquier causa atribuible al Contratista, una parte cualquiera de los equipos tuviera que ser reconstruida, modificada o sustituida, el Contratista prorrogará el período de garantía de la siguiente forma:

- Si el defecto causa indisponibilidad de la transmisión, la prórroga será para todos los elementos y piezas que componen la instalación, por un tiempo igual al tiempo que la transmisión estuvo indisponible, contado a partir de la resolución del defecto.

- Si durante el período de garantía más del 20% del número de un determinado componente de la instalación no cumpliera con las especificaciones dadas, el Contratista deberá demostrar que no se trata de un defecto genérico que pudiera producirse en toda la instalación. En caso contrario, el Contratista deberá volver a diseñar, certificar y reemplazar dicho componente en toda la instalación (multiplicadora, eje de baja, eje de

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 12 de 40

alta, freno,...) en cuyo caso el límite se establece en más de 2 unidades. En cualquier caso, en la instalación diseñada se garantizarán contra cualquier defecto de materiales, funcionamiento o error de diseño y montaje que altere su correcta operación o el comportamiento esperado de sus componentes y que se manifieste dentro del período de garantía.

- La garantía cubre la reparación y reposición de los materiales e instalaciones averiados, los cuales serán sustituidos por otros materiales nuevos, sobre los cuales entrará en vigor un nuevo período de garantía adicional igual al considerado anteriormente (24 meses). Se entiende que esta garantía cubre la mano de obra, así como los medios necesarios para llevar a cabo la reposición.


- El Contratista no será considerado responsable del incumplimiento de alguna de las garantías otorgadas en el presente Pliego de Condiciones a causa de:

- Alteraciones o reparaciones llevadas a cabo por personal no autorizado por el Contratista, a menos que se deba a un incumplimiento de contrato por parte de éste, y en la medida en que resulte necesario, las reparaciones las llevará a cabo un profesional o trabajador estándar de acuerdo con los manuales de operación y mantenimiento.

- El uso de materiales, diagramas o diseños suministrados o estipulados por la Propiedad.

- Las condiciones ambientales, como la temperatura, el viento u otras circunstancias que excedan de los límites descritos en las especificaciones generales de los aerogeneradores, la descripción técnica o las especificaciones del diseño, incluyendo, pero sin limitarse a un número excesivo (más de treinta (30) al año) de fallos de red que provoquen la desconexión de los aerogeneradores.

- Motivos de fuerza mayor.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 13 de 40

- Desgaste y rotura considerados normales. Excepto en los casos estipulados en el presente Pliego de Condiciones, el Contratista no será responsable de ninguna otra pérdida, incluidas pérdidas de producción, pérdidas de beneficios, pérdidas de contratos, pérdidas de permisos y licencias, consentimientos y otras pérdidas resultantes, indirectas o accidentales.


15. RECEPCIÓN DEFINITVA Y ENTREGA O TRANSFERENCIA DE LA TRANSMISION PROYECTADA A LA PROPIEDAD

Antes de proceder a la recepción definitiva de la instalación, se realizará nuevamente un reconocimiento de las mismas, con objeto de comprobar el cumplimiento de lo establecido sobre la conservación y reparación de las obras. Culinado el período de veinticuatro (24) meses contados a partir de la recepción provisional o agotado el período de garantía por defectos, con las extensiones que se hubieran determinado (lo que se cumpla último), ambas partes, con el reconocimiento anteriormente enunciado, elaborarán el “Acta de inspección previa a la recepción definitiva” de la trasmisión.

Posteriormente, una vez subsanados todos los problemas observados durante el período de garantía y se hayan cumplido la totalidad de los términos del contrato, se firmará el “Acta de recepción definitiva de las obras”. Otorgada la recepción definitiva de la obra, la Propiedad autorizará y procederá a la devolución de las garantías de cumplimiento de contrato dentro de los treinta (30) días hábiles siguientes.

La recepción definitiva y la devolución de las garantías al Contratista, no liberan a éste de las responsabilidades que establecen la normativa vigente al respecto La transferencia de propiedad se produce en el momento de la recepción provisional. No obstante, el Contratista será responsable del cuidado y la custodia de los suministros y de las instalaciones o de cualquier parte de ellas hasta la recepción Definitiva.

16. CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 14 de 40

16.1. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA TRANSMISIÓN.

Las labores de mantenimiento de la transmisión se basan principalmente en el seguimiento periódico del funcionamiento para detección y solución de los fallos que desencadenan sus paradas. Con respecto a este seguimiento se establecen tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Éstas son:

- Lubricación de los cojinetes, soportes y rodamientos, lo cual implica un trasiego de los mismos, extremándose las precauciones y medidas de seguridad para evitar derrames de aceites, disolventes o cualquier otro tipo de residuos.

- Sustitución de piezas de los equipos de operación que se encuentren averiados

16.1.1. Mantenimiento correctivo

Son intervenciones no programadas o de emergencia. Las intervenciones de mantenimiento correctivo las realizará personal cualificado para realizar tal fin. El mantenimiento correctivo consiste en el cambio de piezas una vez averiadas, ya sea engranajes, ejes, coronas o cualquier elemento estructural de la instalación.


16.1.2. Mantenimiento preventivo.

Son inspecciones programadas de mantenimiento.

- A los 3 meses: reapriete y comprobación de tornillos.

- Cambio de aceite de la multiplicadora: cada 18 meses.

16.1.3. Eje principal.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 15 de 40

- Lubricación rodamiento principal, frontal/trasero.

- Chequeo de rodamientos.

- Chequeo del par de apriete de los tornillos.

16.1.4. Multiplicadora

- Lubricación general.

- Chequeo par de apriete de los tornillos.

- Chequeo de la holgura de los rodamientos.

- Chequeo fugas de aceite.

- Test de aceite.

16.1.5. Frenos


- Chequeo del par de apriete de los tornillos.

- Chequeo pinzas y pastillas de frenos.

- Chequeo del disco de freno.

- Eje de transmisión.

- Lubricación general.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 16 de 40

16.1.6. Consumibles

Los consumibles que sean necesarios tales como aceites, lubricantes, grasas, filtros, juntas, fusibles, etc., tanto en las inspecciones programadas de mantenimiento como en las intervenciones no programadas. Por ello se dispondrá un almacén, cuya misión será albergar los consumibles necesarios para los trabajos de mantenimiento.

17. CONDICIONES DE INDOLE FACULTATIVO Y LEGALES


17.1. DEL TITULAR DE LA INSTALACIÓN Y SUS OBLIGACIONES

Las comunicaciones del titular a la Administración se podrán realizar empleando la vía telemática (correo electrónico e internet), en aras de acelerar el procedimiento administrativo, siempre y cuando quede garantizada la identidad del interesado, asegurada la constancia de su recepción y la autenticidad, integridad y Conservación del documento.

Cualquier solicitud o comunicación que se realice en soporte papel, se dirigirá al Director General competente en materia y se presentará en el registro de la Consejería competente en materia de instalaciones industriales, o en cualquiera de los lugares habilitados por el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

La inexactitud o falsedad en cualquier dato, manifestación o documento, de carácter esencial, que se acompañe o incorpore a una comunicación previa implicará la nulidad de lo actuado, impidiendo desde el momento en que se conozca, el ejercicio del derecho o actividad afectada, sin perjuicio de las responsabilidades, penales, civiles o administrativas a que hubiera lugar.

En caso de no poseer todos los permisos de paso deberá iniciar la tramitación conjuntamente con la de utilidad pública cuando proceda. Durante la vida útil de la instalación, los propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas de generación, transporte,

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 17 de 40

distribución, conexión, enlace y receptoras deberán mantener permanentemente en buen estado de seguridad y funcionamiento utilizándolas de acuerdo con sus características funcionales. Cuando el titular acredite que dispone de medios técnicos y humanos suficientes para efectuar el correcto mantenimiento de sus instalaciones podrá adquirir la condición de mantenedor de las mismas. En este supuesto, el cumplimiento de la exigencia reglamentaria de mantenimiento quedará justificado mediante la presentación de un Certificado de auto mantenimiento que identifique al responsable del mismo. No se permitirá la subcontratación del mantenimiento a través de una tercera empresa intermediaria.

17.2. OBLIGACIONES DEL TITULAR FRENTE A DETERMINADOS INCUMPLIMIENTOS


El titular o la Propiedad de la transmisión estará obligado a adoptar las medidas correctoras necesarias en el caso de que se incurra en incumplimiento respecto de alguna de las siguientes circunstancias:

- No cumplir las características individuales garantizadas para transmisión mecánica proyectada.

- Mantenimiento inadecuado que afecte al buen funcionamiento de la transmisión o ponga en riesgo a personas o bienes de terceros. En el caso de que en el plazo requerido por la Administración no se adoptasen dichas medidas, se podrá revocar la autorización administrativa para la totalidad de la instalación.

17.3. DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA

El Ingeniero-Director es la máxima autoridad en con respecto a la fabricación y montaje de los componentes de la transmisión proyectada. Con independencia de las responsabilidades y obligaciones que le asisten legalmente, será el único con capacidad legal

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 18 de 40

para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considere justificadas y sean necesarias en virtud del desarrollo de la obra.


En el caso de que la dirección de obra sea compartida por varios técnicos competentes, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente. La dirección facultativa velará porque los productos y equipos que formen parte de la instalación dispongan de la documentación que acredite las características de los mismos, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista, así como las garantías que ostente.

17.4. SUMINISTRADOR

Será aquella entidad o persona física o jurídica, que mediante el correspondiente contrato, realice la venta de alguno de los materiales y/o equipos comprendidos en el presente proyecto. La misma denominación recibirá quien suministre algún material, pieza o elemento no incluido en el presente proyecto, cuando su adquisición haya sido considerada como necesaria por parte del Ingeniero-Director para el correcto desarrollo de los trabajos.

17.5. DE LA EMPRESA FABRICADORA O CONTRATISTA

La empresa instaladora y fabricante o Contratista es la persona física o jurídica legalmente establecida e inscrita en el Registro Industrial correspondiente del órgano competente en materia de instalaciones mecánicas, que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional realiza las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, reparación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones. El Contratista, cuando sea necesaria su actuación o presencia según la contratación o lo establecido en el presente Pliego de Condiciones Generales, podrá ser representado por un Delegado previamente aceptado por parte de la Dirección Facultativa. Este Delegado tendrá capacidad para:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 19 de 40

- Organizar la ejecución de los trabajos y poner en prácticas las órdenes recibidas del Ingeniero-Director.

-Proponer a la Dirección Facultativa colaborar en la resolución de los problemas que se planteen en la ejecución de los trabajos.

Son obligaciones del Contratista:


a) La fabricación de los elementos alcanzando la calidad exigida en el proyecto cumpliendo con los plazos establecidos en el contrato y la legislación aplicable, con sujeción a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

b) Tener la capacitación profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor.

c) Designar al Jefe de fabricación, que asumirá la representación técnica del Contratista y que, con dedicación plena permanecerá en el taller a lo largo de toda la jornada legal de trabajo hasta la recepción de la instalación, así como por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la instalación, el cual deberá cumplir las indicaciones de la Dirección Facultativa, custodiando y firmando el Libro de órdenes, así como los de Seguridad y Salud y el del Control de Calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en los mismos, así como cerciorarse de la correcta instalación de los elementos.

d) Asignar a la fabricación de la instalación los medios humanos y materiales correctos que su importancia requiera.

e) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones del conjunto proyectado dentro de los límites establecidos en el contrato.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 20 de 40

h) Suscribir las garantías previstas en el presente pliego y en la normativa vigente, concertando además los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra. Redactar el Plan de Seguridad y Salud de la instalación en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, vigilando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el trabajo.

k) Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.

m) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la fabricación y coordina las intervenciones de los subcontratistas.


o) Abonar todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de la instalación. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

p) Suscribir con la Propiedad las actas de recepción provisional y definitiva.

q) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

r) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la instalación ejecutada.

s) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el Art. 19 de la L.O.E. (Ley de Ordenación de la Edificación)

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 21 de 40

El Contratista, a la vista del proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Ingeniero-Director. El Contratista tendrá a su disposición el proyecto de Control.

17.6. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DEL INGENIERO-DIRECTOR


Las reclamaciones que el Contratista quiera formular contra las órdenes facilitadas por el Ingeniero-Director, sólo podrá presentarlas ante la Propiedad, y a través del mismo si son de origen económico. Contra las disposiciones de orden técnico o facultativo, no se admitirá reclamación alguna.

Aún así, el Contratista podrá salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero-Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

17.7. TRABAJOS DEFECTUOSOS

El Contratista deberá emplear los materiales señalados en el presente proyecto que cumplan las condiciones generales y particulares de índole técnica del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos, de acuerdo con el mismo, siempre según las indicaciones de la Dirección Facultativa. Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las posibles faltas o defectos que en estos puedan existir por su mala ejecución o por el empleo de materiales de deficiente calidad no autorizados expresamente por el Ingeniero-Director, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones.

18. CONDICIONES DE INDOLE ECONÓMICA

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 22 de 40

18.1. BASE FUNDAMENTAL

Como base fundamental o principio general de estas condiciones económicas, se establece que el Contratista debe percibir, de todos los trabajos efectuados, su real importe, siempre de acuerdo y con sujeción al proyecto y a las condiciones generales y particulares que han de regir la obra.

Asimismo la Propiedad, el Contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.


18.2. GARANTÍA

La Dirección Facultativa podrá exigir al Contratista la presentación de referencias y/o avales bancarios o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de que éste reúne todas las condiciones de solvencia requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato. Asimismo deberá acreditar el título oficial correspondiente a los trabajos que el mismo vaya a realizar.

18.3. FIANZA

La fianza que se exige al Contratista para que responda del cumplimiento de lo contratado, será convenida previamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, entre una de las siguientes fórmulas:

- Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4 por 100 y el 10 por 100 del precio total de contrata.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 23 de 40

- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción. El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares.

A la firma del contrato, el Contratista presentará las fianzas y seguros obligados por Ley, así mismo, en el contrato suscrito entre Contratista y Propiedad se podrá exigir todas las garantías que se consideren necesarias para asegurar la buena ejecución y finalización de la obra en los términos establecidos en el contrato y en el proyecto de ejecución.


18.4. DE SU DEVOLUCIÓN EN GENERAL

La fianza depositada, será devuelta al Contratista, previo expediente de devolución correspondiente, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que se haya acreditado que no existe reclamación alguna contra aquel, por los daños y perjuicios que sean de su cuenta, o por deudas de jornales, de suministros, de materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

El Propietario podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos, etc. En todo caso, esta devolución se practicará dentro de los treinta (30) días naturales, contados éstos una vez ha transcurrido el año de garantía.

18.5. REVISIÓN DE PRECIOS

Para que el Contratista tenga derecho a solicitar alguna revisión de precios, será preceptivo que tal extremo figure expresamente acordado en el contrato, donde deberá especificarse los casos concretos en los cuales podrá ser considerado. En tal caso, el Contratista presentará al Ingeniero-Director el nuevo presupuesto donde se contemple la descomposición de los precios unitarios de las partidas, según lo especificado. En todo caso, salvo que se estipule lo contrario en el contrato, se entenderá que rige sobre este particular el

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 24 de 40

principio de reciprocidad, reservándose en este caso la Propiedad, el derecho de proceder a revisar los precios unitarios, si las condiciones de mercado así lo aconsejaran.

18.6. RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS


Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto, que sirve de base para la ejecución de los trabajos.

Tampoco se le administrará reclamación alguna, fundada en indicaciones que sobre los trabajos se haga en las memorias, por no tratarse estos documentos los que sirven de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales, o errores aritméticos, en las cantidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observase pero no se tendrá en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato.

18.7. DESCOMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Para que el Contratista tenga derecho a pedir la revisión de precios, condición indispensable que, antes de comenzar todas y cada una de las unidades de obra contratadas, reciba por escrito la conformidad del Ingeniero-Director a los precios descompuestos de cada una de ellas, que el Contratista deberá presentarle, así como la lista de precios de salarios o jornales, de materiales y los porcentajes que se expresan en los subapartados del presente artículo.

El Ingeniero-Director valorará la exactitud de la justificación de los nuevos precios, tomando como base de cálculo tablas, bases de datos o informes sobre rendimiento de personal, de maquinaria, de materiales elementales, de precios auxiliares, etc. editadas por entidades profesionales de la Comunidad. Autónoma con facultades para ello, de Organismos Nacionales o Internacionales de reconocida solvencia, etc., desestimando

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 25 de 40

aquellos gastos imputables a la mala organización, improductividad o incompetencia de la Contrata.


18.7.1. Se consideran costes indirectos:

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de trabajo.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de taller, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención de riesgos laborales y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, de combustible, de energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de trabajo.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

18.7.2. Se consideran impuestos indirectos:

Los gastos de instalación de comunicaciones, talleres, comedores, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la instalación y los imprevistos, evaluándose todos ellos en un porcentaje de los costes directos.

18.8. PRECIOS E IMPORTES DE EJECUCIÓN MATERIAL

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 26 de 40

Se entiende por precios de ejecución material, para cada unidad de obra, los resultantes de la suma de los costes directos más los costes indirectos, compuestos por los conceptos de: mano de obra, materiales, transportes, equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud, gastos de combustibles, gastos de energía, gastos de amortización y conservación de la maquinaria utilizada, instalaciones, sistemas y equipos así como gastos de, talleres, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la instalación y los imprevistos. Estos precios no contemplan el Beneficio Industrial.


18.9. PRECIOS E IMPORTES DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Se entenderá por precios de ejecución por Contrata, a la suma de los costes directos, los costes indirectos, los gastos generales y el beneficio Industrial, sobre el cual deberá aplicarse el % de IGIC (Impuesto General Indirecto murciano) que corresponda, aunque este impuesto no forme parte del propio precio. En el caso de que los trabajos a realizar en una obra se contratasen a tanto alzado, se entiende por precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra.

18.10. GASTOS GENERALES Y FISCALES

Se establecerán en un porcentaje calculado sobre los precios de ejecución material, como suma de conceptos tales como:

- Gastos de Dirección y Administración de la Contrata.
- Gastos de prueba y control de calidad.
- Gastos de Honorarios de la Dirección Técnica y Facultativa.
- Gastos Fiscales.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 27 de 40

18.11. GASTOS IMPREVISTOS

Tendrán esta consideración aquellos gastos que siendo ajenos a los aumentos o variaciones en la obra y que sin ser partidas especiales y específicas omitidas en el presupuesto general, se dan inevitablemente en todo trabajo de construcción o montaje de instalaciones, y cuya cuantificación y determinación es imposible efectuar a priori. Por ello, se establecerá una partida fija de un dos por ciento (2%) calculado sobre los precios de ejecución material.

18.12. BENEFICIO INDUSTRIAL

El beneficio industrial del Contratista será el pactado en el contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista. En obras para las Administraciones éste se establecerá en el 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.


18.13. HONORARIOS DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA Y FACULTATIVA

Dichos honorarios, serán por cuenta del Contratista, y se entenderán incluidos en el importe de los gastos generales, salvo que se especifique lo contrario en el contrato de Adjudicación, o sean deducidos en la contratación. Tanto en lo referente a forma de abono como a la cuantía de los mismos, se estará a lo dispuesto en el Decreto 1998/1961 de 19 de octubre de 1961, las normas de aplicación de este decreto contenidas en la Orden de 9 diciembre 1961 y a la normativa del Colegio Oficial correspondiente.

18.14. GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA

Serán por cuenta del Contratista, entre otros, los gastos que a continuación se detallan:

18.14.1. Medios auxiliares:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 28 de 40

Serán por cuenta del Contratista las máquinas y demás medios auxiliares para la debida ejecución y fabricación de los elementos que componen la transmisión mecánica proyectada, no afectando por tanto a la Propiedad, cualquier responsabilidad que por avería o accidente personal pueda ocurrir en las obras por insuficiencia o mal uso de dichos medios auxiliares.

18.14.2. Materiales defectuosos:


Cuando los materiales no fueran de la calidad requerida, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos. A falta de estas condiciones, primarán las órdenes de la Dirección Facultativa.

18.14.3. Ensayos y pruebas

Los gastos de los análisis y ensayos ordenados por la Dirección Facultativa, serán a cuenta del Contratista cuando el importe máximo corresponde al 1% del presupuesto de la instalación, y de la Propiedad si el importe supera este porcentaje.

18.15. PRECIOS CONTRADICTORIOS

Se originan precios contradictorios solamente cuando la Propiedad, a través del Ingeniero-Director, decida introducir nuevas unidades de trabajo o cambios en la calidad de alguna de las inicialmente acordadas, o cuando sea necesario afrontar circunstancias no previstas. A falta de acuerdo y antes de iniciar la obra, los precios de unidades de obra así como los de materiales, equipos, o de mano de obra de trabajos que no figuren en los contratos, se fijarán contradictoriamente entre el Ingeniero-Director y el Contratista, o su representante expresamente autorizado a estos efectos, siempre que a juicio de ellos, dichas unidades no puedan incluirse en el dos por ciento (2%) de gastos imprevistos.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 29 de 40


Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al Banco de Precios o Base de Datos de Unidades de obra de uso más frecuente en la Comunidad Autónoma oficialmente aprobado o adoptado por las diversas Administraciones. El Contratista los presentará descompuestos, de acuerdo con lo establecido en el artículo correspondiente a la descomposición de los precios unitarios del presente Pliego, siendo condición necesaria la aprobación y presentación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra.

18.16. PENALIZACIÓN ECONÓMICA AL CONTRATISTA POR EL INCUMPLIMIENTO DE COMPROMISOS.

Si el Contratista incumpliera con los plazos de ejecución de la fabricación y montaje de los elementos de la instalación, y no justificara debidamente a juicio de la Dirección Técnica la dilación, la Propiedad podrá imponer las penalizaciones económicas acordadas. La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje (tanto por mil) del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija con cargo a la fianza, sin perjuicio de las acciones legales que en tal sentido correspondan.

Dicha indemnización, que deberá indicarse en el contrato suscrito entre Contratista y el Propietario, se establecerá por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra. En el caso de no haberse estipulado en el contrato el plazo de ejecución de las obras, se entenderá como tal el que figura como suficiente en la memoria del proyecto.

Si tampoco se hubiera especificado la cuantía de las penalizaciones, las indemnizaciones por retraso en la terminación de las obras, se aplicarán por lo que esté estipulado a tal efecto en cualquiera de los siguientes casos, siendo el importe resultante descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 30 de 40

- Una cantidad fija durante el tiempo de retraso (por día natural, semana, mes, etc.) desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato.

- El importe de los alquileres que el Propietario dejase de percibir durante el plazo de retraso en la entrega de las obras, en las condiciones exigidas, siempre que se demostrase que los locales diversos están alquilados.


- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.

- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso. La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se convendrá expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del contrato.

18.17. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

El Contratista es el responsable de la ejecución del presente proyecto, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y la reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Ingeniero- Director haya examinado y reconocido la realización de las obras durante la ejecución de las mismas, ni el que hayan sido abonadas liquidaciones parciales. El Contratista se compromete a facilitar y hacer utilizar a sus empleados todos los medios de protección personal o colectiva, que la naturaleza de los trabajos exija.

De igual manera, aceptará la inspección del Ingeniero-Director en cuanto a Seguridad y Salud se refiere y se obliga a corregir, con carácter inmediato, los defectos que se encuentren al efecto, pudiendo el Ingeniero-Director en caso necesario paralizar los trabajos

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 31 de 40

hasta tanto se hayan subsanado los defectos, corriendo por cuenta del Contratista las pérdidas que se originen.

18.18. DERECHO DEL PROPIETARIO A RESCISIÓN DEL CONTRATO


El Propietario podrá rescindir el Contrato de ejecución en los casos escogidos en el capítulo correspondiente a las Condiciones de Índole Económica. y en cualquiera de los siguientes:

- Se declare en bancarrota o insolvencia.
- Desestime o viole cláusulas importantes de los documentos del contrato o instrucciones del Ingeniero-Director, o deje proseguir el trabajo de acuerdo con lo convenido en el Plan de obra.
- Deje de proveer un representante cualificado, trabajadores o subcontratistas competentes, o materiales apropiados, o deje de efectuar el pago de sus obligaciones con ello.

18.19. FORMA DE RESCISIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DE LA PROPIEDAD.

Después de diez (10) días de haber enviado notificación escrita al Contratista de su intención de rescindir el contrato, el Propietario tomará posesión del trabajo, de todos los materiales, herramientas y equipos aunque sea propiedad de la Contrata y podrá finalizar el trabajo por cualquier medio y método que elija.

18.20. DERECHOS DEL CONTRATISTA PARA CANCELAR EL CONTRATO

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 32 de 40

El Contratista podrá suspender el trabajo o cancelar el contrato después de diez (10) días de la notificación al Propietario y al Ingeniero-Director de su intención, en el caso de que por orden de cualquier tribunal u otra autoridad se produzca una parada o suspensión del trabajo por un período de noventa (90) días seguidos y por causas no imputables al Contratista o a sus empleados.

18.21. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO


Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato, las que a continuación se detallan:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En estos dos casos, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tengan derecho aquellos a indemnización alguna

Alteraciones del contrato por las siguientes causas:

- La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del Ingeniero-Director, y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones represente en más o menos el veinticinco por ciento (25%), como mínimo, del importe de aquel o La modificación de unidades de obra. Siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o menos, del cuarenta por ciento (40%) como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del proyecto, o más del cincuenta por ciento (50%) de unidades del proyecto modificadas.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 33 de 40


- La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre una por causas ajenas a la Contrata no se de comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de fianza será automática.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El no dar comienzo la Contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido a mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- La terminación del plazo de la obra sin causa justificada.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

18.22. PLAZO DE ENTREGA DE LAS INSTALACIONES

El plazo de ejecución de las obras será el estipulado en el Contrato firmado a tal efecto entre el Propietario y el Contratista. En caso contrario será el especificado en el documento de la memoria descriptiva del presente proyecto.

18.23. DAÑOS A TERCEROS

El Contratista será responsable de todos los accidentes por inexperiencia o descuidos que sobrevinieran en las instalaciones, donde se ejecuten las obras. Será, por tanto, por cuenta suya el abono de las indemnizaciones a quien corresponda cuando ello hubiera lugar

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 34 de 40

de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de dichas instalaciones.

18.24. DISPOSICIONES LEGALES Y PERMISOS


El Contratista observará todas las ordenanzas, leyes, reglas, regulaciones estatales, provinciales y municipales, incluyendo sin limitación las relativas a salarios y Seguridad Social. El Contratista se procurará de todos los permisos, licencias e inspecciones necesarias para el inicio de las obras, siendo abonadas por la Propiedad. El Contratista una vez finalizadas las obras y realizada la recepción provisional tramitará las correspondientes autorizaciones de puesta en marcha, siendo de su cuenta los gastos que ello ocasione.

El Contratista responde, como patrono legal, del cumplimiento de todas las leyes y disposiciones vigentes en materia laboral, cumpliendo además con lo que el Ingeniero-Director le ordene para la seguridad y salud de los operarios y viandantes e instalaciones, sin que la falta de tales órdenes por escrito lo eximan de las responsabilidades que, como patrono legal, corresponden exclusivamente al Contratista.

18.25. VICIOS OCULTOS Y SANCIONES

Si se constatasen vicios de fabricación, o el empleo de materiales defectuosos o inapropiados, el Contratista deberá corregir, a su cargo, los vicios o defectos constatados, sin lugar a observaciones ni reclamaciones.

Si el Ingeniero-Director tuviese motivos fundados para sospechar de la existencia de vicios de fabricación ocultos podrá ordenar, en cualquier momento, los desmontajes y exámenes tecnológicos que sean necesarios para comprobar si existen efectivamente vicios de fabricación. Los gastos que se ocasionasen, serán de cuenta del Contratista siempre que los vicios existan realmente; en caso contrario serán de cuenta de la Propiedad. El Contratista no podrá negarse a efectuar dichos exámenes.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 35 de 40


Si durante el período de responsabilidad por defectos se encuentra un defecto de diseño, de ingeniería, materiales de los equipos suministrados por el Contratista, este último, en consulta y en acuerdo con el Ingeniero-Director respecto a la corrección apropiada de los defectos y a su propio cargo, reparará, sustituirá o corregirá inmediatamente tales defectos, así como todos los daños a las personas o instalaciones que los mismos hayan causado. Todo importe que el Contratista tuviera que abonar en concepto de derechos de patentes, solicitud y gestión de permisos y licencias se considerará incluido en los precios cotizados. El Contratista deberá indemnizar a la Propiedad por cualquier demanda, daño o perjuicio que ésta sufriese en virtud de haber aquél infringido alguna patente de invención, marcado de homologación o de fabricación, al proveer una parte cualquiera de la obra contratada.

El Contratista acuerda liberar de toda responsabilidad a la Propiedad y al Ingeniero-Director ante cualquier reclamo de terceros respecto a cualquier equipo o parte de equipo fabricado por el Contratista o provisto que infrinja cualquier patente, permiso o licencia.

La Propiedad o titular de la transmisión notificará a la empresa instaladora o Contratista, de inmediato, la recepción de cualquier reclamación que se formulase en su contra y facilitará al Contratista la información del caso para responderle. El Contratista, procederá a:

- 1) Intentar un acuerdo con el reclamante o contestar la pretensión, y en su caso, asumir el pago de toda cuantía a la que fuere condenada la Propiedad en juicio que se entablase por los conceptos de derechos de patentes, permisos y licencias vinculados a la obra contratada.
- 2) Obtener para la Propiedad el derecho a continuar usando el equipo, o modificarlo de forma que cese la infracción, o en defecto de lo anterior, reemplazar el equipamiento por otro que se encuentre en situación regular.

En los casos anteriores, el equipamiento resultante deberá satisfacer nuevamente todas las especificaciones técnicas del presente Pliego de Condiciones. Lo expuesto anteriormente

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 36 de 40

no exime a la Propiedad o titular del arque eólico a formular las reclamaciones que correspondieran por los daños o perjuicios ocasionados por los motivos indicados.

Las salidas temporarias que deban efectuarse por desperfectos o errores en materiales, hasta la Recepción Definitiva, deberán ser tramitadas por el Contratista siendo de su cargo todos los gastos que se devenguen.

El Contratista deberá proceder a su cargo, a la limpieza final y a la retirada de todas las instalaciones provisionales que hubiese construido.

El Contratista incurrirá en retraso por el solo incumplimiento de cualquiera de las obligaciones contraídas, sin necesidad de interpelación judicial ni privada.


18.25.1. Límite de las sanciones económicas

El total de las multas aplicadas, incluyendo las sanciones económicas por incumplimientos de características técnicas garantizadas, no será superior a:

- Quince por ciento (15%) del precio del contrato, por retaso en la entrega de la instalación.
- Quince por ciento (15%) del precio del contrato por incumplimientos de desempeño.
- Veinte por ciento (20%) del precio del contrato por incumplimiento simultáneo por retraso en la entrega y por desempeño.

18.26. RESPONSABILIDAD CIVIL

El Contratista deberá tener cubierta la responsabilidad civil en que pueda incurrir cada uno de sus empleados y subcontratistas dependientes del mismo, extremo que deberá

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 37 de 40

acreditar ante el Propietario, dejando siempre exento al mismo y al Ingeniero- Director de cualquier reclamación que se pudiera originar.


En caso de accidentes ocurridos con motivo de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto en estos casos por la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento. El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad y salud que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar en lo posible accidentes a los operarios o a los viandantes, en todos los lugares peligrosos de la obra. Asimismo, el Contratista será responsable de todos los daños que por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la zona donde se llevan a cabo las obras, como en las zonas contiguas.

Será por tanto, de su cuenta, el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

18.27. CONSIDERACIONES APLICABLES DURANTE LA EJECUCION

Como mínimo será las que se redactan a continuación:

- El mantenimiento de la zona de trabajo en buenas condiciones de orden y limpieza.
- La correcta elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- Manipulación adecuada de los distintos materiales y utilización de los medios auxiliares.


 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 38 de 40

- El mantenimiento, el control previo a la puesta en marcha y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

18.28. DISPOSICIONES MÍNIMAS A APLICAR EN LA FABRICACION DE LA INSTALACION

Estas disposiciones deberán ser respetadas rigurosamente a lo largo de toda la ejecución de la obra, como mínimo se tendrán en cuenta las siguientes:

- El responsable de Trabajos debe comprobar, bajo su responsabilidad, si se cumplen las Prescripciones de Seguridad, cerciorándose de que las condiciones de trabajo sean seguras, de que se emplean las protecciones necesarias y el equipo de seguridad apropiado, y de que las herramientas, materiales y equipos, tanto de trabajo como de seguridad y primeros auxilios, están en debidas condiciones.

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 39 de 40

- El responsable de Trabajos debe asegurarse de que todos los operarios comprenden plenamente la tarea que se les ha asignado.

- Todo operario debe dar cuenta a su superior de las situaciones inseguras que observe en su trabajo, y advertirle del material o herramienta que se encuentre en mal estado.

- Sé prohíbe consumir bebidas alcohólicas en el trabajo.

- No se permiten bromas, juegos, etc., que puedan distraer a los operarios en su trabajo.

18.29. TIPOS DE TRABAJO E INSTRUCCIONES

Se describirán cada uno de los trabajos en la ejecución del parque eólico, indicando las instrucciones, útiles y medidas de seguridad a emplear en cada uno de ellos, de tal manera que se realicen de forma segura y salubre. Se pueden agrupar como se describe a continuación:

- Trabajos de fabricación de maquinaria tales como ejes, engranajes,....


- Trabajos de transporte, acopio y montaje de de los elemento de la trasmisión mecánica.

- Trabajos de soldadura.

- Trabajos de mantenimiento industrial.

18.30 EMPLEO Y CONSERVACIÓN DEL MATERIAL DE SEGURIDAD

En este apartado se reflejarán las condiciones que debe reunir todo el material de seguridad, así como explicar su correcto empleo, entre ellos, estarán los que se describen a continuación:

 UPCT E.T.S.I.I.	PLIEGO DE CONDICIONES DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 40 de 40

- Casco de seguridad frente a choques.
- Gafas de protección frente penetración de cuerpos.
- Gafas de protección para soldar.
- Guantes de seguridad aislante para trabajos eléctricos, adecuados al nivel de tensión de empleo.
- Guantes de protección mecánica.
- Botas de protección.
- Banqueta, alfombrilla y pértiga aislante.
- Dispositivos de puesta a tierra temporal.



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 41 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 42 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 43 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 44 de 40



UPCT
E.T.S.I.I.

PLIEGO DE CONDICIONES

DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO

Realizado por: R.V.S. Fecha:
27-10-2011

Revisión(0)

Hoja 45 de 40



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento Nº 4: PRESUPUESTO

El ingeniero técnico industrial,


Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011

RUBEN VICENTE SEVILLA

ÍNDICE

1. Chavetas.....	Pág. 1
2. Rodamientos.....	Pág. 1
3. Soportes rodamientos.....	Pág. 2
4. Acoplamientos y freno.....	Pág. 2
5. Tornillería.....	Pág. 2
6. Metalurgia.....	Pág. 3
7. Mano de Obra y Costes indirectos.....	Pág.3
8. Resumen del presupuesto.....	Pág. 4


 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 1 de 4

1.- CHAVETAS

Unidad de medida		Unidades	Precio unitario	Total Partida
Ud	Chaveta DIN 6886 80x40x320	1,000	53,85	53,85
Ud	Chaveta DIN 6886 40x22x120	1,000	14,78	14,78
Ud	Chaveta DIN 6886 40x22x400	1,000	35,45	35,45
Ud	Chaveta DIN 6886 22x14x200	1,000	4,57	4,57
Ud	Chaveta DIN 6886 22x14x100	1,000	2,62	2,62
TOTAL				111,27 €

2.- RODAMIENTOS

Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
Ud	Rodamiento de rodillos cónicos SKF HM 26644/410	1,000	5536,75	5536,75
Ud	Rodamiento de rodillos cilíndricos SKF NCF 2976 CV	1,000	7260,50	7260,50
Ud	Rodamiento de rodillos cilíndricos SKF NCF 3034 CV	6,000	2064,25	12385,5
Ud	Rodamiento de bolas rígidas SKF 6332 M	1,000	3990,24	3990,24
Ud	Rodamiento de rodillos cilíndricos SKF NCF 3036 CV	6,000	2425,65	14553,9
Ud	Rodamiento de bolas rígidas SKF 6417	1,000	974,77	974,77
TOTAL				44701,66 €

 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 2 de 4

3.- SOPORTES RODAMIENTOS


Marca	Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
2	Ud	Soporte rodamiento SKF 45210/410	1,000	1050,20	1050,20
16	Ud	Soporte rodamiento SKF 29645/310	1,000	845,30	845,30
TOTAL					1895,50 €

4.-ACOPLAMIENTOS Y FRENO

Marca	Unidad de medida		Unidades	Precio unitario	Total Partida
1	Ud	buje de sujeción modelo ETP HICON – F380	1,000	580,90	580,90
-	Ud	acoplamiento semiflexible RB 1.15 RENOLD	1,000	240,75	240,75
9	Ud	Freno TWIFLEX XSH 9.6	1,000	670,75	670,75
TOTAL					1492,40 €

5.- TORNILLERIA

Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
Ud	Tornillo de Acero Inoxidable 321 M50 x 100 con arandela mas tuerca	16,000	1.20	19,20
Ud	Tornillo de Acero Carbono M40 x 100 más arandela más tuerca	2,000	0.90	1,80
Ud	Tornillo prisionero de Acero Carbono M80x120	6,000	1.30	7,80
TOTAL				28,80 €


 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 3 de 4

6.- METALURGIA

Marca	Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
15	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	1735,68	0,945	1640,20
10	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	53,22	0,945	50,30
12	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	268,80	0,945	254,10
13	Kg	Acero AISI 9255 Q&T 400	2509,10	1,085	2722,35
5	Kg	Acero AISI 9255 Q&T 400	42462,80	1,085	46072,05
3	Kg	Acero AISI 9255 Q&T 400	5184,00	1,085	5624,64
8	Kg	Acero AISI 4130 WQT 700	867,84	1,0164	882,07
7	Kg	Acero AISI 4130 WQT 700	12234,24	1,0164	12434,88
6	Kg	Acero AISI 4130 WQT 700	1367,04	1,0164	1389,46
14	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	5836,8	0,945	5515,78
11	Kg	Acero AISI 3140 OQT 1000	2542,08	0,945	2402,26
4	Kg	Acero AISI 1050 estirado en frio	33623,04	0,738	24813,80
TOTAL					103801,89 €

7.- MANO DE OBRA Y COSTES INDIRECTOS

Unidad de medida	Descomposición	Unidades	Precio unitario	Total Partida
h	Oficial 1ª Tornero	70,000	50,00	3500,00
h	Oficial 1ª fresador	90 ,000	35,00	3150,00
h	Oficial 1ª Soldador	16,000	27,00	432,00
h	Peón ordinario Soldador	16,000	18,00	288,00
h	Montador	40,000	22,00	880,00
h	Ayudante Montador	40,000	12,75	510,00
%	Medios auxiliares	12,000	8760,00	1051,2
%	Costes indirectos	8,000	3250,00	260,00
TOTAL				10071,20 €

 UPCT E.T.S.I.I.	PRESUPUESTO DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO	Realizado por: R.V.S. Fecha: 27-10-2011	
		Revisión(0)	Hoja 4 de 4

8.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1. Chavetas.....	111,27€
2. Rodamientos.....	44701,66 €
3. Soportes rodamientos.....	1895,50 €
4. Acoplamientos y freno.....	1492,40 €
5. Tornilleria.....	28,80 €
6. Metalurgia.....	103801,89 €
7. Mano de obra y costes indirectos.....	10071,20 €

TOTAL: 162.102,72 €

El presupuesto total asciende a **ciento sesenta y dos mil ciento dos euros con setenta y dos céntimos, 162.102,72 €**

El Ingeniero Técnico Industrial

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA INDUSTRIAL.**

Proyecto de:

**DISEÑO DEL CONJUNTO EJE – ACOPLAMIENTO – REDUCTORA
EPICICLOIDAL DE UN AEROGENERADOR EOLICO**

Documento N° 2: PLANOS

El ingeniero técnico industrial,

Rubén Vicente Sevilla

Cartagena, 27 de Octubre de 2011

RUBEN VICENTE SEVILLA

ÍNDICE

-Conjunto transmisión (001).....	Hoja. 1
-Conjunto 1ª etapa epicicloidal (002).....	Hoja. 2
-Conjunto 2ª etapa epicicloidal (003).....	Hoja. 3
-Corona 1ª etapa (004).....	Hoja. 4
-Corona 2ª etapa (005).....	Hoja. 5
-Eje de baja velocidad(006).....	Hoja. 6
-Eje de alta velocidad (007).....	Hoja. 7
-Eje intermedio (008).....	Hoja. 8
- Planeta 1ª etapa (009).....	Hoja. 9
- Planeta 2ª etapa (010).....	Hoja. 10
-Portasatelites 1ª etapa (011).....	Hoja. 11
- Portasatelites 2ª etapa (012).....	Hoja. 12
-Sol 1ª etapa (013).....	Hoja. 13
-Sol 2ª etapa (014).....	Hoja. 14
-Carcasa (015).....	Hoja. 15
-Soporte 1ª corona (016).....	Hoja. 16
-Soporte 2ª corona (017).....	Hoja. 17