

emeri ta zabal 2020



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO ATALA

SECCIÓN INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

--

FDO.: FECHA:	FDO.: FECHA:
-----------------	-----------------



## **Resumen**

### Índice del Resumen

<b>1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO</b> .....	1
<b>2. DATOS DE PARTIDA</b> .....	1
<b>3. RESULTADOS</b> .....	3
<b>3.1. Eje de baja velocidad, etapas multiplicadoras y alta velocidad</b> .....	3
<b>3.2. Engranajes</b> .....	3
<b>3.3. Chavetas</b> .....	3
<b>3.4. Rodamientos de eje</b> .....	3
<b>3.5. Rodamiento de orientación</b> .....	3
<b>3.6. Sistema de frenado</b> .....	4
<b>4. PLANOS</b> .....	5
<b>5. PRESUPUESTO</b> .....	6
<b>6. Normas y Referencias</b> .....	8
<b>6.1. Bibliografía</b> .....	8
<b>6.2. Catálogos</b> .....	9

## **RESUMEN**

### **1. OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO**

El objeto de este trabajo es el estudio del molino Infante y la reconstrucción de la transmisión utilizando acero y elementos mecánicos actuales. La idea es mantener la estética original (véase estructura y palas) mejorando la maquinaria oculta en el interior a base de tecnologías más modernas y eficientes.

Para este fin el Trabajo Fin de Grado se basará en los datos recogidos sobre dicho molino en la Tesis Doctoral “Estudio histórico-tecnológico y representación gráfica de los molinos de viento de La Mancha, en la España de los siglos XVI al XIX, mediante técnicas de dibujo asistido por ordenador (DAO)” de D. Enrique Pérez Martín.

El molino a rediseñar tiene una potencia de 4320 KW funcionando las piedras de moler a una velocidad de 30 rpm. La velocidad media anual del viento es de 5 m/s haciendo girar el rotor a 6 rpm.

La finalidad del proyecto es el diseño y cálculo de la transmisión del molino. Se trata del conjunto de elementos mecánicos encargados de la transmisión del par tursor generado por el viento en el rotor hasta las piedras volanderas originales que se sitúan en el eje de salida. Los elementos que conforman esta transmisión son el eje de baja velocidad, el eje de alta velocidad, el conjunto multiplicador conformado por dos ejes y dos ejes y dos conjuntos de engranajes, el engranaje cónico encargado de transmitir el par tursor de la salida del conjunto multiplicador al eje vertical, rodamientos y otros elementos secundarios como anillos y chavetas.

También se diseñara el rodamiento encargado de permitir el giro de la caperuza permitiendo la orientación del rotor a la dirección del viento.

No se realizarán el estudio ni de las palas ni de las piedra de moler originales para conservar su estética. Por ello el cálculo se realizará a partir de la potencia y la velocidad obtenida da la tesis arriba citada.

### **2. DATOS DE PARTIDA**

Éstos son los datos de partida de los que disponemos para la realización de este proyecto:

- Potencia del molino: 4320 W / 5,87 CV.
- Velocidad del viento: la localización es la Sierra de los Molinos (Campo de Criptana), donde la velocidad media anual del viento oscila alrededor de los 5 m/s donde la media mínima es 2,3 m/s y la máxima 6,2 m/s. La velocidad máxima del viento permitida estaba entorno a los 7 m/s.
- Tipo de pala: se mantendrá el estilo original de superficie alabeada citado en el apartado anterior, con un radio de 8 metros.
- Velocidad de giro del rotor: 6 rpm.
- Altura del molino: 12 metros medidos desde el suelo hasta el rotor.
- Velocidad angular de la piedra volandera: 30 rpm.
- Caja multiplicadora: relación de 1:5.

### **3. RESULTADOS**

En este apartado se especifican los métodos de cálculos empleados para el diseño de los diferentes componentes que forman la transmisión del molino y la orientación:

#### **3.1. Eje de baja velocidad, etapas multiplicadoras y alta velocidad**

El eje de baja velocidad, los ejes de las etapas multiplicadoras y el eje de alta velocidad (eje vertical) se han calculado a fatiga mediante la expresión del código ASME. También se han estudiado sus deflexiones y vibraciones. Se han utilizado perfiles macizos con la finalidad de disminuir su diámetro.

#### **3.2. Engranajes**

Los engranajes que componen la etapa multiplicadora han sido calculados a desgaste y rotura mediante las expresiones de Hertz y Lewis. Los engranajes cónicos han sido calculados siguiendo las expresiones de cinemática y dinámica de máquinas.

#### **3.3. Chavetas**

Las chavetas que forman parte del proyecto han sido estudiadas a cortante y a aplastamiento según las expresiones de resistencia de materiales.

#### **3.4. Rodamientos de eje**

Todos los rodamientos de los ejes se han calculado siguiendo las expresiones matemáticas de los catálogos empleados, en este caso Timken.

#### **3.5. Rodamiento de orientación**

El rodamiento encargado de la orientación del rotor se ha diseñado siguiendo las expresiones del catálogo empleado, en este caso de Rothe Erde.

### **3.6. Sistema de frenado**

El cálculo del sistema de frenado se ha llevado a cabo empleando las expresiones y elementos comerciales del catálogo empleado, en este caso de la empresa Svendborg Brakes.

## **4. PLANOS**

Los planos que forman parte del Trabajo Fin de Grado son los siguientes:

- 1- Conjunto de la transmisión.
- 2- Eje de baja velocidad.
- 3- Primer eje multiplicador.
- 4- Segundo eje multiplicador.
- 5- Eje vertical (alta velocidad).
- 6- Engranaje primera etapa multiplicadora.
- 7- Piñón primera etapa multiplicadora.
- 8- Engranaje segunda etapa multiplicadora.
- 9- Piñón segunda etapa multiplicadora.
- 10-Disco de freno.

## **5. PRESUPUESTO**

En el siguiente apartado se indicarán los diferentes presupuestos parciales y el presupuesto final del proyecto:

### **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

6.1. MATERIALES.....	4.881,91 €
6.2. MECANIZADO.....	1.880 €
6.3. MONTAJE.....	720 €
6.4. TRANSPORTE Y MAQUINARIA.....	1.500 €
6.5. INGENIERÍA.....	10.800 €

**TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.....19.781,91 €**

Asciende el presente presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de:

**DIECINUEVE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y UNO CON NOVENTA Y UN EUROS**

### **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA**

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	19.781,91 €
GASTOS GENERALES (13%).....	2571,64 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (10%).....	1978,19 €
TOTAL.....	24331,74 €

IVA (21%).....5.109,66 €

**TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA.....28.485,95 €**

Asciende el presente presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de:

**VEINTIOCHO MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CINCO CON NOVENTA Y CINCO EUROS**

**PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO**

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA..... 28.485,95 €  
PROYECTO (5%).....1.424,29 €  
DIRECCION DE OBRA (6%).....1.709,15 €

**TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA.....31.619,40 €**

Asciende el presente presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de:

**TREINTA Y UN MIL SEISCIENTOS DIECINUEVE CON CUATRO EUROS**

## **6. NORMAS Y REFERENCIAS**

### **6.1. Disposiciones legales y normativas**

- UNE-157001-2002: "Criterios generales para la elaboración de proyectos".
- UNE-EN 61400-2:2006: "Aerogeneradores. Parte 2: Requisitos de diseño de pequeños aerogeneradores."
- UNE-1027:1995: "Dibujos técnicos. Plegado de planos."
- DIN 6885: "Dimensiones de las chavetas."
- DIN 471: "Características en anillos de seguridad."
- Código Técnico de la Edificación DB-SE-A Documento Básico Seguridad Estructural Acero

### **6.2. Bibliografía**

- **Pérez Martín, E.** "Estudio histórico-tecnológico y representación gráfica de los molinos de viento de La Mancha, en la España de los siglos XVI al XIX, mediante técnicas de dibujo asistido por ordenador (DAO)". Universidad politécnica de Madrid. Madrid, 2008.
- **Abasolo Bilbao, M., Navalpotro Cuenca, S., Iriondo Plaza, E.** Diseño de máquinas. UPV-EHU. Bilbao. 2015
- **Angulo, C., López de Lacalle, LN., Agirrebeitia, J., Pinto, C.** Elementos de máquinas. UPV-EHU. Bilbao, 2007.
- **Cortizo Rodríguez, JL., Fernández Rico, JE., Fernández Rodríguez, M<sup>a</sup>R., Rodríguez Ordóñez, E., Sierra Velasco, E., Vijande Díaz, R.** Elementos de máquinas. Teoría y problemas. Universidad de Oviedo. Oviedo, 2010.
- **Mazuecos, R.:** Hombres, lugares y cosas de La Mancha. Alcázar de San Juan, 1971.

- **Fernandez-Layos de Mier, JC.**, El molino de viento y su evolución tipológica en Consuegra. Rodríguez. Consuegra, 1985.
- **Fernandez-Layos de Mier, JC.**, Los molinos de la Mancha. I.P.I.E.T. Toledo, 1988
- **Velasco Blazquez, JM.**, Molinos de viento harineros en la provincia de Albacete. Diputación de Albacete. Albacete, 1990.

### **6.3. Catálogos**

- Perfiles tubulares del Grupo ALMESA.
- Barras de acero al carbono de Aceros OTERO.
- Rodamientos de la empresa SKF.
- Rodamientos de la empresa TIMKEN.
- Rodamientos de la empresa NSK.
- Chavetas de la empresa OPAC.
- Anillos de retención de ROTOR CLIP.
- Rodamientos de vuelco de ROTHE ERDE
- Frenos Svendborg Brakes

### **6.4. Otras referencias**

- <https://www.campodcriptana.info/>
- <https://addi.ehu.es/>
- <http://oa.upm.es/>
- <http://www.sierterm.es/tiki-index.php>

- <http://www.mapama.gob.es/es/>
- <http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>
- [http://servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/)
- <http://www.redalyc.org/home.oa>
- <http://www.acerosotero.cl/>
- <https://www.timken.com/es/>
- <http://www.skf.com/es/index.html>
- <http://www.opac.net/>
- <https://www.rotorclip.com/es/>
- <http://www.svendborg-brakes.com/>