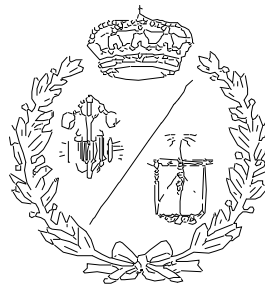


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Proyecto / Trabajo Fin de Carrera*

**REHABILITACIÓN DEL MOLINO ‘LOS OBESOS’**

(REHABILITATION OF MILL 'Los Obesos')

Para acceder al Título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Autor: Nieves Fernández Sainz

Julio-2015

### INDICE GENERAL:

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| DOCUMENTO N°1:MEMORIA.....                         | 4   |
| Anejo 1.Características generales.....             | 39  |
| Anejo 2.Cálculos hidrológicos .....                | 43  |
| Anejo 3. Viabilidad producción-inversión .....     | 70  |
| Anejo 4.Equipamiento de la turbina .....           | 85  |
| Anejo 5 .Datos de partida.....                     | 127 |
| Anejo 6.Análisis económico .....                   | 135 |
| Anejo 7.Estructuras hidráulicas y obra civil ..... | 147 |
| Anejo 8.Equipamiento electromecánico .....         | 174 |
| Anejo 9 .Centro de transformación.....             | 197 |
| Anejo 10.Estudio de seguridad y salud .....        | 219 |
| Anejo 11. Estudio de impacto ambiental .....       | 264 |
| Anejo 12.Planificación de Obras .....              | 283 |
| Anejo 13 Tramitaciones administrativas.....        | 288 |
| DOCUMENTO N°2: PLANOS .....                        | 297 |
| DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES .....         | 315 |
| DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO .....                   | 366 |

## **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

---

## DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| DOCUMENTO 1: MEMORIA .....                                                                    | 4  |
| 1 TITULO: .....                                                                               | 6  |
| 2 DESTINATARIO.....                                                                           | 6  |
| 3 EMPLAZAMIENTO.....                                                                          | 6  |
| 4 OBJETO DEL PROYECTO .....                                                                   | 6  |
| 5 ALCANCE .....                                                                               | 7  |
| 6 GENERALIDADES:.....                                                                         | 8  |
| 7 ANTECEDENTES Y CONTEXTO HISTÓRICO DEL EDIFICIO:.....                                        | 8  |
| 7.1 Contexto urbanístico del edificio: .....                                                  | 10 |
| 7.2 Rehabilitación del molino para sede de Escuela-Taller de Reinoso y museo hidráulico. .... | 11 |
| 8 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....                                                            | 13 |
| 9 TIPOS DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS .....                                                | 14 |
| 9.1 Centrales de agua fluyente. ....                                                          | 14 |
| 9.2 Centrales a pie de presa.....                                                             | 15 |
| 10 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO .....                                                            | 16 |
| 11 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA.....                                         | 17 |
| 12 NORMATIVA Y REFERENCIAS.....                                                               | 21 |
| 12.1 Normativa aplicada .....                                                                 | 21 |
| 12.2 Bibliografía .....                                                                       | 22 |
| 12.3 Software utilizado .....                                                                 | 23 |
| 12.4 Metodología .....                                                                        | 23 |
| 12.5 Localización.....                                                                        | 24 |
| 13 SOLUCIÓN ADOPTADA.....                                                                     | 25 |
| 14 INFORMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA VERTIENTE:.....                            | 25 |
| 15 INSTALACIONES .....                                                                        | 27 |
| 15.1 Azud.....                                                                                | 27 |
| 15.2 Canal de derivación.....                                                                 | 27 |
| 15.3 Toma de agua .....                                                                       | 28 |
| 15.4 Compuertas .....                                                                         | 28 |
| 15.5 Rejillas .....                                                                           | 29 |
| 15.6 Turbina.....                                                                             | 31 |
| 15.6.1 Especificaciones de la turbina .....                                                   | 31 |
| 15.6.2 Regulación de la turbina.....                                                          | 33 |
| 15.7 Generador.....                                                                           | 33 |
| 15.8 Elementos de regulación, control y protección .....                                      | 33 |
| 15.9 Centro de transformación.....                                                            | 33 |
| 15.10 Transformador .....                                                                     | 33 |
| 15.11 Casa de maquinas.....                                                                   | 34 |
| 15.12 Tubo de descarga .....                                                                  | 35 |

|       |                                       |    |
|-------|---------------------------------------|----|
| 15.13 | Canal de desagüe.....                 | 35 |
| 16    | PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS ..... | 36 |
| 17    | FUNCIONAMIENTO.....                   | 36 |
| 18    | PRESUPUESTO .....                     | 37 |

## **1 TITULO:**

REHABILITACIÓN DEL MOLINO ‘LOS OBESOS’

## **2 DESTINATARIO**

Se presenta este proyecto a título de proyecto fin de carrera a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicaciones de la Universidad de Cantabria con el objetivo de acceder al Título de Ingeniero Industrial

## **3 EMPLAZAMIENTO**

El molino “Los Obesos” encuentra en la zona oeste de la ciudad de Reinosa, en la provincia de Cantabria. El río objeto de estudio es el río Ebro, perteneciente a la confederación hidrográfica del Ebro.

## **4 OBJETO DEL PROYECTO**

El presente proyecto, titulado “REHABILITACIÓN DEL MOLINO ‘LOS OBESOS’” tiene como objeto el estudio de la implantación de una minicentral hidráulica de agua fluyente en la localidad de Reinosa, bajo las condiciones de viabilidad técnica y económica.

La central será de carácter minihidráulica, ya que su potencia será inferior a 10 MW, y aprovechará las instalaciones de un antiguo molino. De esta forma se pretende aprovechar el potencial hidrológico del río Ebro, con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible mediante la generación por medio de fuentes de energía renovables, disminuyendo de esta forma la dependencia de recursos energéticos de origen fósil.

### 5 ALCANCE

El alcance del presente proyecto contempla el desarrollo de la central minihidráulica bajo el estudio en los siguientes aspectos:

- Análisis del recurso hídrico disponible para determinar el modo de funcionamiento más adecuado, seleccionar el equipamiento de la turbina y dimensionar el caudal de funcionamiento.
- Evaluación de la producción eléctrica y su rentabilidad económica.
- Determinación del salto del aprovechamiento a partir del estudio de las pérdidas hidrodinámicas.
- Dimensionado de las conducciones hidráulicas más adecuadas: canal de derivación, cámara de carga, etc. Así como, el dimensionado del azud.
- Dimensionamiento de equipos generadores, así como la elección de los elementos electromecánicos necesarios. Asimismo la evaluación de los automatismos necesarios.
- Planificación de los trabajos a realizar para su construcción.
- Valoración del impacto ambiental de la central hidráulica.
- Estudio de proceso administrativo necesario para la ejecución del proyecto.

Por el contrario, no se encuentran contemplados dentro del alcance del proyecto los cálculos estructurales relativos a la obra civil de la edificación ni del azud, aunque las formas y dimensiones de dicha instalaciones sí son descritas en proyecto y se muestran en los planos.

Tampoco se encuentra dentro del alcance del proyecto el dimensionado de los conductores eléctricos y sus protecciones tanto en baja como en alta tensión.

### 6 GENERALIDADES:

A continuación se enumeran brevemente una serie de puntos por los que se considera ventajoso e inconveniente el desarrollo e instalación de mini centrales.

Las ventajas de las centrales hidroeléctricas son:

- No necesitan combustibles y son limpias.
- Muchas veces los embalses de las centrales tienen otras utilidades importantes: el regadío, como protección contra las inundaciones o para suministrar agua a las poblaciones próximas.
- Tienen costes de explotación y mantenimientos bajos.
- Las turbinas hidráulicas son de fácil control y tienen unos costes de mantenimiento reducido.
- En contra de estas ventajas podemos enumerar los inconvenientes siguientes:
- El tiempo de construcción es, en general, más largo que el de otros tipos de centrales eléctricas.
- La generación de energía eléctrica está influenciada por las condiciones meteorológicas y puede variar de estación a estación.
- Los costes de inversión por kilovatio instalado son elevados.
- En general, están situadas en lugares lejanos del punto de consumo y, por lo tanto, los costes de inversión en infraestructuras de transporte pueden ser elevados.

### 7 ANTECEDENTES Y CONTEXTO HISTÓRICO DEL EDIFICIO:

El molino harinero de los Obesos se localiza en la ribera del Ebro, a su paso por el casco urbano de Reinosa, en la zona oeste de la ciudad. Aunque no se tienen referencias exactas de la fecha de construcción, se puede precisar que ya funcionaba en la época de revitalización de las industrias de la molturación (1830-1840). Ahora es propiedad municipal y a finales del siglo XX fue

rehabilitado sobre un proyecto de Fernando Gutiérrez Polanco y Emeterio Díez para albergar los juzgados, el registro civil y una oficina del Inem.

El edificio presentaba una estructura típica de los molinos harineros. En la primera planta se localizaba la turbina principal y los molinos trituradores así como, los almacenes. En la segunda planta se ubicaban las maquinas tamizadoras para la obtención de harinas de diferentes clases.

El molino a lo largo de su existencia utilizó los sistemas de molienda. El prototipo tradicional se caracterizaba por el uso de una turbina primitiva y piedras de molienda. Este prototipo se innovó con el sistema D'Averio durante el último tercio del siglo XIX, introduciendo dos novedades: perfeccionamiento de la transmisión mediante un conjunto de poleas metálicas y sustitución de las piedras por rodillos metálicos.

En la actualidad, el molino de los Obesos es un vestigio que evoca la importancia de la industria harinera: la molturación y la carretería constituyeron el núcleo de la actividad económica de la comarca campurriana durante gran parte del siglo XIX. Durante el segundo tercio del siglo XIX, surgen múltiples establecimientos harineros en los cursos de los ríos Pas, Besaya, Ebro y Pisuerga. En 1845, existían 26 fábricas de territorio montaños, con una capacidad de molturación aproximada a los 4.000.000 de fanegas de trigo. En este contexto, Reinosa se había convertido en el almacén de trigo, y la harina castellanos: en el partido judicial se localizaban 16 molinos, con una capacidad de producción de 4.260 fanegas diarias, que suponían un 60% de la fabricación provincial.

La comarca campurriana actuaba como enlace en la relación comercial entre castilla y el puerto de Santander, en este sentido, su estabilidad económica dependía del éxito del sistema mercantil-colonialista, durante la etapa de auge (1830—1866).La pujanza comercial de Santander se cimento en una legislación comercial proteccionista, el aumento de la producción agraria y la incidencia positiva de la primera guerra Carlista. Esta situación cambio en la década de los años 60, la estructura comercial Santanderina comenzó a mostrar sus debilidades.

El estacionamiento y la depresión se fundamenta en una serie de factores: pérdida de la capacidad productiva de Castilla, aparición de un nuevo centro

productor de cereales(La mancha), la restauración de los flujos comerciales cerealícolas por el funcionamiento de nuevas vías ferradas de comunicación y, finalmente, la perdida de las colonias en 1898.

Durante el siglo XX, la industrial harinera languidece: Santander ya no es una plataforma de redistribución de los productos castellanos y antillanos. Esta situación de postración solo será interrumpida por circunstancias excepcionales: la satisfacción de la demanda interna durante las dos guerras mundiales y su construcción, durante la posguerra española, a la política económica autártica, con la molturación de trigo argentino.

Durante 1952, en un contexto de liberación económica, se dicta una orden para la racionalización de la producción harinera. Acogiéndose a esta normativa, varios molinos paralizan su actividad, unos de ellos será el molino de los Obesos.

### **7.1 Contexto urbanístico del edificio:**

La Ribera del Ebro en Reinosa no presenta en la actualidad una imagen continua y homogénea. En los extremos se desarrollan usos agrarios y, por el contrario, en el tramo central el río se caracteriza por el progresivo encajonamiento del río como canal oculto de la ciudad, al existir edificaciones que llegan hasta el mismo borde del río.

El estado actual es el resultado del proceso de configuración de la ciudad en el que el río no constituyó un elemento urbano significativo. Con objeto de modificar esta situación, el Plan General plantea como criterio general, en el marco de una política medio-ambiental, el conceder al río Ebro la debida importancia como espacio lineal estructurante de la ciudad, protegiendo su cauce de edificaciones y vertidos directos al mismo, reforzando un sistema general de espacios libres de la ribera del Ebro a su paso por la zona residencial creando un corredor central libre y de uso público que devuelva al río Ebro su importancia como eje estructurante y de atracción del conjunto residencial que perderá con ello parte de su tendencia a la linealidad.

### **7.2 Rehabilitación del molino para sede de Escuela-Taller de Reinosa y museo hidráulico.**

A finales de los años setenta el molino se incendió y hasta finales de los años ochenta no se procedió a su rehabilitación, el viejo caserón de piedra fue remodelado añadiéndole una moderna fachada de muros acristalados. Igualmente, la finca que lo rodeaba ha sido transformada en un parque público (el parque del Obeso), con un paseo que discurre a lo largo del antiguo canal.



*Detalle del molino de los Obesos antes del incendio (1970)*



*Foto actual del molino de los Obesos*

Como se puede apreciar en las fotos proporcionadas anteriormente, es evidente la gran repercusión que la rehabilitación del molino tuvo en la imagen completa del paseo. Como una recomendación precia y teniendo presente la correlación entre programa y forma, las decisiones del proyecto en la rehabilitación se hubieron de basar preferentemente en una vuelta al aspecto más genuino del molino. Con ello, se podría garantizar la ejemplaridad de una de las piezas más singulares del patrimonio arqueológico industrial, y a la vez plantear con libertad la reconstrucción de una edificación (sede de Escuela-Taller) que, sin perturbar sustancialmente la imagen básica, permita el mejor uso del centro.

Ambos criterios, de rigor y libertad, apoyaría la generación de vida urbana que la Escuela y Mueso, en su forma y uso pueden provocar. La propuesta se estableció, por tanto, en dos niveles:

- Restaurar la estructura básica del molino histórico inicial.
- Asumir una variabilidad obedeciendo al uso requerido en ese momento por la Escuela-Taller.

### 8 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Existe una concienciación cada vez mayor sobre los efectos medioambientales que conlleva el actual sistema de desarrollo económico, como son el cambio climático, la lluvia ácida o el agujero de la capa de ozono. Las sociedades modernas, que sustentan su crecimiento en un sistema energético basado principalmente en la obtención de energía a través de combustibles fósiles, se inclinan cada vez más hacia la adopción de medidas que protejan nuestro planeta. Así lo reflejan las actuales políticas nacionales y los acuerdos y tratados internacionales que incluyen como objetivo prioritario un desarrollo sostenible que no comprometa los recursos naturales de las futuras generaciones.

Actualmente las energías renovables han dejado de ser tecnologías caras y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces de cara a cubrir las necesidades de la demanda. Dentro de estas energías renovables se encuentra la energía hidroeléctrica, como principal aliado en la generación de energía limpia y autóctona.

El Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2011-2020 (Plenercan 2011-2020) recoge una fuerte apuesta de la Comunidad Autónoma de Cantabria en la generación de energía eléctrica mediante fuentes limpias y renovables. Los objetivos que se marca el Plenercan 2011- 2020 son los siguientes:

- Minimizar las importaciones de energía eléctrica mediante el desarrollo de un sistema eléctrico racional que integre fuentes de generación, consumos y redes de transporte y distribución, de forma que se optimice el saldo eléctrico, económico y la seguridad de suministro de la región.
- Disminución del consumo de energía primaria especialmente mediante la implantación de medidas sectoriales transversales de eficiencia energética y la creación de una cultura social de ahorro energético y sostenibilidad
- Cumplimiento de los marcos normativos europeo y nacional a través de la suponga un impulso decidido a la aplicación de dichos marcos.
- Disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero con un compromiso firme y decidido de la política energética de

- Cantabria con el reto global de disminución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- Impulso al sector energético de Cantabria con objeto de maximizar la creación de riqueza para la sociedad Cántabra como retorno de la aplicación de los objetivos anteriores, mediante el impulso de la industria y el I+D+i regional, en ambos casos, relacionado con el sector energético.

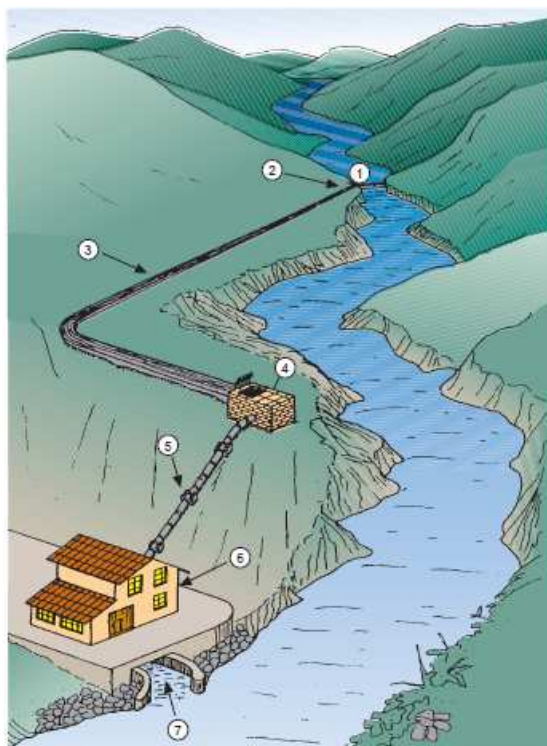
## 9 TIPOS DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Existen dos tipos básicos de minicentrales hidroeléctricas:

- Centrales de agua fluyente
- Centrales a pie de presa

### 9.1 Centrales de agua fluyente.

En estas centrales, el agua a turbinar se capta del cauce del río por medio de una obra de toma, y una vez turbinada, se devuelve al río en un punto distinto al de captación.



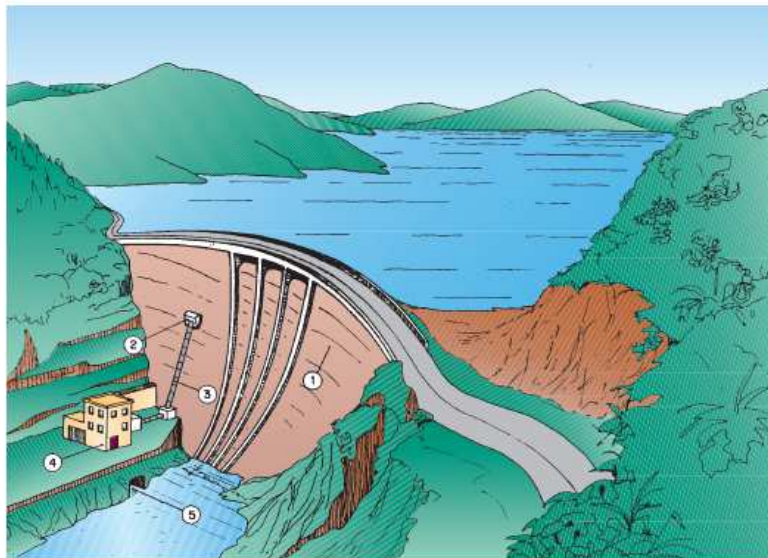
*Esquema de una central de agua fluyente.*

Los elementos principales de estas instalaciones que pueden observarse en la figura anterior son:

1. Azud
2. Toma de agua
3. Canal de derivación
4. Cámara de carga
5. Tubería forzada
6. Edificio con su equipamiento electromecánico
7. Canal de salida

### 9.2 Centrales a pie de presa.

Son centrales con regulación. El agua a turbinar se almacena mediante una presa.



*Esquema de una central a pie de presa.*

Son elementos principales de estas centrales:

1. Presa
2. Toma de agua
3. Tubería forzada
4. Edificio con su equipamiento electromecánico
5. Canal de salida

### 10 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

La energía que desarrolla el agua en el momento del salto entre su nivel superior (canal a cielo abierto superior) e inferior (canal a cielo abierto inferior), la aprovechan las turbinas hidráulicas, activadas por la masa de agua que pasa en su interior, y que transforman la energía potencial del agua en energía mecánica.

La potencia mecánica de la turbina normalmente se utiliza para producir energía eléctrica, conectando el eje de la turbina con un generador de electricidad (alternador), que transforma la energía mecánica en energía eléctrica

En una central hidroeléctrica el agua se canaliza a la cámara de carga colocada en el nivel superior: desde este punto, a través de conductos forzados, el agua se canaliza a la turbina que se encuentra más abajo. La energía del agua, pasando a través de la turbina, determina la rotación del rotor de la turbina misma.

El eje del rotor que gira está conectado al alternador que produce la energía eléctrica. La potencia eléctrica que se puede obtener de una central hidroeléctrica depende de la cantidad de agua canalizada en la turbina, de la altitud del salto, y además del rendimiento eléctrico del generador.

El agua que sale de la turbina es devuelta a su curso original a un nivel más bajo respecto al que fue recogida.

## 11 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA

La producción anual media de energía hidroeléctrica a nivel mundial es de 2.600 TWh, lo que representa aproximadamente el 19% del total de la energía eléctrica producida. La potencia hidroeléctrica instalada en todo el mundo asciende a 700 GW.

A gran escala esta fuente de energía tiene un campo de expansión limitado, ya que en los países más desarrollados la mayoría de los ríos importantes ya cuentan con una o varias centrales, y en los países en vías de desarrollo los grandes proyectos pueden chocar con obstáculos de carácter financiero, ambiental y social. Sin embargo, la generación de electricidad con minicentrales hidroeléctricas sí ofrece posibilidades de crecimiento, debido a la diversidad de caudales que aún son susceptibles de ser aprovechados con las nuevas tecnologías.

El potencial hidroeléctrico es la capacidad anual de producción de energía hidroeléctrica, de él depende el potencial explotable.

Los estudios realizados por la Agencia Internacional de la Energía señalan que la producción hidroeléctrica en el mundo representa el 2,2% del total de la energía primaria y un 19% de la electricidad, lo que implica un ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> del 8,5%

España ocupa un papel destacado en el área hidroeléctrica a nivel europeo, situándose en tercer lugar respecto al resto de países de la Unión Europea en cuanto a potencia hidroeléctrica instalada con centrales menores de 10 MW y el cuarto lugar en cuanto a centrales de potencia mayor de 10 MW. El parque hidroeléctrico español supone el 10% del parque de la UE-25.

| País     | Potencia (MW) | Producción (GWh) |
|----------|---------------|------------------|
| Italia   | 2.605         | 9.159            |
| Francia  | 2.049         | 6.924            |
| España   | 1.872         | 3.031            |
| Alemania | 1.403         | 7.002            |
| Austria  | 1.179         | 4.816            |

| País               | Potencia (MW) | Producción (GWh) |
|--------------------|---------------|------------------|
| Suecia             | 916           | 5.033            |
| Rumania            | 353           | 508              |
| Portugal           | 335           | 520              |
| Finlandia          | 316           | 1.616            |
| República<br>checa | 292           | 966              |
| Polonia            | 247           | 895              |
| Bulgaria           | 225           | 688              |
| Reino<br>Unido     | 173           | 576              |
| Grecia             | 158           | 325              |

El potencial hidroeléctrico de un país es la capacidad anual de producción de energía hidroeléctrica que dicho país posee, y el potencial técnicamente explotable se deduce del anterior, teniendo en cuenta las pérdidas.

El potencial pendiente de desarrollar, sobre todo el correspondiente a centrales grandes, es muy difícil que pueda aprovecharse, fundamentalmente, por razones medioambientales o por competencia en los usos del agua. No obstante, existe todavía un alto potencial pendiente de desarrollar mediante minicentrales hidroeléctricas, viable técnica y medioambientalmente

España cuenta con un consolidado sistema de generación de energía hidroeléctrica, siendo un sector tecnológicamente maduro.

Su evolución:

- Gran hidráulica: Ha experimentado una disminución en la aportación de energía a la producción total de electricidad, pasando de ser una energía de base a ser una calidad que se utiliza para hacer frente a las puntas de demanda. Su peso máximo fue alcanzado, a mediados de la década de 1950, luego comenzó a decrecer a favor de las energías térmica y nuclear.
- Minihidráulica: Sigue creciendo aunque de manera muy moderada.

La producción hidroeléctrica anual es muy variable y depende de la de la pluviosidad:

- En años húmedos supera los 40.000GWh
- En años secos no llega a los 25.000GWh

El siguiente cuadro recoge los valores obtenidos del estudio y la distribución geográfica del potencial hidroeléctrico, clasificado por las antiguas cuencas hidrográficas:

| Cuenca           | Potencial actualmente desarrollado | Total potencial técnicamente desarrollable | Potencial fluvial bruto |         |
|------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|---------|
| Norte            | 10.600                             | 12.000                                     | 22.600                  | 34.280  |
| Duero            | 6.700                              | 4.800                                      | 11.500                  | 29.400  |
| Tajo             | 3.900                              | 4.800                                      | 8.700                   | 16.540  |
| Guadiana         | 300                                | 300                                        | 600                     | 3.830   |
| Guadalquivir     | 400                                | 800                                        | 1.200                   | 10.410  |
| Sur de España    | 200                                | 400                                        | 600                     | 2.740   |
| Segura           | 100                                | 700                                        | 800                     | 2.090   |
| Júcar            | 1.200                              | 1.400                                      | 2.600                   | 7.490   |
| Ebro             | 7.600                              | 8.400                                      | 16.000                  | 40.060  |
| Pirineo Oriental | 600                                | 400                                        | 1.000                   | 3.520   |
| Total cuencas    | 31.600                             | 34.000                                     | 65.600                  | 150.360 |

El parque español de centrales hidroeléctricas cuenta con un gran número de instalaciones que constituyen una potencia total acumulada de 18.373 MW, lo que representa un 20%de la potencia total instalada.

### Gran hidráulica:

- Con más de 200MW existen, en activo 21 centrales representan conjuntamente alrededor del 50% de la potencia hidroeléctrica total. Las de mayor potencia son las de Aldeadávila con 1.139MW, José María Oriol con 915MW y el aprovechamiento de Cortes-La Muela con 908MW
- Entre 100y 200MW: Existen 14centrales, representan conjuntamente alrededor de 12% de la potencia hidroeléctrica total.
- Entre 50y 100MW: Existen 36centrales suponen el 14,3%del total.

### Menos de 50MW:

- Entre 50 y 10MW: Existen unas 46.
- Con 10 o menos MW instalados(Minihidráulica) existen 1.183 instalaciones

Entre estos dos tipos suman 4.853M



*Localización de las centrales españolas con mayor potencia instalada*



*Minihidráulica en España*

## 12 NORMATIVA Y REFERENCIAS

### 12.1 Normativa aplicada

- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1747/2003, de 19 de diciembre, por el que se regulan los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares.
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Real Decreto 1432/2002, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para la aprobación o modificación de la tarifa eléctrica media o de referencia.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 916/1985, de 25 de mayo, que establece el procedimiento de tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación, ampliación o adaptación de aprovechamientos hidroeléctricos con potencia nominal no superior a 5.000 kVA.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Real Decreto 249/1988, de marzo, por el que se modifican los artículos 2º, 9º y 14º del Real Decreto 916/1985, de 25 de mayo, que estableció un procedimiento abreviado de tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación, ampliación o adaptación de aprovechamientos hidroeléctricos con potencia nominal no superior a 5.000 kVA.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

### 12.2 Bibliografía

- Cartografías:
  - <http://www.ign.es>
  - <https://earth.google.es>
- Información acerca de precipitaciones:
  - <http://datosclima.es>
  - <http://www.meteocantabria.es>

- Centro de Estudios Hidrográficos:
  - <http://hercules.cedex.es>
- Otras referencias
  - Apuntes de Centrales hidráulicas. Universidad de Cantabria
  - Pequeñas centrales hidroeléctricas. Manual. MOPU
  - <http://www.omie.es/inicio>
  - <http://www.idae.es/>
  - Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Claudio Mataix.
  - Guía metodológica de evaluaciones de impacto ambiental en pequeñas centrales hidroeléctrica. IDAE.
  - [www.boe.es](http://www.boe.es)
  - <http://boc.cantabria.es>
  - <http://www.buc.unican.es>

### **12.3 Software utilizado**

- Microsoft Excel.
- Microsoft Project.
- Global Mapper
- Matlab.
- AutoCAD 2014.
- AmiKIT 3.1.

### **12.4 Metodología**

El estudio de un aprovechamiento constituye un proceso complejo que conjuga la viabilidad técnica y económica con la minimización del impacto ambiental.

Las posibles soluciones vienen condicionadas por aspectos la topografía del terreno y por la sensibilidad ambiental de la zona. Así pues, aunque es difícil elaborar una guía metodológica para la evaluación de un aprovechamiento, sí se pueden indicar los pasos fundamentales que hay que seguir antes de proceder o no a un estudio detallado de factibilidad.

- Identificación del lugar apropiado.
- Evaluación de los recursos hidrológicos para evaluar la producción
- Evaluación preliminar del coste del aprovechamiento.
- Evaluación del impacto ambiental y medidas correctoras a aplicar para minimizarlo.
- Estudio económico del aprovechamiento.
- Conocimiento de los procedimientos de tramitación para poder llevar a cabo el proyecto.

### **12.5 Localización**

El objetivo de un aprovechamiento hidroeléctrico es convertir la energía potencial de una masa de agua en energía eléctrica, disponible en el punto más bajo, donde está ubicada la casa de máquinas. La potencia eléctrica que se obtiene en un aprovechamiento es proporcional al caudal utilizado y a la altura del salto. Es por ello que la elección de un buen emplazamiento resulta fundamental para la viabilidad de una explotación hidráulica.

La ubicación de la central, sobre la que versa el presente proyecto, se encuentra en la localidad de Reinos, en las inmediaciones de un antiguo molino. La situación además de ofrecer un desnivel suficiente para garantizar la potencia, disponer de fácil acceso y de encontrarse próxima a una línea eléctrica a la que inyectar la energía a la red.

La localización de la casa de máquinas deberá estar situada próxima al lecho del río para de este modo poder aprovechar el mayor salto posible.

Por lo tanto situaremos la edificación de la central en las siguientes coordenadas:

23° 59' 56.6" N

4° 8' 35.55" W

### 13 SOLUCIÓN ADOPTADA

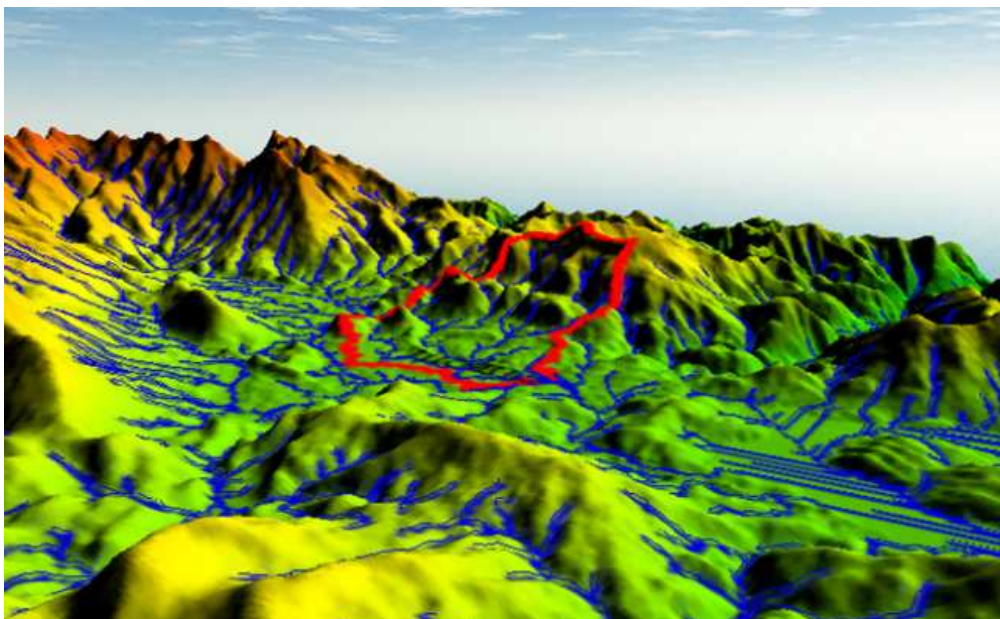
Una vez localizado el emplazamiento del proyecto, se determinó realizar una central minihidráulica de agua fluyente con un grupo turbina generador, la elección de estos equipos se realiza bajo el análisis de las condiciones de viabilidad técnica y económica.

### 14 INFORMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA VERTIENTE:

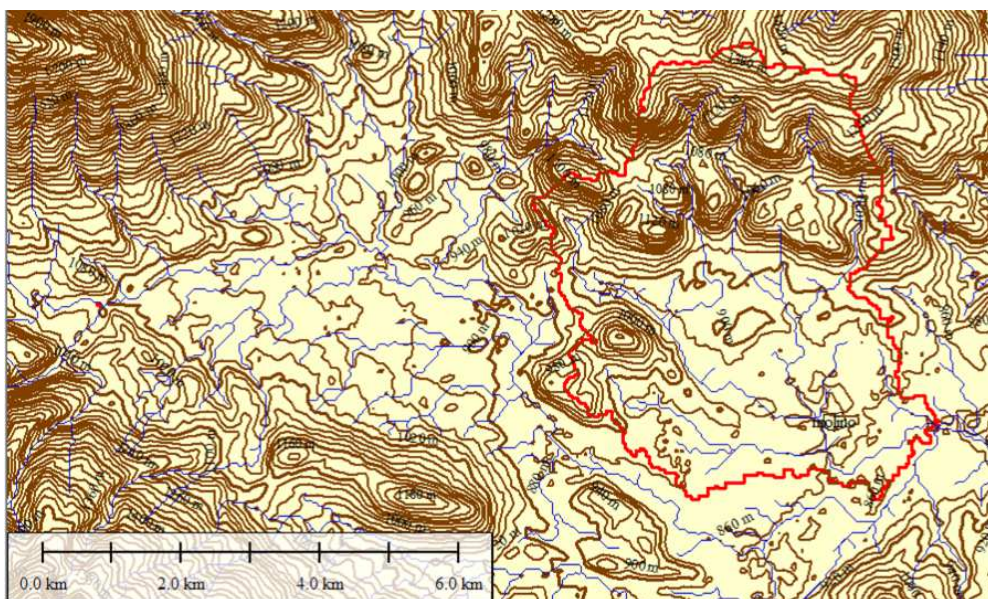
Se ha llevado a cabo mediante el programa global Mapper la determinación de la cuenca vertiente perteneciente al molino los Obesos. Debido a que el edificio de la central está situado a una longitud de 4° 8' 35.55" W cogeremos el valor 30(6°W-0°W) utilizando las coordenadas UTM (*Unidad de Tecnología Marina*)

Geometría de la cuenca:

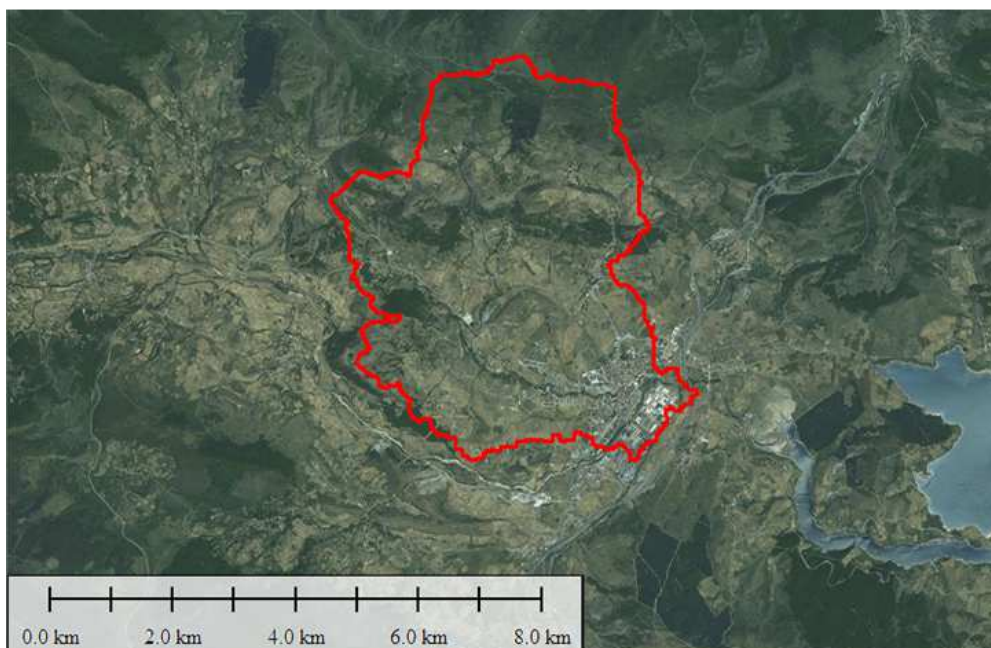
- Vértices:825
- Perimetro:31.506Km
- Superficie de la cuenca vertiente: 25.141 Km<sup>2</sup>
- Límites:(402532.298,14760260.399,408416.098,14766837.953)



*Detalle de la cuenca en 3D*



*Detalle de la cuenca respecto a las curvas de nivel*



*Detalle de la cuenca respecto a mapa topográfico de la región*

### 15 INSTALACIONES

La realización del presente proyecto implica el diseño de algunas instalaciones y equipos.

#### 15.1 Azud

Muro transversal al curso del río, de poca altura, que provoca un remanso de agua sin producir una elevación notable del nivel. Su objetivo es desviar parte del caudal del río hacia la toma de la central. Aquella parte que no es derivada vierte por el aliviadero y sigue su curso normal por el río.

El azud puede construirse de hormigón, ladrillos, escollera o tierra. Resiste al empuje del agua por su propio peso, aunque en los azudes de tierra y escollera se suele colocar un anclaje al terreno con el fin de aumentar su estabilidad.

Nuestro aprovechamiento dispone de un azud de tipo hinchable aguas arriba de la casa de máquinas. También se instalara una escala de peces.

#### 15.2 Canal de derivación

El transporte del caudal derivado desde el azud hasta la entrada de la turbina se realiza por medio de un canal abierto de hormigón de sección rectangular. La capacidad de transporte del canal es de  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$  y su construcción es paralela a las líneas de nivel, con una pendiente de 0,48%.

El canal presenta una longitud de 196.5 metros, su anchura es de 5.87 metros y presenta una profundidad de 0.96 metros. Se le coloca un resguardo de 0,5 metros; y como medida de seguridad se instalará un vallado perimetral que evitará la posible caída al mismo de personas y animales.

Dicha conducción tendrá un rebaje de arena a cada 30m debido a que la velocidad en el canal es muy reducida, debido a esta baja velocidad del agua se da la peculiaridad de que las partículas en suspensión se va a ir depositando de manera progresiva en el fondo del canal

Teóricamente la forma que mejor conduce el agua es la que mayor radio hidráulico tenga, por tanto, podríamos estar hablando de un canal semicircular o en su defecto, desde un punto de vista más real, hexagonal o semihexagonal. Con estas secciones obtenemos radios hidráulicos grandes y la misma capacidad de transporte con una sección menor.

Sin embargo, la cantidad de material ahorrado y por tanto de capital en su construcción se ve amortiguado por la dificultad que entraña su materialización, tanto técnica, dependiendo de la capa portante, como a la hora de montar el prefabricado y construir las partes pertinentes in situ. Por norma general, estos canales son más caros que otras tipologías más sencillas, además de necesitar excavaciones casi verticales y mayores volúmenes de excavación, mayorando el impacto ambiental.

Se ha elegido una tipología rectangular, dado que de este modo se aprovechará el antiguo canal existente en el viejo molino.

### **15.3 Toma de agua**

Consiste en la estructura que se realiza para desviar parte del agua del cauce del río y facilitar su entrada desde el azud o la presa.

La toma normalmente dispone de una rejilla que evita la entrada de elementos sólidos al canal y una compuerta de seguridad que se denomina ataguía. En funcionamiento normal esta compuerta permanece abierta, cerrándose únicamente en caso de emergencia o cuando se va a realizar una inspección o reparación.

La toma de agua consta de una compuerta con una reja con el fin de evitar la entrada de broza. La reja presenta una inclinación de 60° respecto a la horizontal y 45° respecto a la dirección del flujo del río con el fin de que se auto limpie. Asimismo la toma de agua consta con un sistema sónico de repulsión de peces para evitar su entrada al canal de derivación.

### **15.4 Compuertas**

En todo pequeño aprovechamiento hidroeléctrico es necesario poder aislar determinadas estructuras para proceder a su mantenimiento o reparación, cortar el paso del agua a la turbina para evitar que se embale cuando se desconecta bruscamente el generador, e incluso para regular la cantidad de agua que entra a las turbinas, cuando estas no disponen de distribuidor variable. Para conseguir esos objetivos existen en el mercado diferentes modelos de compuertas y válvulas, entre las que cabe destacar los siguientes:

Nuestro aprovechamiento cuenta con elementos que permiten vaciar el agua de los distintos elementos de la central en caso de necesidad de realizar reparaciones. Se instalarán dos compuertas, una en la toma de agua del canal de derivación y la otra compuerta a la entrada de la turbina. Asimismo, se colocará una ataguía con polipasto a la salida de la central.

### **Características**

- Las compuertas serán de chapa de acero inoxidable para evitar la corrosión. Su accionamiento será mediante sistema hidráulico.
- La compuerta a la entrada del canal tiene 6.2 de anchura y 1 metros de altura
- La compuerta a la entrada de la turbina tiene 1,07de anchura y 2 metros de altura
- Estas irán colocadas sobre guías metálicas en armaduras de piedras ubicadas en el propio canal.
- Se abrirán y cerraran mediante un servomotor desde el edificio de la central o mediante control remoto.

### **15.5 Rejillas**

Las rejillas tienen el objetivo de evitar la entrada de objetos extraños en las turbinas (ramas, hojas, etc.) pudiéndolas dañar. Se colocaran dos rejillas de un emparrillado de acero galvanizado. Al tratarse de un salto de poca altura, hay un gran interés en mantener constante y en un valor relativamente pequeño las pérdidas de carga, con el fin de obtener un mejor aprovechamiento de la instalación.

### Características

Sobre el diseño de las rejillas, ambas rejillas tendrán una inclinación de los barrotes será de 60°.

- La primera se colocara en a la entrada del canal, mientras que la segunda la colocaremos a la entrada de la turbina, justo antes de la compuerta,
- La rejilla de la entrada al canal tendrá una superficie de 5.8m<sup>2</sup> siendo su distancia entre barras de 20mm
- Las dos rejilla de la entrada de la turbina tendrá una superficie de 8.75m<sup>2</sup> y su distancia entre barras de 10m m
- Las rejillas descansan apoyadas en un perfil de hierro en forma de U, estando atornilladas en el soporte superior.
- La limpieza de la misma se realizará frecuentemente a mano por medio de rastrillos.
- Para dar rigidez a los tableros se colocarán travesaños formados por vigas de acero galvanizado perfiladas,
- La separación entre barrotes deberá de ser constante entre cada dos de ellos y será la misma para todos.
- Estará constituida por barrotes rectangulares por ser los más económicos debido a su facilidad de fabricación. Serán pletinas de acero galvanizado rectas, bastante más anchas que gruesas.
- Debido a la acumulación de hierbas, ramas, follaje, etc., que puede incluso hasta reducir el salto, se debe pensar en la limpieza de las rejillas. Para ello dispondremos de dos rejillas mas, para su sustitución, mientras las otras dos se limpian, no teniendo así que parar la minicentral.

Se deberán bajar las compuertas para proceder al desmontaje de las rejillas a limpiar y el montaje de las de repuesto, perdiendo de forma momentánea la producción.

### **15.6 Turbina**

La turbina hidráulica es el elemento clave de la minicentral. Aprovecha la energía cinética y potencial que contiene el agua, transformándola en un movimiento de rotación, que transferido mediante un eje al generador produce energía eléctrica. Las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción.

En una turbina de acción la presión del agua se convierte primero en energía cinética. En una turbina de reacción la presión del agua actúa como una fuerza sobre la superficie de los álabes y decrece a medida que avanza hacia la salida.

La turbina a instalar es una turbina Kaplan (Turbina de reacción), con un caudal de equipamiento de 1.2 m<sup>3</sup>/s y una potencia de 25 kW.

Una de las características que se han tenido en cuenta a la hora del diseño de la turbina es su forma de colocación en la casa de maquinas. La turbina irá dotada de un codo que permita al agua incidir sobre el rodete con un cierto ángulo, ya que si el agua incidiera perpendicularmente en el rodete el rendimiento se reduciría notablemente.

#### **15.6.1 Especificaciones de la turbina**

Hemos elegido una turbina tipo Kaplan extra rápida constituida por los siguientes elementos:

- Distribuidor
- Multiplicador
- Protección anticorrosión
- Equipo de sellado del eje de turbina
- Cojinete guía de la turbina
- Cojinete de empuje

Debido a la complejidad de la maquina se concretaran sus características con el fabricante, si bien, las cualidades básicas serán las siguientes:

## Rehabilitación del molino “LosObesos”

Documento nº1: Memoria

| Tipo                                                          | Modelo                           | Implantación                        |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| KAPLAN                                                        | K 804 AET                        | En salto de canal                   |
| Posición eje                                                  | Construcción                     | Empuje<br>hidráulico(Toneladas)     |
| Vertical                                                      | ANDRITZ HYDRO                    | 2,5                                 |
| Diámetro del<br>rodete(mm)                                    | Manto del rodete                 | Cojinete superior                   |
| 800                                                           | Cilíndrico                       | Rodamiento tope+ Rótula<br>rodillos |
| Velocidad de<br>rotación(rpm)                                 | Caudal de arranque(l/s)          | Cojinete guía inferior              |
| 585                                                           |                                  | Rodamiento rotula                   |
| Estanqueidad inferior                                         | Lubricación cojinetes            | Engrase                             |
| Cierre mecánico                                               | Grasa                            | Manual                              |
| Maniobra de la palas                                          | Abertura de las palas            | Cierre de las palas                 |
| Automática                                                    | Cilindro hidráulico              | Resortes                            |
| Maniobra de las<br>directrices                                | Abertura de las<br>directrices   | Cierre de las directrices           |
| Fijas                                                         | Fijas                            | Fijas                               |
| Cojinetes palas                                               | Material de las palas            | Número de patas                     |
| Sintético auto lubricado                                      | Fundición GS400 amolada          | 6                                   |
| Palier des directrices                                        | Material des directrices         | Nombre de directrices               |
| Fijas                                                         | Acero s235 JR                    | Fijas                               |
| Captación posición<br>palas                                   | Captador posición<br>directrices | Altura de aspiración                |
| Analógico de<br>hilo(6→20mA)                                  | Fijas                            | 2,5                                 |
| Chasis tensor                                                 |                                  | Diámetro de entrada(mm)             |
| Soporte generador con cojinetes intermedios y<br>acoplamiento |                                  | 1030                                |

### **15.6.2 Regulación de la turbina**

Las turbinas Kaplan tienen una doble regulación, la de los alabes del distribuidor, y la de los alabes del rodete, que se hace a través de un servomotor que mueve los distintos alabes a través de levas calculadas hidráulicamente.

Los alabes del distribuidor regulan la carga de la turbina al abrir y cerrarse mientras que los alabes del rodete actúan para que esta funcione siempre con máximo rendimiento.

Supongamos que disminuye la carga de la turbina. La velocidad tiende a aumentar por lo que el servomotor entra en funcionamiento cerrando el distribuidor y orientando de forma precisa los alabes del rodete.

Dicho servomotor y elementos de regulación se incluyen en la compra de la turbina.

### **15.7 Generador**

El generador transforma en energía eléctrica la energía mecánica de rotación presente en el eje de la turbina.

El generador está situado enfrente del rodete compartiendo eje con él, se trata de un generador asíncrono de 420 V y una potencia de 563 KVA.

### **15.8 Elementos de regulación, control y protección**

Estos elementos se ubican, generalmente, en el interior de la central.

### **15.9 Centro de transformación**

El centro de transformación está ubicado en las cercanías de la central y alberga el transformador que permite elevar la tensión que suministra el generador hasta la tensión de la línea de distribución.

### **15.10 Transformador**

El transformador del C.T. posee una potencia de 630 kVA y presenta una relación de transformación de 0.42/12kV.

### **15.11 Casa de maquinas**

Es el emplazamiento donde se sitúa el equipamiento de la minicentral: turbinas, bancadas, generadores, alternadores, cuadros eléctricos, cuadros de control, etc.

La ubicación del edificio debe analizarse muy atentamente, considerando los estudios topográficos, geológicos y geotécnicos, y la accesibilidad al mismo. El edificio puede estar junto al azud o presa, situarse al pie de éste, estar separadas aguas abajo cuando hay posibilidad de aumentar la altura del salto, e incluso puede construirse bajo tierra. Esta última opción se realiza cuando las excavaciones van a ser más económicas, además de evitar el impacto visual que acompaña a este tipo de construcciones, o bien cuando la central se construye al mismo tiempo que la presa (en grandes presas).

Independientemente del lugar donde se ubique, el edificio contará con las conducciones necesarias para que el agua llegue hasta la turbina con las menores pérdidas de carga posibles. Además, hay que realizar el desagüe hacia el canal de descarga.

En nuestro caso se aprovechara el antiguo edificio del molino rehabilitado y consta de las siguientes características:

- Planta rectangular de 13.1 x 31.1 metros y 14.5 metros de altura.
- El cuerpo principal alberga las turbinas, alternadores, y el canal de descarga.
- Se dispondrá el centro de mando de la central. Se instalarán todos los cuadros de mandos y los equipos auxiliares
- Constara de un puente grúa para efectuar las labores de mantenimiento y reparación
- Posee dos plantas, en el piso superior se encuentra el generador y los equipos de control, mientras que en la planta inferior se encuentra la turbina.

### 15.12 Tubo de descarga

#### Objeto

El tubo de descarga se encarga de conducir el agua una vez turbinado hasta el canal de desagüe.

Tiene una importante misión en turbinas de reacción, ya que es conveniente aumentar su sección para reducir la velocidad del fluido pero aumentar la presión, generando así efecto sifón, y aprovechando todo el salto bruto disponible, aunque la turbina se encuentre a medio salto.

#### Características

- Tendrá una disposición tronco piramidal para aumentar la presión a la salida.
- El diámetro de entrada será de 1,26.
- La sección de salida será de 1,06mx1,06m
- El espesor de la tubería será de 25 mm.
- La longitud de la tubería será de 11.75m
- Estará constituida por acero inoxidable para evitar la corrosión.
- El peso del tramo es de 811 kg.
- La tensión a rotura del material será de  $47 \frac{Kg}{mm^2}$
- El tubo esta zunchado.
- Bajo el tubo se dispondrá una base de hormigón en masa rellena con grandes rocas para amortiguar la caída del agua y evitar la erosión en los cimientos de la central.

### 15.13 Canal de desagüe

El agua turbinada es devuelta al flujo natural del río por medio del canal de retorno; así como el agua que en caso de cierre de la compuerta de entrada a la turbina es evacuada por los aliviaderos.

El canal de desagüe ya está construido se trata de un canal con muros de piedra y dimensiones siguientes:

Longitud: L = 36 m

Anchura: B = 8m

Altura: H = 3 m

El canal de retorno posee la forma adecuada para absorber la energía residual del agua para que la velocidad de salida de este por el canal de descarga sea menor que la velocidad del agua del río. De este modo nos aseguraremos que el río sea el que arrastre el agua a la salida del canal y así mantener el nivel del río ya que un aumento de este significaría una disminución de la altura bruta dando lugar a pérdidas para la central.

### **16 PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

El plazo total de ejecución de las obras es de 18 meses.

### **17 FUNCIONAMIENTO**

La apertura de la compuerta de entrada al canal de derivación se produce cuando se detecta en el azud un caudal superior a la suma del caudal mínimo técnico de la turbina y el caudal ecológico. De esta forma, el agua fluye a través de ella, y entra en el propio canal de derivación. El agua transcurre por el canal de derivación a una velocidad de 0,3 m/s. En el caso de que exceso de agua en el canal, éste se redireccionaría al río a través de un aliviadero situado al inicio del canal de derivación como se muestra en el plano del canal.

Cuando un sensor detectase una altura adecuada del final del canal, se abriría la compuerta situada al final de este, permitiendo el paso del agua hacia la turbina Kaplan. La velocidad de la turbina sería de 585 rpm, que unida a un multiplicador de velocidad se conecta al generador. Una vez que el agua atravesase el rodete de la turbina sería devuelta al río.

Cuando en el río no se diesen las condiciones para turbinar el mínimo técnico de agua ( $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) o existiese un exceso tal que redujese el salto notablemente, como ocurre los días de crecida, el grupo permanecerá parado.

### 18 PRESUPUESTO

|                                                    |             |
|----------------------------------------------------|-------------|
| Presupuesto de ejecución material                  | 547.795,28  |
| Presupuesto ejecución por contrata                 | 788.770,43€ |
| Presupuesto para conocimiento de la administración | 874.664,73€ |

El presente presupuesto de ejecución de material asciende a la cantidad de QUINIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS CON VEINTIOCHO CENTIMOS

El presente presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS SETENTA EUROS CON CUARENTA Y TRES CENTIMOS.

El presupuesto para conocimiento de la administración asciende a la cantidad de OCHOCIENTOS SETENTA Y CUTRO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS CON SETENTA Y TRES CENTIMOS

Santander, Julio de 2015

El ingeniero Industrial:  
NIEVES FERNANDEZ SAINZ

# ANEJO 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES

### **ANEJO 1 .CARACTERISTICAS GENERALES**

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| ANEJO 1 .CARACTERISTICAS GENERALES..... | 39 |
| 1 CARÁCTERÍSTICAS DEL GRUPO .....       | 40 |
| 2 INSTALACIONES HIDRÁULICAS .....       | 41 |
| 2.1 Canal de derivación .....           | 41 |
| 2.2 Azud .....                          | 41 |

## 1 CARÁCTERÍSTICAS DEL GRUPO

A continuación se expone el resumen de los datos y resultados obtenidos a lo justificados en sus correspondientes anejos. Con esto se pretende ofrecer una idea somera de las dimensiones y características de la explotación correspondiente al proyecto “Rehabilitación del molino de los “Obesos”.

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| Salto neto (m)                               | 2,5       |
| Salto bruto (m)                              | 2,3       |
| Caudal de equipamiento (m <sup>3</sup> /s)   | 1,2       |
| Caudal mínimo turbinable (m <sup>3</sup> /s) | 0.3       |
| Caudal ecológico (m <sup>3</sup> /s)         | 0,26      |
| Tipo de turbina                              | Kaplan    |
| Velocidad de giro de la turbina (rpm)        | 585       |
| Rendimiento de la turbina (%)                | 0,85      |
| Diámetro del rodete (m)                      | 0,8       |
| Tipo de generador                            | Asíncrono |
| Potencia (kVA)                               | 563       |
| Velocidad de sincronismo del generador (rpm) | 1000      |
| Tensión de trabajo (V)                       | 420       |
| Pares de polos                               | 3         |
| Producción anual (MWh)                       | 1826,25   |
| Horas de funcionamiento                      | 7 305     |
| Precio de venta (€/MWh)                      | 86,5      |

## 2 INSTALACIONES HIDRÁULICAS

En este apartado se expone un resumen de las principales instalaciones hidráulicas necesarias.

### 2.1 Canal de derivación

Se trata de un canal abierto que conduce el agua desde el azud hasta la turbina.

|                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| Sección                    | Rectangular     |
| Material                   | Hormigón armado |
| Longitud (m)               | 196,5           |
| Anchura (m)                | 5,87            |
| Profundidad (m)            | 0,96            |
| Resguardo (m)              | 0,50            |
| Área (m <sup>2</sup> )     | 5,63            |
| Perímetro mojado (m)       | 7,79            |
| Radio hidráulico (m)       | 0,723           |
| Caudal (m <sup>3</sup> /s) | 1,2             |

### 2.2 Azud

El dimensionamiento del azud se ha hecho en base al caudal de avenida para 500 años.

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| Tipo            | Hinchable |
| Longitud (m)    | 25        |
| Altura (m)      | 1.5       |
| Escala de peces | Si        |

### ANEJO 2: CÁLCULOS HIDROLÓGICO

### ANEJO 2: CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

|     |                                                                        |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | INTRODUCCIÓN .....                                                     | 44 |
| 2   | TIPOS DE CAUDAL.....                                                   | 44 |
| 2.1 | Caudal natural.....                                                    | 44 |
| 2.2 | Caudal ecológico .....                                                 | 45 |
| 2.3 | Caudal de servidumbre .....                                            | 45 |
| 2.4 | Caudal turbinable.....                                                 | 45 |
| 2.5 | Caudal de diseño.....                                                  | 46 |
| 3   | DATOS DEL RÍO COMPLETO (SIN AFLUENTES).....                            | 48 |
| 4   | ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL EBRO:.....                  | 49 |
| 5   | DATOS DE LA ESTACIÓN DE AFORO: ESTACIÓN 9178: RIO EBRO EN REINOSA..... | 50 |
| 6   | CÁLCULOS HIDROLOGICOS.....                                             | 54 |
| 7   | CALCULO DEL AÑO TIPO:.....                                             | 57 |
| 8   | CAUDAL ECOLÓGICO .....                                                 | 66 |
| 9   | CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS .....                                   | 67 |
| 10  | CAUDALES DE AVENIDA.....                                               | 67 |

## 1 INTRODUCCIÓN

La potencia de la central depende íntimamente del caudal que se turbine en cada momento. Por tanto el diseño de todos los aspectos relacionados con su diseño será consecuencia directa del volumen de agua que se turbine en cada momento.

El agua que baja por el río, en nuestro caso el río Ebro, no supone una cantidad constante, si no que va variando a lo largo del año, siendo unos días mayor que otros.

Esto es debido a factores climatológicos como las precipitaciones y las temperaturas, además de la radiación solar, así como factores de otra índole, como el tipo de vegetación existente a lo largo de la cuenca, los tipos de suelos, las fuentes, las pendientes del terreno, los usos del agua, etc.

En definitiva, el cálculo del caudal es de vital importancia para el correcto funcionamiento de la central, así como para obtener un buen aprovechamiento del recurso hídrico.

## 2 TIPOS DE CAUDAL

Encontramos, por tanto, la necesidad de conocer y justificar el caudal de trabajo en la central.

### 2.1 Caudal natural

El caudal natural del río es el caudal medio diario de la corriente. Le evaluaremos día a día a lo largo de un año hidrológico ordenándole convenientemente.

Es interesante determinar a través de los datos a los que tenemos acceso, el tipo de año que vamos a estudiar, esto es, si se trata de un año húmedo, normal o seco.

La ordenación de los caudales obtenidos en distintos días, se efectuara mediante la curva de caudales clasificados.

Es interesante obtener el máximo caudal instantáneo que ha existido en un periodo de años extenso, normalmente en cien años, para calcular las protecciones en la central conociendo ese dato.

### **2.2 Caudal ecológico**

El caudal ecológico es el necesario para que la vida se desarrolle con normalidad en el tramo del río afectado. Dicho tramo comprende la distancia entre la toma situada en el azud y la descarga de la turbina.

Queda establecido que el caudal ecológico es de al menos del 10 % del caudal normal del río, por tanto, dicho caudal será el 10 % del caudal natural.

### **2.3 Caudal de servidumbre**

El caudal de servidumbre es el caudal que hemos de respetar si en el tramo de río afectado existen actividades comerciales, ya sean del primer, del segundo o del tercer sector, y es necesario para su realización un suministro de caudal.

Entenderemos que el caudal de servidumbre será la cantidad de agua que será necesaria que la actividad requiera.

### **2.4 Caudal turbinable**

El caudal turbinable es el que pasa por la turbina y nos ofrece su energía hidráulica para poder transformarla en energía eléctrica.

Dicho caudal será el natural del río habiéndole sustraído el ecológico y el de servidumbre.

## 2.5 Caudal de diseño

Parece lógico suponer que el caudal de diseño de la central es el caudal turbinable. Sin embargo, las curvas de caudales clasificados están ordenadas, definen el número de días que hay un caudal.

Siendo el año natural de 365 días, parece lógico pensar que el caudal de diseño será el caudal de 180 días.

Esto no significa que será el caudal que hay en el día número 180, sino que será el caudal existente al menos 180 días al año.

### Métodos para la obtención del caudal de diseño

El cálculo del **caudal natural** es complejo, comenzaremos destacando el punto del río en el cual hemos obtenido las medidas de caudal utilizadas en los cálculos hidráulicos. Podemos hacerlo mediante varios métodos, algunos de ellos son

- *Coeficiente de escorrentía*

El primer método está basado en las precipitaciones anuales. Podemos estimar el caudal del río sabiendo la cantidad de lluvia que ha caído un año concreto conociendo así la aportación de la cuenta, además de caudales de fuentes naturales y acuíferos interconectados con otras cuencas.

La gran ventaja que tiene este método es que podemos estimar el caudal natural del río en el punto que necesitamos, es decir, donde se encuentra el salto.

El inconveniente es conocer teóricamente el coeficiente de escorrentía, que depende de varios y difíciles factores.

Este coeficiente es complicado de calcular, puesto que depende de factores tan dispares como la vegetación, la pendiente, la distancia a la corriente de agua, el tipo de terreno... Podemos estimar valores conociendo alguno de estos parámetros mediante tablas, aunque por norma general no sabremos a ciencia cierta si nos encontraremos próximos al valor real,

puesto que estos datos de partida, pendiente, vegetación... variaran a lo largo del terreno, variando por tanto dicho coeficiente.

| Cobertura del suelo       | Tipo de suelo | Pendiente (%) |       |      |      |      |
|---------------------------|---------------|---------------|-------|------|------|------|
|                           |               | >50           | 20-50 | 5-20 | 1-5  | 0-1  |
| Sin vegetación            | Impermeable   | 0.80          | 0.75  | 0.70 | 0.65 | 0.60 |
|                           | Semipermeable | 0.70          | 0.65  | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
|                           | Permeable     | 0.50          | 0.45  | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
| Cultivos                  | Impermeable   | 0.70          | 0.65  | 0.60 | 0.55 | 0.50 |
|                           | Semipermeable | 0.60          | 0.55  | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
|                           | Permeable     | 0.40          | 0.35  | 0.30 | 0.25 | 0.20 |
| Pastos, vegetación ligera | Impermeable   | 0.65          | 0.60  | 0.55 | 0.50 | 0.45 |
|                           | Semipermeable | 0.55          | 0.50  | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
|                           | Permeable     | 0.35          | 0.30  | 0.25 | 0.20 | 0.15 |
| Hierba                    | Impermeable   | 0.60          | 0.55  | 0.50 | 0.45 | 0.40 |
|                           | Semipermeable | 0.50          | 0.45  | 0.40 | 0.35 | 0.30 |
|                           | Permeable     | 0.30          | 0.25  | 0.20 | 0.15 | 0.10 |
| Bosque, vegetación densa  | Impermeable   | 0.55          | 0.50  | 0.45 | 0.40 | 0.35 |
|                           | Semipermeable | 0.45          | 0.40  | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
|                           | Permeable     | 0.25          | 0.20  | 0.15 | 0.10 | 0.05 |

*Coeficientes de escorrentía, según Benítez et al.(1980),citado por Lemus& Navarro(2003)*

También podemos calcular dicho coeficiente de forma práctica, siendo esta más fácil y exacta. Para su obtención que mejor le definen, resulta de conseguir el ratio caudal medio del río a lo largo de un año hidrológico y la aportación de la cuenca vertiente, obteniendo así el tanto por uno de agua de lluvia que llega a la corriente de agua. No obstante requiere trabajo de campo previo, puesto que deberemos de conocer dicho caudal y precipitación.

- *Estaciones de aforo*

Otra forma de obtener el caudal natural es mediante estaciones de aforo. Dichas estaciones, dispersas por la geografía española, competencia de cada confederación hidrográfica, miden el caudal del río en los puntos donde se encuentran por lo que el caudal recogido es muy próximo al real.

La problemática reside en que nuestro salto hidráulico puede estar alejado de dicho punto, tanto aguas arriba, y el caudal ser así mucho menor, y por tanto sobredimensionar la instalación, o aguas abajo, y desperdiciar caudal turbinable.

Nosotros utilizaremos el segundo método. Existe una estación de aforos en

Reinosa, río arriba de nuestro salto, por tanto, estaremos perdiendo parte del potencial del río. Podemos solucionar dicho problema sobredimensionando la instalación aunque no es aconsejable. Lo natural sería diseñar con el caudal de 180 días para Reinosa, que se traduce en nuestro punto en un caudal para un número de días menor.

Podemos conocer el caudal previa instalación de una sonda Caudalímetro en un punto del río, o como ha sido en este caso, mediante el conocimiento de dicho caudal gracias a experiencias anteriores.

### 3 DATOS DEL RÍO COMPLETO (SIN AFLUENTES)

**Confederación Hidrográfica: EBRO**

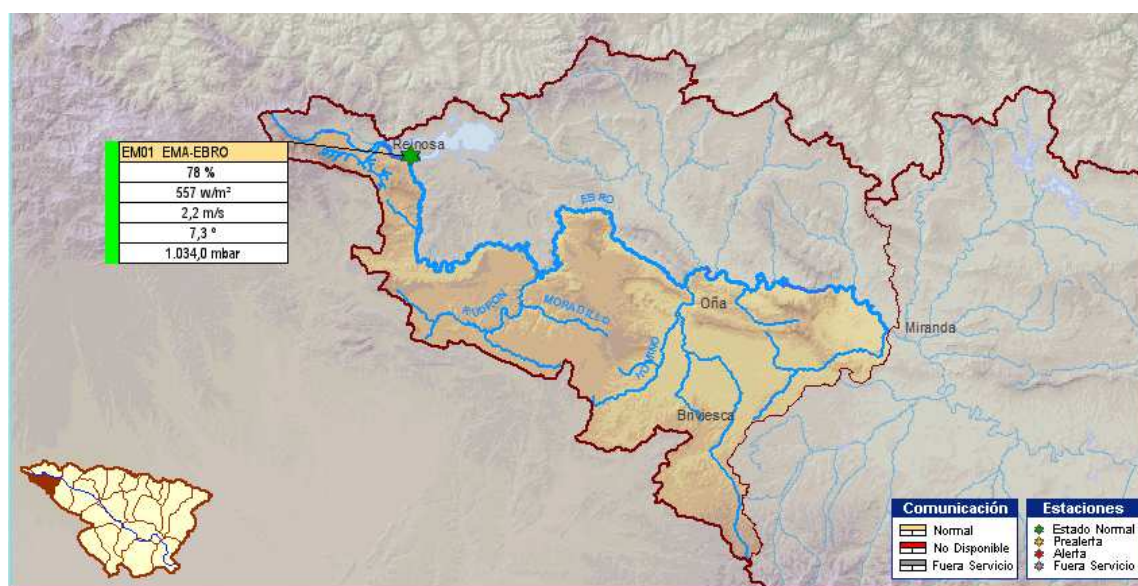
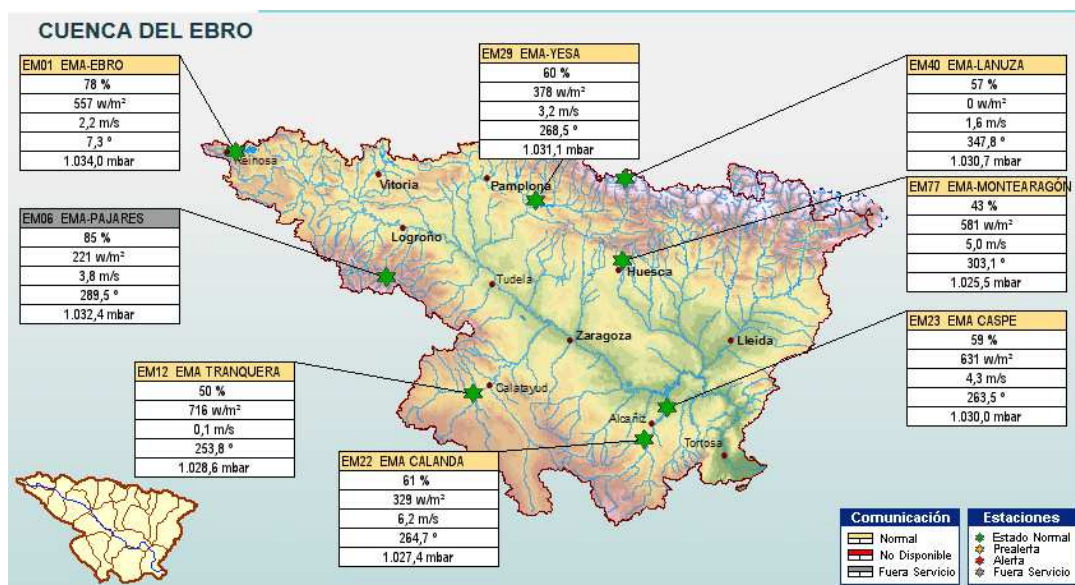
**Corriente: EBRO**

**Desde: ORIGEN    Hasta: MAR    cdr1: 0901**

**Tipo de corriente: RIO    Superficie: 12.289,42 Km<sup>2</sup>**

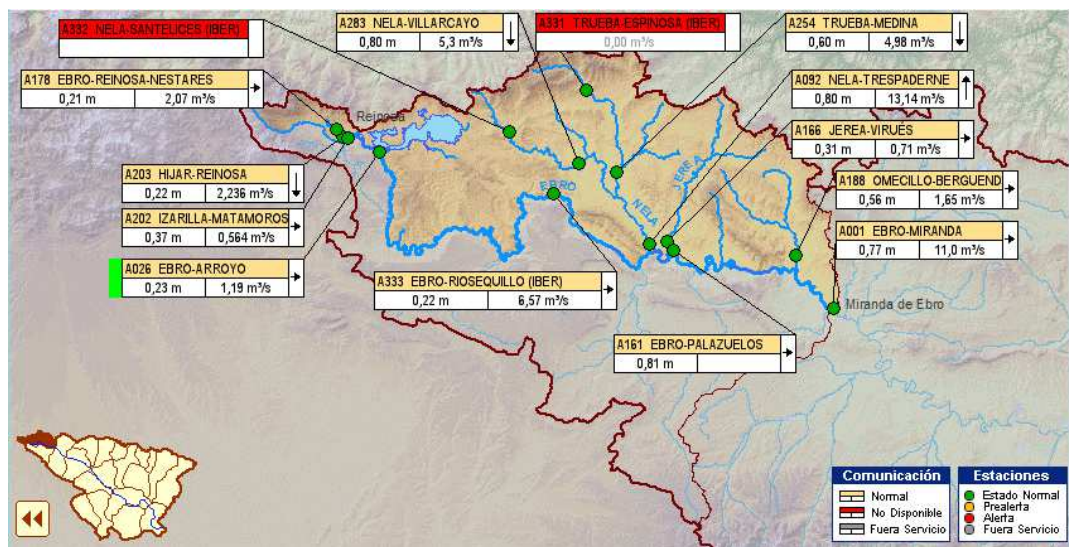
**Longitud: 954,80 Km**

### 4 ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL EBRO:



Aforos próximos al molino los Obesos:

- A203 Río Hija en Reinosa. (No pertenece al río Ebro por lo que no nos sirve).
- A202 Río Izarilla en Matamorosa. (No pertenece al río Ebro por lo que no nos sirve).
- A178 Río Ebro en Reinosa-Nestares. (situado río arriba de nuestro salto)



## 5 DATOS DE LA ESTACIÓN DE AFORO: ESTACIÓN 9178: RIO EBRO EN REINOSA

Los datos facilitados por Confederación Hidrográfica del Ebro se obtienen a través de las distintas estaciones de aforo, en las que se registran los caudales instantáneos del río para un tramo concreto. A partir de estos datos se determinan los caudales mínimos, medios y máximos diarios. Estos datos se agrupan temporalmente por años hidrológicos, que comprenden desde octubre de un año hasta septiembre del año próximo.

En las estaciones de aforo queda registrada la altura de la lámina de agua y la velocidad en una sección concreta, de este modo se puede conocer el caudal en dicha sección.

En este caso, los datos empleados se han obtenido de la estación de aforo ubicada en Reinosa, de la que se conocen los siguientes datos:

#### Identificación:

Estado: Alta                      Inicio=1972

Cód.CH=9178                      Cód. SAIH=A178

UTM X:405.301                      Y:4.761.851                      Huso:30                      Cota(m):83  
9

Rio: Ebro

Cuenca receptora(Km2)=23

Sistema de explotación: Ebro Alto-Medio y Aragón

T .municipal :Reinosa

Provincia: Cantabria

Hoja 1:50.000:Reinosa(83)

#### Tipología

Tipo de estación :Encauzamiento sin canal de aguas bajas

Propietario :Estado

Régimen caudales :Natural

Escala :Si (exterior)

Pasarela: Si

Vertedero :Sí

Caseta :Sí(prefabricada)

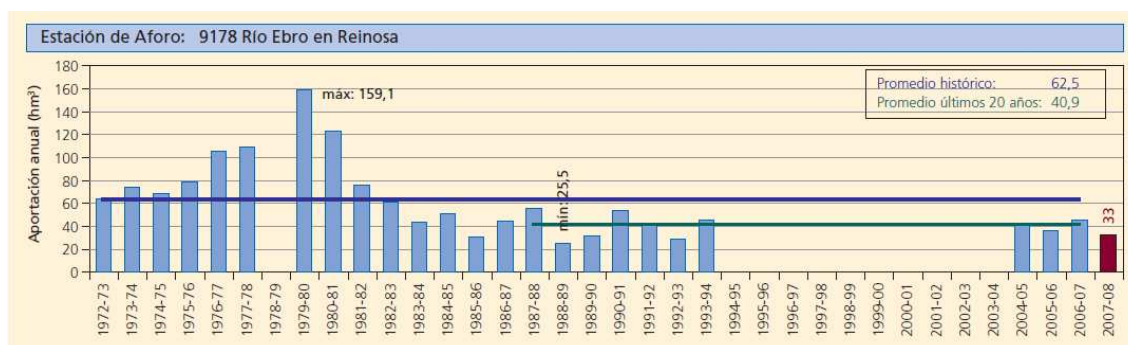
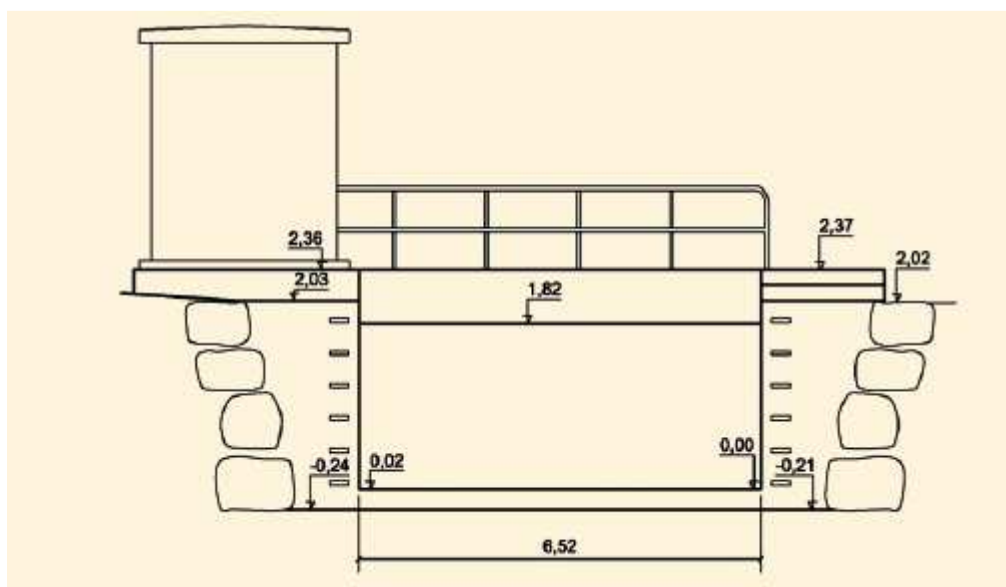
SAIH :Si                                      SAICA :No



*Fotos estación de aforo 9178: río Ebro en reinosa*

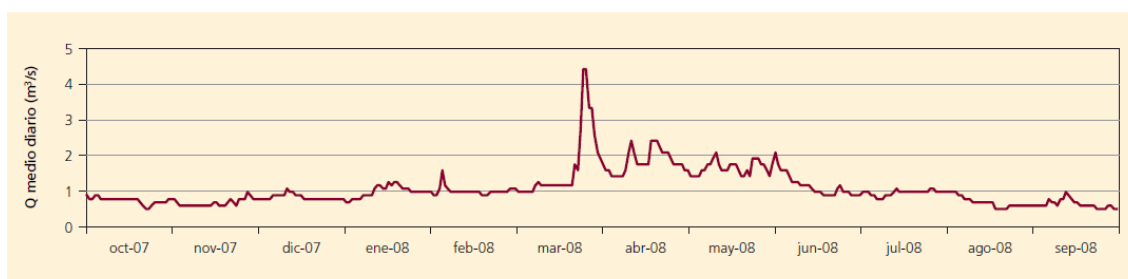
# Rehabilitación del molino “Los Obesos”

## Anejo 2: Cálculos hidrológicos



| Caudales máximos (m³/s)      | Qc   | fecha Qc   | mediana de Qc | Qci   | fecha Qci  | mediana de Qci |
|------------------------------|------|------------|---------------|-------|------------|----------------|
| Máximo del periodo histórico | 28,8 | 25/02/1978 | 9,1           | ≥28,8 | /02/1978   | 7,4            |
| Año 2007-08                  | 4,4  | 25/03/2008 |               | 5,3   | 25/03/2008 |                |

| Aportaciones mensuales (hm³) | oct  | nov  | dic  | ene  | feb  | mar  | abr  | may  | jun  | jul | ago | sep |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Mínimo                       | 0,8  | 1,0  | 2,1  | 1,6  | 1,4  | 2,0  | 3,1  | 2,3  | 1,0  | 0,8 | 0,8 | 0,2 |
| Máximo                       | 11,0 | 20,0 | 19,2 | 20,3 | 25,5 | 17,6 | 14,1 | 15,4 | 12,7 | 9,0 | 8,5 | 8,2 |
| Promedio histórico           | 3,7  | 4,9  | 6,8  | 6,3  | 7,1  | 7,6  | 7,6  | 6,3  | 3,7  | 2,9 | 2,6 | 2,2 |
| Año 2007-08                  | 1,9  | 1,7  | 2,2  | 2,6  | 2,4  | 4,4  | 4,7  | 4,3  | 2,9  | 2,5 | 1,8 | 1,6 |



## 6 CÁLCULOS HIDROLOGICOS

Para poder llevar a cabo este estudio se cuenta con los datos facilitados por la Confederación Hidrográfica del Ebro en la estación de aforo situada en Reinos. Estos datos comprenden el periodo entre los años 1972-1973 y 2011-2012, con un parón entre los años 1993-94 y 2003-2004 es decir, un total de 30 años, lo que supone un periodo de tiempo lo suficientemente largo como para incluir años muy secos, secos, normales, húmedos y muy húmedos. A partir de estos datos se encontrará un año que nos sirva de modelo para el dimensionamiento de la central.

Cabe mencionar que el año hidrológico se considera desde octubre hasta septiembre del año siguiente.

En la siguiente tabla se recogen los datos más significativos de los años disponibles para llevar a cabo el análisis hidrológico.

| Año hidrológico | Aportación anual (hm3) | Caudal medio anual (m3) | Caudal máximo diario (m3) | Fecha máximo diario | Caudal mínimo diario (m3) | Fecha mínimo diario |
|-----------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 1972-1973       | 64,022                 | 2,03                    | 19,96                     | 01/02/1973          | 0,74                      | 06/09/1973          |
| 1973-1974       | 73,781                 | 2,34                    | 18,7                      | 19/03/1974          | 1,32                      | 02/01/1974          |
| 1974-1975       | 68,943                 | 2,186                   | 9,06                      | 14/11/1974          | 1,32                      | 01/01/1975          |
| 1975-1976       | 78,934                 | 2,496                   | 7,98                      | 23/04/1976          | 0,74                      | 06/06/1976          |
| 1976-1977       | 105,563                | 3,347                   | 9,42                      | 13/06/1977          | 0,59                      | 25/09/1977          |
| 1977-1978       | 109,102                | 3,46                    | 28,75                     | 25/02/1978          | 0,06                      | 03/09/1978          |
| 1978-1979       | 159,105                | 5,031                   | 26,5                      | 20/11/1979          | 2,944                     | 01/10/1979          |
| 1979-1980       | 123,58                 | 3,919                   | 18,7                      | 18/12/1980          | 2,28                      | 14/06/1981          |
| 1980-1981       | 75,967                 | 2,409                   | 6,06                      | 04/06/1982          | 0,62                      | 24/06/1982          |
| 1981-1982       | 61,716                 | 1,957                   | 10,32                     | 22/12/1982          | 0,82                      | 01/10/1982          |
| 1982-1983       | 44,066                 | 1,394                   | 4,78                      | 10/02/1984          | 0,82                      | 12/07/1984          |
| 1983-1984       | 51,198                 | 1,623                   | 8,84                      | 21/01/1985          | 0,72                      | 21/07/1985          |
| 1984-1985       | 30,821                 | 0,977                   | 5,48                      | 23/02/1986          | 0,348                     | 28/07/1986          |
| 1985-1986       | 44,372                 | 1,407                   | 6,6                       | 28/01/1987          | 0,38                      | 22/03/1987          |
| 1986-1987       | 55,887                 | 1,767                   | 14,92                     | 04/12/1987          | 0,348                     | 25/09/1988          |

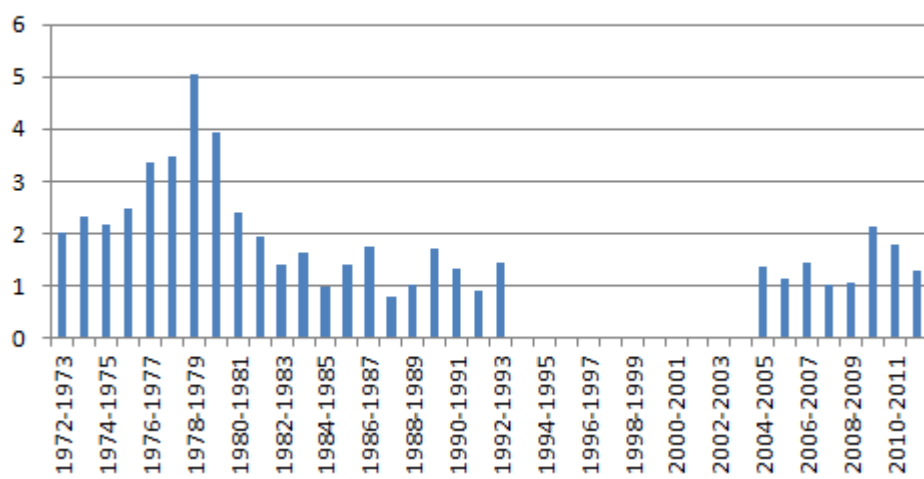
## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 2: Cálculos hidrológicos

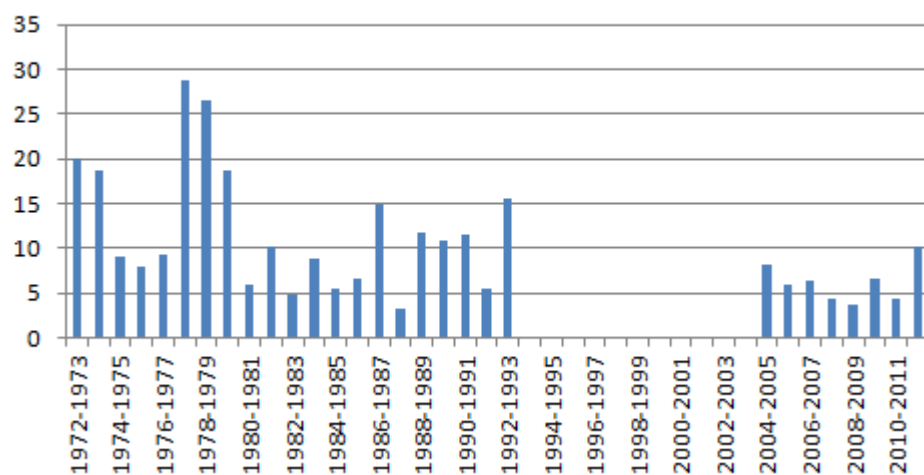
| Año hidrológico | Aportación anual (hm3) | Caudal medio anual (m3) | Caudal máximo diario (m3) | Fecha máximo diario | Caudal mínimo diario (m3) | Fecha mínimo diario |
|-----------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 1987-1988       | 25,464                 | 0,807                   | 3,38                      | 28/04/1989          | 0,28                      | 20/07/1989          |
| 1988-1989       | 32,194                 | 1,021                   | 11,8                      | 23/04/1990          | 0,29                      | 01/10/1989          |
| 1989-1990       | 53,691                 | 1,703                   | 10,912                    | 24/03/1991          | 0,37                      | 17/09/1991          |
| 1990-1991       | 42,015                 | 1,329                   | 11,504                    | 04/04/1992          | 0,37                      | 27/07/1992          |
| 1991-1992       | 29,217                 | 0,926                   | 5,584                     | 10/12/1992          | 0,332                     | 19/06/1993          |
| 1992-1993       | 45,701                 | 1,449                   | 15,676                    | 26/12/1993          | 0,316                     | 08/07/1994          |
| 1993-1994       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 1994-1995       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 1995-1996       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 1996-1997       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 1997-1998       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 1998-1999       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 1999-2000       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 2000-2001       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 2001-2002       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 2002-2003       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 2003-2004       | //                     | //                      | //                        | //                  | //                        | //                  |
| 2004-2005       | 42,714                 | 1,354                   | 8,2                       | 21/03/2005          | 0,261                     | 30/09/2005          |
| 2005-2006       | 35,994                 | 1,141                   | 6,074                     | 03/01/2006          | 0,261                     | 15/08/2006          |
| 2006-2007       | 45,635                 | 1,447                   | 6,335                     | 24/03/2007          | 0,384                     | 15/09/2007          |
| 2007-2008       | 32,958                 | 1,042                   | 4,382                     | 25/03/2008          | 0,478                     | 18/08/2008          |
| 2008-2009       | 33,63                  | 1,066                   | 3,734                     | 25/11/2008          | 0,261                     | 03/09/2009          |
| 2009-2010       | 67,603                 | 2,144                   | 6,67                      | 28/02/2010          | 0,6                       | 06/10/2009          |
| 2010-2011       | 56,817                 | 1,802                   | 4,31                      | 22/11/2010          | 0,54                      | 28/09/2011          |
| 2011-2012       | 40,442                 | 1,279                   | 10,19                     | 06/02/2012          | 0,26                      | 14/09/2012          |

A continuación se muestran gráficamente los datos anteriores:

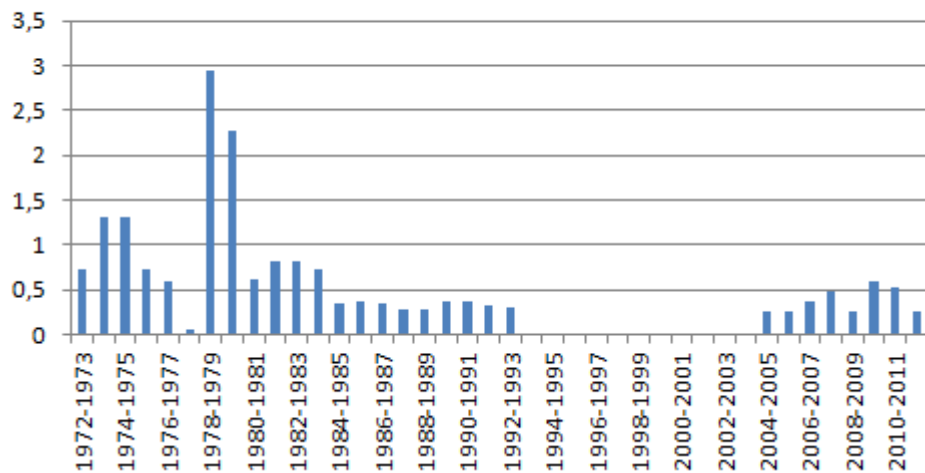
### Caudal medio anual (m3)



### Caudal máximo diario (m3)



### Caudal mínimo diario (m3)



## 7 CALCULO DEL AÑO TIPO:

A partir de los datos anteriores se procederá al cálculo de un año tipo sobre el que se estudiará el comportamiento del río para poder calcular el caudal de equipamiento.

En primer lugar se clasificarán los años en función de la aportación anual, obteniendo una distribución porcentual sobre el rango entre las aportaciones máxima y mínima

| Aportación anual(Hm3) |         |        |
|-----------------------|---------|--------|
| Máxima                | Rango   | Mínima |
| 159,105               | 133,641 | 25,464 |

A partir del rango se puede realizar una clasificación de los años según su grado de humedad, obteniendo

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 2: Cálculos hidrológicos

| Valores límite de aportación<br>(Hm3) | Tipo de año | Número de<br>años |
|---------------------------------------|-------------|-------------------|
| RANGO 15% 23,86                       | Muy seco    | 0                 |
| RANGO 35% 55,68                       | Seco        | 16                |
| RANGO 65% 103,42                      | Normal      | 9                 |
| RANGO 85% 135,24                      | Húmedo      | 3                 |
| RANGO 100% 159,105                    | Muy húmedo  | 1                 |

De modo que atendiendo a la clasificación anterior, se obtiene:

| Año hidrológico | Aportación<br>anual (hm3) | Tipo de año |
|-----------------|---------------------------|-------------|
| 1987-1988       | 25,464                    | Seco        |
| 1991-1992       | 29,217                    | Seco        |
| 1984-1985       | 30,821                    | Seco        |
| 1988-1989       | 32,194                    | Seco        |
| 2007-2008       | 32,958                    | Seco        |
| 2008-2009       | 33,63                     | Seco        |
| 2005-2006       | 35,994                    | Seco        |
| 2011-2012       | 40,442                    | Seco        |
| 1990-1991       | 42,015                    | Seco        |
| 2004-2005       | 42,714                    | Seco        |
| 1982-1983       | 44,066                    | Seco        |
| 1985-1986       | 44,372                    | Seco        |
| 2006-2007       | 45,635                    | Seco        |
| 1992-1993       | 45,701                    | Seco        |
| 1983-1984       | 51,198                    | Seco        |
| 1989-1990       | 53,691                    | Seco        |
| 1986-1987       | 55,887                    | Normal      |
| 2010-2011       | 56,817                    | Normal      |
| 1981-1982       | 61,716                    | Normal      |
| 1972-1973       | 64,022                    | Normal      |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 2: Cálculos hidrológicos

| Año hidrológico | Aportación anual (hm3) | Tipo de año |
|-----------------|------------------------|-------------|
| 2009-2010       | 67,603                 | Normal      |
| 1974-1975       | 68,943                 | Normal      |
| 1973-1974       | 73,781                 | Normal      |
| 1980-1981       | 75,967                 | Normal      |
| 1975-1976       | 78,934                 | Normal      |
| 1976-1977       | 105,563                | Húmedo      |
| 1977-1978       | 109,102                | Húmedo      |
| 1979-1980       | 123,58                 | Húmedo      |
| 1978-1979       | 159,105                | Muy húmedo  |

De la tabla anterior se deduce:

| Tipo de año | Número de años | Porcentaje |
|-------------|----------------|------------|
| Muy seco    | 0              | 0%         |
| Seco        | 16             | 55,17%     |
| Normal      | 9              | 31,03%     |
| Húmedo      | 3              | 10,35%     |
| Muy húmedo  | 1              | 3,45%      |
| Total años  | 29             |            |

Gráficamente:



Se observa que predominan los años secos, de modo que el año que servirá como modelo se obtendrá mediante el estudio de este tipo de años. De esta forma, no solo se garantiza el funcionamiento de la central durante los años secos, sino que también se garantiza durante los años húmedos, muy húmedos y normales, de esta forma se tiene una probabilidad garantizada de funcionamiento del 100%.

Para el cálculo del año tipo se calculará la aportación anual media dentro de los años secos, y se observará qué año posee una aportación más cercana a la aportación promedio.

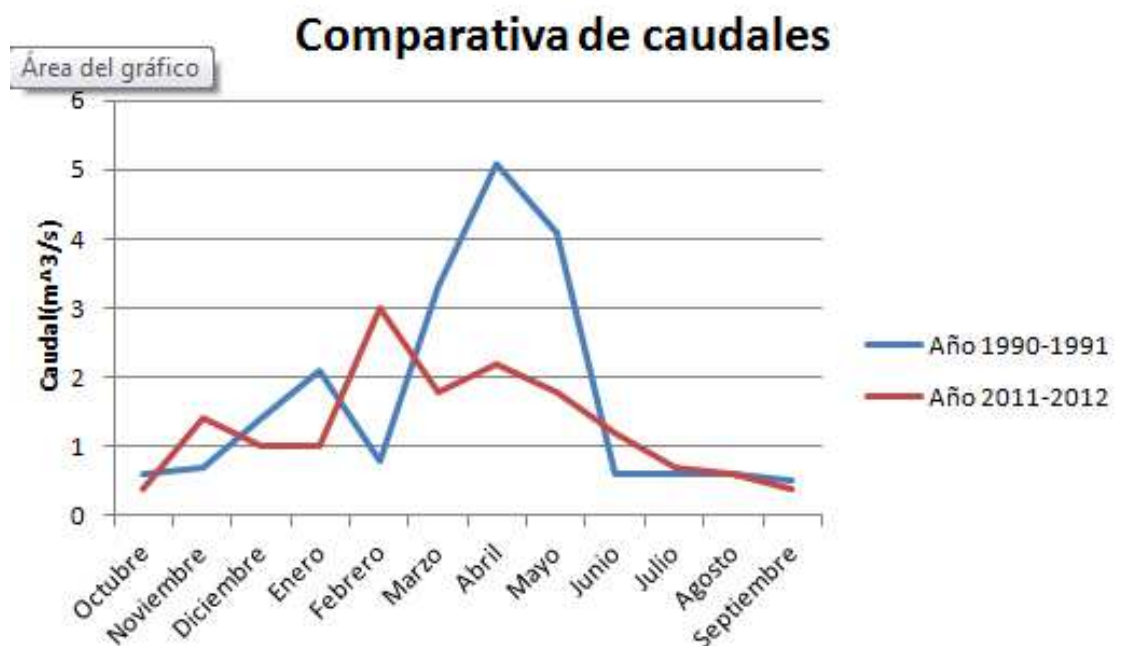
La relación de años secos con sus aportaciones es la siguiente:

| Año hidrológico normal | Aportación anual (Hm <sup>3</sup> ) |
|------------------------|-------------------------------------|
| 1982-1983              | 44,066                              |
| 1983-1984              | 51,198                              |
| 1984-1985              | 30,821                              |
| 1985-1986              | 44,372                              |
| 1987-1988              | 25,464                              |
| 1988-1989              | 32,194                              |
| 1989-1990              | 53,691                              |
| 1990-1991              | 42,015                              |
| 1991-1992              | 29,217                              |
| 1992-1993              | 45,701                              |
| 2004-2005              | 42,714                              |
| 2005-2006              | 35,994                              |
| 2006-2007              | 45,635                              |
| 2007-2008              | 32,958                              |
| 2008-2009              | 33,63                               |
| 2011-2012              | 40,442                              |
| Media                  | 39,382                              |

Se observa que el año con una aportación anual más cercana a la media es el año hidrológico 2011-2012, siendo el segundo más próximo el año 1990-1991.

Se realizará una comparación entre estos dos años, para ver el comportamiento del caudal a lo largo de los mismos

| Mes        | Caudal (m <sup>3</sup> /s) |               |
|------------|----------------------------|---------------|
|            | Año 1990-1991              | Año 2011-2012 |
| Octubre    | 0,6                        | 0,4           |
| Noviembre  | 0,7                        | 1,4           |
| Diciembre  | 1,4                        | 1             |
| Enero      | 2,1                        | 1             |
| Febrero    | 0,8                        | 3             |
| Marzo      | 3,3                        | 1,8           |
| Abril      | 5,1                        | 2,2           |
| Mayo       | 4,1                        | 1,8           |
| Junio      | 0,6                        | 1,2           |
| Julio      | 0,6                        | 0,7           |
| Agosto     | 0,6                        | 0,6           |
| Septiembre | 0,5                        | 0,4           |



## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 2: Cálculos hidrológicos

| AÑO 2011-2012 |                               |            |                               |            |                               |
|---------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| Octubre       | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Noviembre  | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Diciembre  | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) |
| 01/10/2011    | 0,26                          | 01/11/2011 | 0,64                          | 01/12/2011 | 0,87                          |
| 02/10/2011    | 0,26                          | 02/11/2011 | 0,72                          | 02/12/2011 | 0,87                          |
| 03/10/2011    | 0,26                          | 03/11/2011 | 1.390                         | 03/12/2011 | 0,95                          |
| 04/10/2011    | 0,26                          | 04/11/2011 | 1.480                         | 04/12/2011 | 0,95                          |
| 05/10/2011    | 0,26                          | 05/11/2011 | 1.580                         | 05/12/2011 | 0,95                          |
| 06/10/2011    | 0,26                          | 06/11/2011 | 2.660                         | 06/12/2011 | 0,95                          |
| 07/10/2011    | 0,26                          | 07/11/2011 | 2.420                         | 07/12/2011 | 0,95                          |
| 08/10/2011    | 0,37                          | 08/11/2011 | 1.900                         | 08/12/2011 | 0,95                          |
| 09/10/2011    | 0,44                          | 09/11/2011 | 1.660                         | 09/12/2011 | 0,95                          |
| 10/10/2011    | 0,3                           | 10/11/2011 | 1.560                         | 10/12/2011 | 0,95                          |
| 11/10/2011    | 0,28                          | 11/11/2011 | 1.480                         | 11/12/2011 | 0,95                          |
| 12/10/2011    | 0,26                          | 12/11/2011 | 1.390                         | 12/12/2011 | 0,91                          |
| 13/10/2011    | 0,26                          | 13/11/2011 | 1.390                         | 13/12/2011 | 0,86                          |
| 14/10/2011    | 0,26                          | 14/11/2011 | 1.390                         | 14/12/2011 | 0,93                          |
| 15/10/2011    | 0,26                          | 15/11/2011 | 1.320                         | 15/12/2011 | 0,95                          |
| 16/10/2011    | 0,26                          | 16/11/2011 | 1.390                         | 16/12/2011 | 0,95                          |
| 17/10/2011    | 0,26                          | 17/11/2011 | 1.310                         | 17/12/2011 | 1.010                         |
| 18/10/2011    | 0,26                          | 18/11/2011 | 1.230                         | 18/12/2011 | 1.020                         |
| 19/10/2011    | 0,26                          | 19/11/2011 | 1.230                         | 19/12/2011 | 1.040                         |
| 20/10/2011    | 0,37                          | 20/11/2011 | 1.230                         | 20/12/2011 | 1.150                         |
| 21/10/2011    | 0,34                          | 21/11/2011 | 1.230                         | 21/12/2011 | 1.460                         |
| 22/10/2011    | 0,29                          | 22/11/2011 | 1.230                         | 22/12/2011 | 1.210                         |
| 23/10/2011    | 0,28                          | 23/11/2011 | 1.230                         | 23/12/2011 | 1.140                         |
| 24/10/2011    | 0,36                          | 24/11/2011 | 1.230                         | 24/12/2011 | 1.140                         |
| 25/10/2011    | 0,57                          | 25/11/2011 | 1.160                         | 25/12/2011 | 1.140                         |
| 26/10/2011    | 0,51                          | 26/11/2011 | 1.110                         | 26/12/2011 | 1.070                         |
| 27/10/2011    | 0,62                          | 27/11/2011 | 1.040                         | 27/12/2011 | 1.040                         |
| 28/10/2011    | 0,83                          | 28/11/2011 | 1.040                         | 28/12/2011 | 1.010                         |
| 29/10/2011    | 0,73                          | 29/11/2011 | 0,97                          | 29/12/2011 | 1.250                         |
| 30/10/2011    | 0,67                          | 30/11/2011 | 0,95                          | 30/12/2011 | 1.180                         |
| 31/10/2011    | 0,57                          |            |                               | 31/12/2011 | 1.140                         |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 2: Cálculos hidrológicos

| Enero      | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Febrero    | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Marzo      | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| 01/01/2012 | 1.140                         | 01/02/2012 | 0,97                          | 01/03/2012 | 2.050                         |
| 02/01/2012 | 1.110                         | 02/02/2012 | 1.070                         | 02/03/2012 | 2.050                         |
| 03/01/2012 | 1.040                         | 03/02/2012 | 0,94                          | 03/03/2012 | 2.050                         |
| 04/01/2012 | 1.040                         | 04/02/2012 | 0,95                          | 04/03/2012 | 2.070                         |
| 05/01/2012 | 1.040                         | 05/02/2012 | 5.900                         | 05/03/2012 | 2.120                         |
| 06/01/2012 | 1.090                         | 06/02/2012 | 10.190                        | 06/03/2012 | 1.980                         |
| 07/01/2012 | 1.380                         | 07/02/2012 | 9.930                         | 07/03/2012 | 1.890                         |
| 08/01/2012 | 1.280                         | 08/02/2012 | 5.260                         | 08/03/2012 | 1.890                         |
| 09/01/2012 | 1.140                         | 09/02/2012 | 3.560                         | 09/03/2012 | 1.890                         |
| 10/01/2012 | 1.060                         | 10/02/2012 | 2.720                         | 10/03/2012 | 1.890                         |
| 11/01/2012 | 1.040                         | 11/02/2012 | 2.320                         | 11/03/2012 | 1.890                         |
| 12/01/2012 | 0,98                          | 12/02/2012 | 2.130                         | 12/03/2012 | 1.890                         |
| 13/01/2012 | 0,95                          | 13/02/2012 | 1.960                         | 13/03/2012 | 1.890                         |
| 14/01/2012 | 0,95                          | 14/02/2012 | 2.770                         | 14/03/2012 | 1.890                         |
| 15/01/2012 | 0,91                          | 15/02/2012 | 2.520                         | 15/03/2012 | 1.890                         |
| 16/01/2012 | 0,95                          | 16/02/2012 | 3.440                         | 16/03/2012 | 1.890                         |
| 17/01/2012 | 0,95                          | 17/02/2012 | 3.090                         | 17/03/2012 | 1.890                         |
| 18/01/2012 | 0,95                          | 18/02/2012 | 2.620                         | 18/03/2012 | 1.810                         |
| 19/01/2012 | 0,95                          | 19/02/2012 | 2.540                         | 19/03/2012 | 1.790                         |
| 20/01/2012 | 0,95                          | 20/02/2012 | 2.530                         | 20/03/2012 | 1.740                         |
| 21/01/2012 | 0,95                          | 21/02/2012 | 2.270                         | 21/03/2012 | 1.660                         |
| 22/01/2012 | 0,95                          | 22/02/2012 | 2.080                         | 22/03/2012 | 1.630                         |
| 23/01/2012 | 0,95                          | 23/02/2012 | 2.010                         | 23/03/2012 | 1.660                         |
| 24/01/2012 | 0,95                          | 24/02/2012 | 2.130                         | 24/03/2012 | 1.560                         |
| 25/01/2012 | 0,93                          | 25/02/2012 | 2.460                         | 25/03/2012 | 1.560                         |
| 26/01/2012 | 0,85                          | 26/02/2012 | 2.590                         | 26/03/2012 | 1.560                         |
| 27/01/2012 | 0,85                          | 27/02/2012 | 2.520                         | 27/03/2012 | 1.560                         |
| 28/01/2012 | 0,86                          | 28/02/2012 | 2.280                         | 28/03/2012 | 1.560                         |
| 29/01/2012 | 0,95                          |            |                               | 29/03/2012 | 1.560                         |
| 30/01/2012 | 0,95                          |            |                               | 30/03/2012 | 1.560                         |
| 31/01/2012 | 0,95                          |            |                               | 31/03/2012 | 1.560                         |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

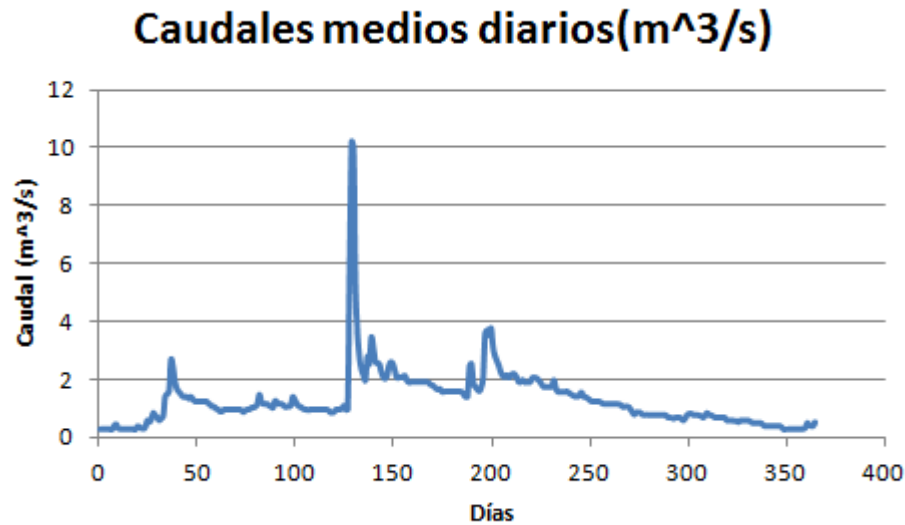
### Anejo 2: Cálculos hidrológicos

| Abril      | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Mayo       | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | junio      | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| 01/04/2012 | 1,560                         | 01/05/2012 | 2,050                         | 01/06/2012 | 1.420                         |
| 02/04/2012 | 1,560                         | 02/05/2012 | 1,910                         | 02/06/2012 | 1.400                         |
| 03/04/2012 | 1,560                         | 03/05/2012 | 1,890                         | 03/06/2012 | 1.540                         |
| 04/04/2012 | 1,470                         | 04/05/2012 | 1,970                         | 04/06/2012 | 1.390                         |
| 05/04/2012 | 1,390                         | 05/05/2012 | 1,890                         | 05/06/2012 | 1.390                         |
| 06/04/2012 | 1,390                         | 06/05/2012 | 1,890                         | 06/06/2012 | 1.340                         |
| 07/04/2012 | 2,440                         | 07/05/2012 | 1,890                         | 07/06/2012 | 1.290                         |
| 08/04/2012 | 2,530                         | 08/05/2012 | 1,900                         | 08/06/2012 | 1.230                         |
| 09/04/2012 | 1,850                         | 09/05/2012 | 2,040                         | 09/06/2012 | 1.230                         |
| 10/04/2012 | 1,720                         | 10/05/2012 | 2,050                         | 10/06/2012 | 1.230                         |
| 11/04/2012 | 1,640                         | 11/05/2012 | 2,040                         | 11/06/2012 | 1.230                         |
| 12/04/2012 | 1,580                         | 12/05/2012 | 1,980                         | 12/06/2012 | 1.230                         |
| 13/04/2012 | 1,720                         | 13/05/2012 | 1,890                         | 13/06/2012 | 1.190                         |
| 14/04/2012 | 2,050                         | 14/05/2012 | 1,790                         | 14/06/2012 | 1.140                         |
| 15/04/2012 | 3,570                         | 15/05/2012 | 1,720                         | 15/06/2012 | 1.140                         |
| 16/04/2012 | 3,680                         | 16/05/2012 | 1,720                         | 16/06/2012 | 1.140                         |
| 17/04/2012 | 3,500                         | 17/05/2012 | 1,720                         | 17/06/2012 | 1.140                         |
| 18/04/2012 | 3,760                         | 18/05/2012 | 1,720                         | 18/06/2012 | 1.140                         |
| 19/04/2012 | 3,090                         | 19/05/2012 | 1,750                         | 19/06/2012 | 1.140                         |
| 20/04/2012 | 2,790                         | 20/05/2012 | 1,960                         | 20/06/2012 | 1.140                         |
| 21/04/2012 | 2,620                         | 21/05/2012 | 1,670                         | 21/06/2012 | 1.140                         |
| 22/04/2012 | 2,450                         | 22/05/2012 | 1,560                         | 22/06/2012 | 1.130                         |
| 23/04/2012 | 2,220                         | 23/05/2012 | 1,560                         | 23/06/2012 | 1.110                         |
| 24/04/2012 | 2,110                         | 24/05/2012 | 1,550                         | 24/06/2012 | 1.040                         |
| 25/04/2012 | 2,070                         | 25/05/2012 | 1,550                         | 25/06/2012 | 1.040                         |
| 26/04/2012 | 2,140                         | 26/05/2012 | 1,560                         | 26/06/2012 | 1.040                         |
| 27/04/2012 | 2,050                         | 27/05/2012 | 1,560                         | 27/06/2012 | 1.040                         |
| 28/04/2012 | 2,100                         | 28/05/2012 | 1,500                         | 28/06/2012 | 0,95                          |
| 29/04/2012 | 2,190                         | 29/05/2012 | 1,460                         | 29/06/2012 | 0,85                          |
| 30/04/2012 | 2,160                         | 30/05/2012 | 1,420                         | 30/06/2012 | 0,77                          |
|            |                               | 31/05/2012 | 1,390                         |            |                               |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 2: Cálculos hidrológicos

| julio      | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Agosto     | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Septiembre | Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| 01/07/2012 | 0,85                          | 01/08/2012 | 0,76                          | 01/09/2012 | 0,48                          |
| 02/07/2012 | 0,85                          | 02/08/2012 | 0,74                          | 02/09/2012 | 0,48                          |
| 03/07/2012 | 0,84                          | 03/08/2012 | 0,72                          | 03/09/2012 | 0,45                          |
| 04/07/2012 | 0,77                          | 04/08/2012 | 0,67                          | 04/09/2012 | 0,38                          |
| 05/07/2012 | 0,76                          | 05/08/2012 | 0,74                          | 05/09/2012 | 0,38                          |
| 06/07/2012 | 0,77                          | 06/08/2012 | 0,83                          | 06/09/2012 | 0,38                          |
| 07/07/2012 | 0,76                          | 07/08/2012 | 0,76                          | 07/09/2012 | 0,38                          |
| 08/07/2012 | 0,76                          | 08/08/2012 | 0,75                          | 08/09/2012 | 0,38                          |
| 09/07/2012 | 0,76                          | 09/08/2012 | 0,71                          | 09/09/2012 | 0,38                          |
| 10/07/2012 | 0,76                          | 10/08/2012 | 0,67                          | 10/09/2012 | 0,38                          |
| 11/07/2012 | 0,76                          | 11/08/2012 | 0,67                          | 11/09/2012 | 0,38                          |
| 12/07/2012 | 0,75                          | 12/08/2012 | 0,67                          | 12/09/2012 | 0,38                          |
| 13/07/2012 | 0,76                          | 13/08/2012 | 0,67                          | 13/09/2012 | 0,33                          |
| 14/07/2012 | 0,76                          | 14/08/2012 | 0,67                          | 14/09/2012 | 0,26                          |
| 15/07/2012 | 0,76                          | 15/08/2012 | 0,67                          | 15/09/2012 | 0,26                          |
| 16/07/2012 | 0,75                          | 16/08/2012 | 0,57                          | 16/09/2012 | 0,26                          |
| 17/07/2012 | 0,67                          | 17/08/2012 | 0,57                          | 17/09/2012 | 0,26                          |
| 18/07/2012 | 0,67                          | 18/08/2012 | 0,57                          | 18/09/2012 | 0,26                          |
| 19/07/2012 | 0,66                          | 19/08/2012 | 0,57                          | 19/09/2012 | 0,26                          |
| 20/07/2012 | 0,63                          | 20/08/2012 | 0,54                          | 20/09/2012 | 0,26                          |
| 21/07/2012 | 0,67                          | 21/08/2012 | 0,55                          | 21/09/2012 | 0,26                          |
| 22/07/2012 | 0,67                          | 22/08/2012 | 0,51                          | 22/09/2012 | 0,26                          |
| 23/07/2012 | 0,67                          | 23/08/2012 | 0,57                          | 23/09/2012 | 0,27                          |
| 24/07/2012 | 0,62                          | 24/08/2012 | 0,57                          | 24/09/2012 | 0,28                          |
| 25/07/2012 | 0,57                          | 25/08/2012 | 0,57                          | 25/09/2012 | 0,31                          |
| 26/07/2012 | 0,66                          | 26/08/2012 | 0,57                          | 26/09/2012 | 0,48                          |
| 27/07/2012 | 0,77                          | 27/08/2012 | 0,57                          | 27/09/2012 | 0,4                           |
| 28/07/2012 | 0,8                           | 28/08/2012 | 0,53                          | 28/09/2012 | 0,38                          |
| 29/07/2012 | 0,8                           | 29/08/2012 | 0,48                          | 29/09/2012 | 0,38                          |
| 30/07/2012 | 0,76                          | 30/08/2012 | 0,48                          | 30/09/2012 | 0,51                          |
| 31/07/2012 | 0,75                          | 31/08/2012 | 0,48                          |            |                               |



## 8 CAUDAL ECOLÓGICO

Una abstracción de agua incontrolada, aunque se devuelva al cauce una vez pasada por la turbina, hará que el tramo cortocircuitado quede prácticamente seco, con serio peligro para la supervivencia de la biota acuática.

Para evitarlo, la autorización para derivar agua va siempre acompañada de la obligación de mantener un cierto caudal reservado en el tramo de río comprendido entre la toma y la restitución. Este caudal es conocido, según países o regiones con múltiples nombres -"caudal ecológico", "caudal reservado", "caudal de compensación" etc.

La evaluación de este caudal, siempre en manos de las autoridades nacionales, está siendo objeto de continuos estudios, pues por una parte debe ser lo suficientemente importante como para garantizar la supervivencia de la biota acuática, y por otra no debe penalizar excesivamente la producción de electricidad, hasta hacerla ineconómica.

Para el cálculo del caudal ecológico utilizamos dos métodos diferentes, y cogemos el resultado más desfavorable de los resultados obtenidos:

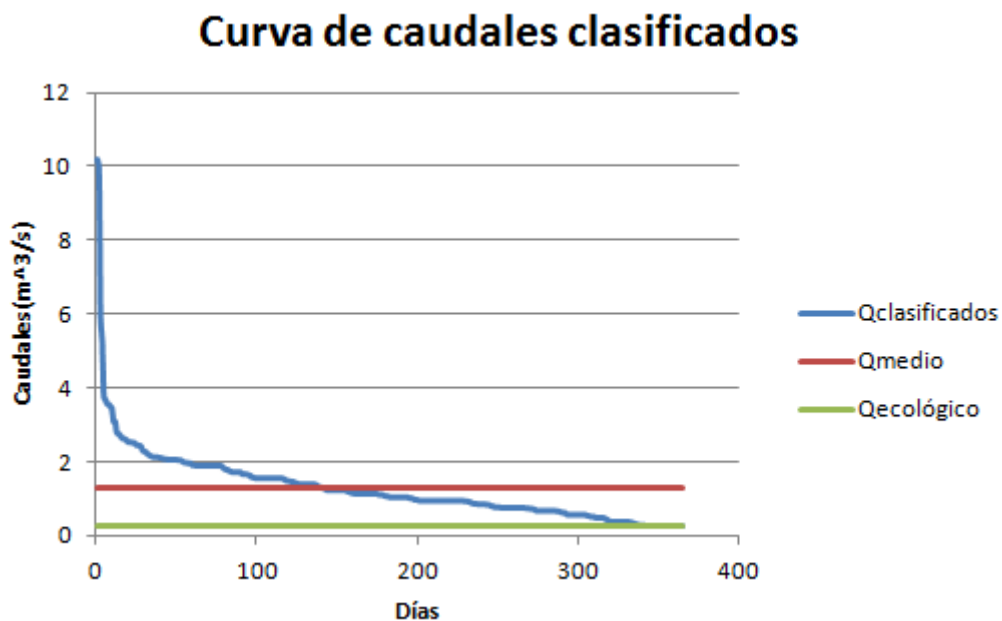
$$1^{\circ}Q_{\text{ecológico}}=10\%Q_{\text{medio del año tipo}}=0,10 \cdot 1,31853521= 0.131853521 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$2^{\circ}Q_{\text{ecológico}}=Q_{\text{mínimo año}}=0,26\text{m}^3/\text{s}.$$

Por tanto tomamos como Caudal ecológico 0,26 m<sup>3</sup>/s

### 9 CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

Una vez obtenido el año tipo se puede construir la curva de caudales clasificados de la cuenca estudiada, que nos dará el caudal en la toma en función de los días del año en que se supera dicho valor. Caracteriza muy adecuadamente, en términos adimensionales, el régimen hidrológico de un cauce a efectos de su aprovechamiento hidroeléctrico.



### 10 CAUDALES DE AVENIDA

A la hora de construir una central hidroeléctrica resulta indispensable el cálculo de los caudales de avenida excepcionales, que se producen cada 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Dichos caudales nos darán una idea de la elevación que de la lámina de agua que se puede producir en el río y nos ayudarán a dimensionar los aliviaderos de los azudes y sistemas de seguridad de la central.

Caudales de crecida con periodo de retorno.  
(Caudales en régimen natural)

| Periodo  | Caudal m <sup>3</sup> /s |
|----------|--------------------------|
| 2 años   | 31,85                    |
| 5 años   | 44,85                    |
| 10 años  | 49,8                     |
| 25 años  | 61,2                     |
| 100 años | 70,95                    |
| 500 años | 90,2                     |

El caudal de avenida considerado es de 90,2m<sup>3</sup>/s para una probabilidad de ocurrencia de una vez cada 500 años

## **ANEJO 3: VIABILIDAD PRODUCCIÓN- INVERSIÓN**

#### **ANEJO 3: VIABILIDAD PRODUCCIÓN-INVERSIÓN**

|     |                                |    |
|-----|--------------------------------|----|
| 1   | INTRODUCCIÓN.....              | 71 |
| 2   | ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN..... | 71 |
| 2.1 | Datos de entrada.....          | 77 |
| 2.2 | Datos de salida.....           | 77 |
| 3   | PRODUCCIÓN E INVERSIÓN .....   | 80 |
| 4   | ELECCIÓN DEL CAUDAL .....      | 82 |
| 5   | CONCLUSIONES.....              | 83 |

## 1 INTRODUCCIÓN

Una vez conocido el año tipo que servirá como modelo para el presente estudio, se presenta la problemática del cálculo del caudal de funcionamiento de la central.

El caudal viene limitado por la concesión de la Confederación

Hidrográfica correspondiente, pero es preciso realizar un estudio que establezca cuál es el caudal que nos ofrece una rentabilidad mayor, por supuesto dentro de lo permitido por la propia Confederación Hidrográfica.

Estos cálculos se realizan a partir de un estudio del análisis de la inversión necesaria y de la producción prevista.

## 2 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

El análisis de la producción se ha llevado a cabo a partir de un programa de MATLAB, el cual funciona a partir de los caudales diarios del año modelo calculado en el análisis hidrológico.

#### Programa Matlab

El programa empleado en el cálculo de la producción es el siguiente:

```
format short
%% Generación de una central hidráulica Potencia_Energía_CH
%% fdato = input ('Ingrese nombre del fichero de datos: ','s');
%% teclear el nombre del fichero de datos sin la extensión.
fdato='Q_Clasificados_turb'; %libro de cálculo en formato excel xlsx
fhojaQnormal='Año_modelo'; %hoja de caudales del rio año medio

entrada=[fdato, '.xlsx'];
fide=fopen(entrada, 'r');
[Qmdiarario]= xlsread(entrada, fhojaQnormal);
fhojaR='Rendimiento';
[indcarga]=xlsread(entrada, fhojaR);
Qeinvierno=0;
Qeverano=0;
Hb=2.5;
v=3.3;
L=2.5;
J=0.0017;
energiafluyentemax=0;
Qn_optimo=0;
energiareguladamax=0;
volumen_embalsemax=0;
q1=0.1;
q2=5;
qincremento=0.1;
% resultados
salida=[fdato, 'Prod_modelo', '_RES.txt'];
%nombre de fichero de resultados
fid=fopen(salida, 'wt');

fprintf(fid, '|=====
=====|\n');
fprintf(fid, ' PROGRAMA : Potencia_Energia_confederacion\n');
fprintf(fid, ' REFERENCIA DEL FICHERO DE DATOS :%s\n', fdato);
fprintf(fid, ' REFERENCIA DE LA HOJA DE DATOS: %s\n', fhojaQnormal);
```

```

fprintf(fid, ' DIA CAUDAL RIO (m3/s) CAUDAL TURBINADO (m3/s)\n');
for m=1:20
    fprintf(fid, ' %6.0f', Qmdiarario(m,1)); % Dia
    fprintf(fid, ' %8.3f\n', Qmdiarario(m,4)); % caudal turbinado(m3/s)
end
fprintf(fid, '.....|\n');
fprintf(fid, ' REFERENCIA DEL FICHERO DE RESULTADOS:');
fprintf(fid, ' %s\n', salida);
fprintf(fid, '|=====
=====|\n');

fprintf(fid, '|=====
=====|\n');

fprintf(fid, ' Q_T.(m3/s) REND.T. REND.G. Hn(m) POT.(kw) ENERG.
FLUY.(kWh) HORAS/DIA ENERG.REGULADA.(kWh) EMBALSE(Hm3)\n');
fprintf(fid, '|=====
=====|\n');

k=0; % contador de las iteraciones de los caudales de equipamiento
nqn=int16((q2-q1)/abs(qincremento))+1; % número de caudales de
equipamiento
ndias=365; % Días del año
pmax=zeros(nqn); % Potencia máxima
energiafluyente=zeros(nqn); % Energía fluyente correspondiente al
caudal de equipamiento
energiaregulada=zeros(nqn); % Energía regulada correspondiente al
caudal de equipamiento
qqt=zeros(nqn); % Caudales de equipamiento
volumen_embalse=zeros(nqn); % Volumen de agua almacenada para turbinar
for Qn=q1:qincremento:q2; % caudal de equipamiento
    k=k+1; % contador de las iteraciones de los caudales de
equipamiento
    qturbina=zeros(ndias); % caudales turbinados (m3/s)
    Hn=zeros(ndias); % salto neto (m)
    potencia_dia=zeros(ndias); % potencia en kWh
    resul=zeros(ndias,10);
    qqt(k)=Qn; % caudales de equipamiento
    Diametro=sqrt(4*Qn/pi/v); % diámetro en m
    for m=1:ndias % producción diaria

```

```

diario=Qmdiario(m,1); % dia en número
resul(m,10)=datenum(Qmdiario(m,2)); % dia en número
qturbina(m)=Qmdiario(m,2); % caudal turbinable
% descontando los caudales ecológicos
% índice de carga
carga=qturbina(m)/Qn*100;
if carga>100
    qturbina(m)=Qn;
    carga= 100;
else
end
icarga=int16(carga);
if icarga==0
    icarga=1;
else
end
rendTurb=indcarga(icarga,2);
rendG=indcarga(icarga,3);
Hn(m)=Hb- J*qturbina(m)^2;
potencia_dia(m)=9.81*rendTurb*rendG*qturbina(m)*Hn(m); %
potencia en kW
resul(m,1)=qturbina(m); % caudal turbinado (m3/s)
resul(m,2)=rendTurb; % Rendimiento de la turbina
resul(m,3)=rendG; % Rendimiento del generador
resul(m,4)=Hn(m); % Salto neto (m)
resul(m,5)=potencia_dia(m); % Potencia diaria (kW)
resul(m,6)=resul(m,5)*24; % Energía fluyente producida
(kWh)al dia
end
pmax(k)=0; % Potencia máxima
for m=1:365
    if pmax(k)<resul(m,5)
        pmax(k)=resul(m,5);
    else
    end
end
% Energía fluyente total producida
for m=1:ndias
    energiafluyente(m)=resul(m,6)*365; % Energía fluyente
producida (kWh)al año

```

```

end
% Energía regulada producida
for m=1:365
    if pmax(k)==0 %Comprobación que el caudal turbinable
no es cero.
        horasdia=0;
    else
        horasdia=resul(m,5)/pmax(k)*24; % horas de
funcionamiento a potencia máxima
    end
    resul(m,7)=horasdia; % Horas de funcionamiento a
potencia máxima
    resul(m,8)=pmax(k)*horasdia; % Energía regulada
producida kWh al día
    resul(m,9)=(24-
horasdia)*3600*0.000001*qturbina(m); % Volumen en Hm3 al día
end
% Energía regulada total producida
for m=1:ndias
    energiaregulada(k)=energiaregulada(k)+resul(m,6);% Energía
regulada producida (kWh)al año
    if volumen_embalse(k)<resul(m,9)
        volumen_embalse(k)=resul(m,9); % Volumen en Hm3
    else
    end
end
end
% Resultados del caudal de equipamiento
fprintf(fid, ' CAUDAL TURB.(m3/s) POTENCIA(kW) ENERGÍA FLUYENTE(kWh)
ENERGÍA REGULADA(kWh)VOLUMEN ALMACENADO(Hm3)\n');
for m=1:k
    fprintf(fid, ' %6.3f ', qqt(m)); % Caudal turbinado (m3/s)
    fprintf(fid, ' %8.3f ', pmax(m)); % Potencia diaria (kW)
    fprintf(fid, ' %10.3f ', energiafluyente(m)); % Energía fluyente
producida(kWh)maxima
    fprintf(fid, ' %10.3f ', energiaregulada(m)); % Energía regulada
producida(kWh)maxima
    fprintf(fid, ' %8.3f\n', volumen_embalse(m)); % Volumen máxima en
Hm3

```

```
end
% Máximos y resultados
for m=1:k
    if energiafluyentemax<energiafluyente(m)
        energiafluyentemax=energiafluyente(m);
        Qn_optimo=qqt(m);
    else
    end
    if energiareguladamax<energiaregulada(m)
        energiareguladamax=energiaregulada(m);
    else
    end
    if volumen_embalsemax<volumen_embalse(m)
        volumen_embalsemax=volumen_embalse(m);
    else
    end
end
% Salida de la solución óptima del rango de caudales
fprintf(fid, ' CAUDAL OPTIMO ENERGÍA FLUYENTE MÁXIMA(kWh) ENERGÍA
REGULADA MÁXIMA(kWh) VOLUMENALMACENADO(Hm3)\n');
fprintf(fid, ' %8.3f', Qn_optimo);
fprintf(fid, ' %8.3f', energiafluyentemax);
fprintf(fid, ' %8.3f', energiareguladamax);
fprintf(fid, ' %9.6f\n', volumen_embalsemax);
fprintf(fid, '|=====
=====|\n');
fclose(fid);
```

#### 2.1 Datos de entrada

El programa anterior emplea como dato de entrada los caudales diarios del año tipo calculado a partir de la serie hidrológica del aforo del río.

Estos caudales son los caudales turbinables, es decir, el propio caudal que nos ha ofrecido Confederación Hidrográfica del Ebro al que se ha descontado el caudal ecológico, dato asimismo facilitado por

Confederación.

Debido a que el caudal ecológico ha sido descontado previamente, el dato sobre el caudal ecológico que aparece en el propio programa se establece como nulo.

Para el correcto funcionamiento del programa es necesario que los datos de entrada se encuentren en un libro Excel llamado “Q\_clasificados\_turb”, y dentro de éste dos hojas, una hoja con el nombre se llamará “Año\_modelo” y la otra 'Rendimiento' [indcarga, rendTurb, rendG, rendtrafo, rendlat ]

Además, en el propio programa se introducen datos como:

- Salto bruto.
- Velocidad.
- Longitud
- Índice de carga
- Rendimiento de la turbina
- Rendimiento del generador
- Rendimiento del transformador
- Rendimiento de la línea

#### 2.2 Datos de salida

En respuesta el programa devuelve un archivo de texto, llamado “Prod\_modelo\_RES.txt”, en el que se muestra la potencia, expresada en kW, y la energía (kWh) correspondiente a cada caudal, tal y como se muestra en el siguiente apartado.

Estos caudales abarcan desde 0.1 m<sup>3</sup>/s hasta 5 m<sup>3</sup>/s, con un incremento de 0,10 m<sup>3</sup>/s, pues así se ha introducido en el programa. Por ello, para cada valor se obtiene un valor de potencia y otro de energía.

Con estos datos es posible calcular las horas de funcionamiento de la central para cada uno de los caudales tomados. Para ello basta con dividir la energía entre la potencia.

Resultados.

| CAUDAL<br>(m <sup>3</sup> /s) | POTENCIA<br>(kW) | ENERGÍA FLUYENTE<br>(kWh) |
|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| 0,1                           | 2,11             | 18.448,56                 |
| 0,2                           | 4,21             | 36.888,36                 |
| 0,3                           | 6,32             | 50.940,29                 |
| 0,4                           | 8,42             | 64.276,70                 |
| 0,5                           | 10,53            | 78.320,88                 |
| 0,6                           | 12,63            | 88.518,05                 |
| 0,7                           | 14,74            | 96.543,72                 |
| 0,8                           | 16,84            | 99.013,32                 |
| 0,9                           | 18,94            | 105.918,07                |
| 1,00                          | 21,04            | 99.491,30                 |
| 1,10                          | 23,14            | 98.871,17                 |
| 1,20                          | 25,24            | 94.513,54                 |
| 1,30                          | 27,34            | 91.872,48                 |
| 1,40                          | 29,44            | 88.323,00                 |
| 1,50                          | 31,54            | 88.558,70                 |
| 1,60                          | 33,63            | 77.490,43                 |
| 1,70                          | 35,73            | 77.170,32                 |
| 1,80                          | 37,82            | 72.614,40                 |
| 1,90                          | 39,91            | 57.471,84                 |
| 2,00                          | 42,00            | 54.432,00                 |
| 2,10                          | 44,09            | 42.324,48                 |
| 2,20                          | 46,17            | 36.569,81                 |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 3: Viabilidad producción-inversión

| CAUDAL<br>(m <sup>3</sup> /s) | POTENCIA<br>(kW) | ENERGÍA FLUYENTE<br>(kWh) |
|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| 2,30                          | 48,26            | 34.745,76                 |
| 2,40                          | 50,34            | 35.036,64                 |
| 2,50                          | 52,42            | 31.452,00                 |
| 2,60                          | 54,50            | 24.850,63                 |
| 2,70                          | 56,57            | 21.724,03                 |
| 2,80                          | 57,64            | 17.982,74                 |
| 2,90                          | 57,64            | 17.982,74                 |
| 3,00                          | 57,64            | 17.982,74                 |
| 3,10                          | 57,64            | 15.216,17                 |
| 3,20                          | 57,64            | 15.216,17                 |
| 3,30                          | 57,64            | 15.216,17                 |
| 3,40                          | 57,64            | 15.216,17                 |
| 3,50                          | 57,64            | 12.449,59                 |
| 3,60                          | 57,64            | 9.683,02                  |
| 3,70                          | 57,64            | 8.299,73                  |
| 3,80                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 3,90                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,00                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,10                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,20                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,30                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,40                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,50                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,60                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,70                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,80                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 4,90                          | 57,64            | 6.916,44                  |
| 5,00                          | 57,64            | 6.916,44                  |

### 3 PRODUCCIÓN E INVERSIÓN

Para poder llevar a cabo una comparación de los datos de producción e inversión es necesario tratarlos en términos económicos. Para ello, la inversión necesaria se estima en 2000 €/kW; y la producción en 50 €/MWh.

Inversión 2 000 €/kW

Producción 50 €/MWh

Para la representación gráfica de la producción y la inversión, se considera para la producción un periodo de tiempo de 10 años. De este modo se tienen tanto la producción como la inversión en unidades monetarias. Se obtiene la gráfica que se muestra en la siguiente página.

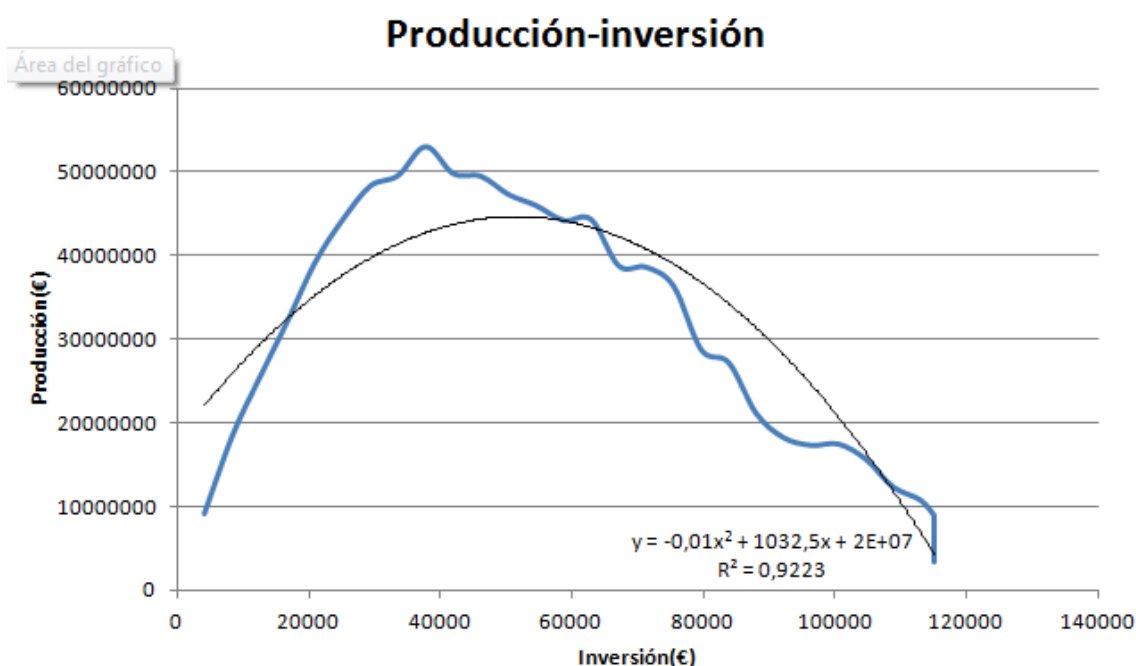
| Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Producción<br>mercado(€) | Inversión (€) | Prod. 10 años(€) |
|-------------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| 0,1                           | 922.428,00               | 4.212,00      | 9.224.280,00     |
| 0,2                           | 1.844.418,00             | 8.422,00      | 18.444.180,00    |
| 0,3                           | 2.547.014,40             | 12.634,00     | 25.470.144,00    |
| 0,4                           | 3.213.835,20             | 16.844,00     | 32.138.352,00    |
| 0,5                           | 3.916.044,00             | 21.054,00     | 39.160.440,00    |
| 0,6                           | 4.425.902,40             | 25.262,00     | 44.259.024,00    |
| 0,7                           | 4.827.186,00             | 29.470,00     | 48.271.860,00    |
| 0,8                           | 4.950.666,00             | 33.678,00     | 49.506.660,00    |
| 0,9                           | 5.295.903,60             | 37.882,00     | 52.959.036,00    |
| 1,00                          | 4.974.565,20             | 42.086,00     | 49.745.652,00    |
| 1,10                          | 4.943.558,40             | 46.288,00     | 49.435.584,00    |
| 1,20                          | 4.725.676,80             | 50.488,00     | 47.256.768,00    |
| 1,30                          | 4.593.624,00             | 54.686,00     | 45.936.240,00    |
| 1,40                          | 4.416.150,00             | 58.882,00     | 44.161.500,00    |
| 1,50                          | 4.427.935,20             | 63.076,00     | 44.279.352,00    |
| 1,60                          | 3.874.521,60             | 67.266,00     | 38.745.216,00    |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 3: Viabilidad producción-inversión

| <b>Caudal<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>Producción<br/>mercado(€)</b> | <b>Inversión (€)</b> | <b>Prod. 10 años(€)</b> |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1,70                                | 3.858.516,00                     | 71.454,00            | 38.585.160,00           |
| 1,80                                | 3.630.720,00                     | 75.640,00            | 36.307.200,00           |
| 1,90                                | 2.873.592,00                     | 79.822,00            | 28.735.920,00           |
| 2,00                                | 2.721.600,00                     | 84.000,00            | 27.216.000,00           |
| 2,10                                | 2.116.224,00                     | 88.176,00            | 21.162.240,00           |
| 2,20                                | 1.828.490,40                     | 92.348,00            | 18.284.904,00           |
| 2,30                                | 1.737.288,00                     | 96.516,00            | 17.372.880,00           |
| 2,40                                | 1.751.832,00                     | 100.680,00           | 17.518.320,00           |
| 2,50                                | 1.572.600,00                     | 104.840,00           | 15.726.000,00           |
| 2,60                                | 1.242.531,60                     | 108.994,00           | 12.425.316,00           |
| 2,70                                | 1.086.201,60                     | 113.146,00           | 10.862.016,00           |
| 2,80                                | 899.137,20                       | 115.274,00           | 8.991.372,00            |
| 2,90                                | 899.137,20                       | 115.274,00           | 8.991.372,00            |
| 3,00                                | 899.137,20                       | 115.274,00           | 8.991.372,00            |
| 3,10                                | 760.808,40                       | 115.274,00           | 7.608.084,00            |
| 3,20                                | 760.808,40                       | 115.274,00           | 7.608.084,00            |
| 3,30                                | 760.808,40                       | 115.274,00           | 7.608.084,00            |
| 3,40                                | 760.808,40                       | 115.274,00           | 7.608.084,00            |
| 3,50                                | 622.479,60                       | 115.274,00           | 6.224.796,00            |
| 3,60                                | 484.150,80                       | 115.274,00           | 4.841.508,00            |
| 3,70                                | 414.986,40                       | 115.274,00           | 4.149.864,00            |
| 3,80                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 3,90                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 4,00                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 4,10                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 4,20                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 4,30                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 4,40                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 4,50                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |
| 4,60                                | 345.822,00                       | 115.274,00           | 3.458.220,00            |

| Caudal<br>(m <sup>3</sup> /s) | Producción<br>mercado(€) | Inversión (€) | Prod. 10 años(€) |
|-------------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| 4,70                          | 345.822,00               | 115.274,00    | 3.458.220,00     |
| 4,80                          | 345.822,00               | 115.274,00    | 3.458.220,00     |
| 4,90                          | 345.822,00               | 115.274,00    | 3.458.220,00     |
| 5,00                          | 345.822,00               | 115.274,00    | 3.458.220,00     |



## 4 ELECCIÓN DEL CAUDAL

Para elegir el caudal de funcionamiento, sería lógico tomar aquel que maximiza la producción; sin embargo, puede ocurrir que para dicho caudal la inversión a realizar sea mayor que la propia producción, de modo que sería rentable.

Para garantizar esto, se ha buscado el punto en el que la producción en 10 años sea igual a la inversión, es decir, aquel punto que hace que la pendiente de la curva sea la unidad. Para el cálculo de dicho punto, se ha obtenido la curva de tendencia a la que mejor se ajusta (representada en el gráfico), y se ha calculado el punto en el que la derivada primera es la unidad.

Lo que interesa en realidad es aquella serie de puntos en los que la producción sea mayor que la inversión. Dado que la producción está representada en ordenadas y la inversión en abscisas, buscamos aquellos puntos en los que la pendiente de la curva sea mayor que uno.

$$Y = -0.01X^2 + 1032.5X + 2 * 10^7$$

$$Y' = -0.02X + 1032.5 = 1$$

Se obtiene:

$$X=51.575$$

De acuerdo a lo expresado anteriormente, para que la pendiente de la curva sea mayor que la unidad, la inversión ha de ser menor que 51.575€.

Observando las tablas anteriormente mostradas, vemos que el caudal que implica una inversión inmediatamente inferior a 51.575€ es 1,2 m<sup>3</sup>/s.

## 5 CONCLUSIONES

Dado que Confederación Hidrográfica del Ebro dice que este caudal es apto al no implicar riesgos, podemos determinar que el caudal de funcionamiento de la central es de 1,2 m<sup>3</sup>/s para una potencia de 25.24kW.

# ANEJO 4: EQUIPAMIENTO DE LA TURBINA

### ANEJO 4: EQUIPAMIENTO DE LA TURBINA

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 4: EQUIPAMIENTO DE LA TURBINA.....                               | 85  |
| 1 INTRODUCCIÓN .....                                                   | 86  |
| 2 TIPOS DE TURBINAS .....                                              | 86  |
| 2.1 Turbinas de acción.....                                            | 86  |
| 2.2 Turbinas de reacción.....                                          | 89  |
| 3 RANGOS DE UTILIZACIÓN Y RENDIMIENTOS DE LAS DISTINTAS TURBINAS ..... | 94  |
| 4 ELECCIÓN DE LA TURBINA.....                                          | 95  |
| 5 VELOCIDAD ESPECÍFICA .....                                           | 96  |
| 6 NUMERO DE POLOS DEL ALTERNADOR.....                                  | 98  |
| 7 DIÁMETRO DEL RODETE .....                                            | 99  |
| 8 ACOPLAMIENTO TURBINA GENERADOR .....                                 | 99  |
| 9 NÚMERO DE ALABES.....                                                | 100 |
| 10 RENDIMIENTO .....                                                   | 100 |
| 11 SOLUCIÓN ADOPTADA.....                                              | 102 |

## 1 INTRODUCCIÓN

La turbina hidráulica es el elemento clave de la minicentral. Aprovecha la energía cinética y potencial que contiene el agua, transformándola en un movimiento de rotación, que transferido mediante un eje al generador produce energía eléctrica. Las turbinas hidráulicas se clasifican en dos grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción. En una turbina de acción la presión del agua se convierte primero en energía cinética. En una turbina de reacción la presión del agua actúa como una fuerza sobre la superficie de los álabes y decrece a medida que avanza hacia la salida.

## 2 TIPOS DE TURBINAS

Existen dos tipos de turbinas: turbinas de acción y de reacción.

### 2.1 Turbinas de acción

Son aquellas que aprovechan únicamente la velocidad del flujo de agua para hacerlas girar. El tipo más utilizado es la denominada turbina Pelton, aunque existen otros como la Turgo con inyección lateral y la turbina de doble impulsión o de flujo cruzado, también conocida por turbina Ossberger o Banki-Michell.

- **Pelton.** Esta turbina se emplea en saltos elevados que tienen poco caudal. Está formada por un rodete (disco circular) móvil con álabes (cazoletas) de doble cuenco.

El chorro de agua entra en la turbina dirigido y regulado por uno o varios inyectores, incidiendo en los álabes y provocando el movimiento de giro de la turbina.

La potencia se regula a través de los inyectores, que aumentan o disminuyen el caudal de agua. En las paradas de emergencia se emplea un deflector que dirige el chorro directamente al desagüe, evitando el embalamiento de la máquina. Esto permite un cierre lento de los inyectores, sin golpes de presión en la tubería forzada.

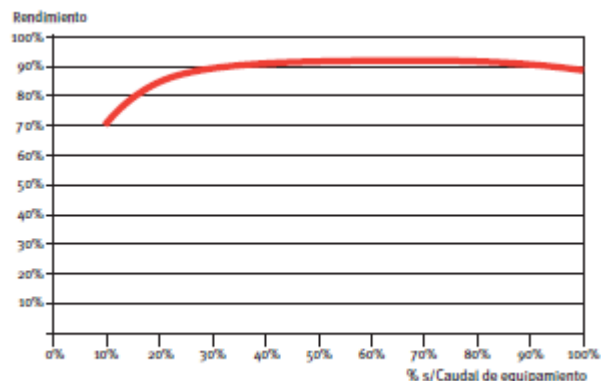
Estas turbinas tienen una alta disponibilidad y bajo coste de mantenimiento, además de que su rendimiento es bastante alto (superior al 90% en condiciones de diseño: presenta una curva de rendimiento bastante plana con un rendimiento superior al 80% para un caudal del 20% del nominal).

Las posibilidades que ofrece este tipo de máquina hacen que sea muy apropiada para operar con carga parcial, además de permitir una amplia variación de caudales en su funcionamiento. Se puede instalar con eje horizontal o vertical, y con uno o varios inyectores. Por lo general se combinan:

Eje horizontal en las máquinas con uno o dos inyectores.

Eje vertical en las máquinas con más de dos inyectores. Esta solución encarece el coste del generador.

*Rendimiento turbina Pelton*



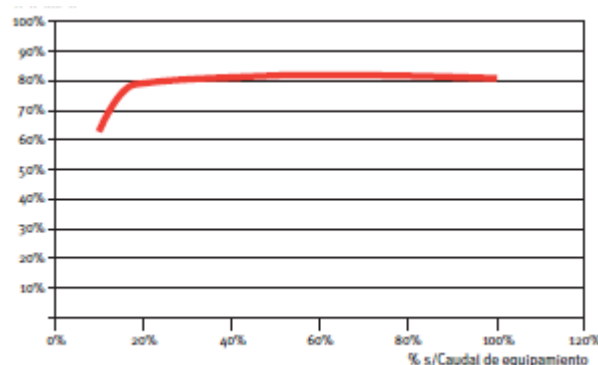
*Rodete turbina peltó*

- **Turbina de flujo cruzado**, también conocida como de doble impulsión, Ossberger o Banki-Michell. Está constituida por un inyector de sección rectangular provisto de un álabe longitudinal que regula y orienta el caudal que entra en la turbina, y un rodete de forma cilíndrica, con sus múltiples palas dispuestas como generatrices y soldadas por los extremos a discos terminales.

El primer impulso se produce cuando el caudal entra en la turbina orientado por el álabe del inyector hacia las palas del rodete. Cuando este caudal ya ha atravesado el interior del rodete proporciona el segundo impulso, al salir del mismo y caer por el tubo de aspiración.

Este tipo de turbinas tienen un campo de aplicación muy amplio, ya que se pueden instalar en aprovechamientos con saltos comprendidos entre 1 y 200 metros con un rango de variación de caudales muy grande.

La potencia unitaria que puede instalar está limitada aproximadamente a 1 MW. El rendimiento máximo es inferior al de las turbinas Pelton, siendo aproximadamente el 85%, pero tiene un funcionamiento con rendimiento prácticamente constante para caudales de hasta 1/16 del caudal nominal.



*Rendimiento turbinado flujo cruzado*

## 2.2 Turbinas de reacción

Este tipo de turbinas cuentan con un diseño de rotor que permite aprovechar la presión que aún le queda al agua a su entrada para convertirla en energía cinética. Esto hace que el agua al salir del rotor tenga una presión por debajo de la atmosférica.

Las turbinas de reacción más utilizadas son las Francis y la Kaplan. La mayoría de estas turbinas se componen casi siempre de los siguientes elementos:

- Carcasa o caracol. Estructura fija en forma de espiral donde parte de la energía de presión del agua que entra se convierte en energía cinética, dirigiendo el agua alrededor del distribuidor.
- Distribuidor. Lo componen dos coronas concéntricas; el estator (corona exterior de álabes fijos) y el rotor (corona de álabes móviles).
- Rodete. Es un elemento móvil que transforma la energía cinética y de presión del agua en trabajo.
- Difusor. Tubo divergente que recupera parte de la energía cinética del agua.

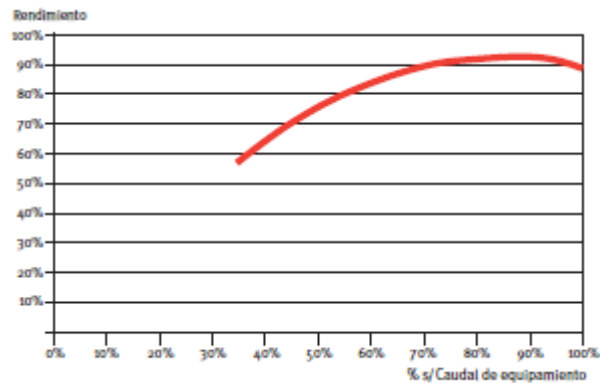
- **Francis.** Esta turbina se adapta muy bien a todo tipo de saltos y caudales, y cuenta con un rango de utilización muy grande. Se caracteriza por recibir el fluido de agua en dirección radial, y a medida que ésta recorre la máquina hacia la salida se convierte en dirección axial.

El rendimiento de las turbinas Francis es superior al 90% en condiciones óptimas de funcionamiento. Permite variaciones de caudales entre el 40% y el 105% del caudal de diseño, y en salto entre 60% y el 125% del nominal.

Los elementos que componen este tipo de turbinas son los siguientes:

- Distribuidor. Contiene una serie de álabes fijos y móviles que orientan el agua hacia el rodete.
- Rodete formado por una corona de paletas fijas, con una forma tal que cambian la dirección del agua de radial a axial.
- Cámara de entrada. Puede ser abierta o cerrada, y tiene forma espiral para dar una componente radial al flujo de agua.

- Tubo de aspiración o de salida de agua. Puede ser recto o acodado, y cumple la función de mantener la diferencia de presiones necesaria para el buen funcionamiento de la turbina.



*Rendimiento turbina Francis*



*Rodete turbina francis*

- **Turbinas Hélice, Semikaplan y Kaplan.** Las instalaciones con turbina hélice se componen básicamente de una cámara de entrada abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rodete con 4 ó 5 palas fijas en forma de hélice de barco y un tubo de aspiración.

Las turbinas Kaplan y Semikaplan son variantes de la Hélice con diferentes grados de regulación. Ambas poseen el rodete con palas ajustables que les proporciona la posibilidad de funcionar en un rango mayor de caudales.

La turbina Kaplan incorpora un distribuidor regulable que le da un mayor rango de funcionamiento con mejores rendimientos, a cambio de una mayor complejidad y un coste más elevado.

El rendimiento es de aproximadamente el 90% para el caudal nominal y disminuye a medida que nos alejamos de él (ver gráfico).

Este tipo de turbinas se emplean generalmente para saltos pequeños y caudales variables o grandes. ¿Cuándo se usa un tipo y otro? En función de las características del aprovechamiento y de los aspectos técnicos y económicos.

- Para una central de tipo fluyente, con un salto prácticamente constante y un caudal muy variable, es aconsejable la utilización de una turbina Kaplan o Semikaplan.
- La turbina de hélice se utiliza en centrales con regulación propia que funcionan con caudal casi constante entre unos niveles máximo y mínimo de embalse.

La variación admitida en el salto en estos tres tipos de turbina es del 60% al 140% del diseño, y en caudal, del 40% al 105% del caudal nominal para la Hélice, del 15% al 110% para las Kaplan, situándose la Semikaplan entre ambas.

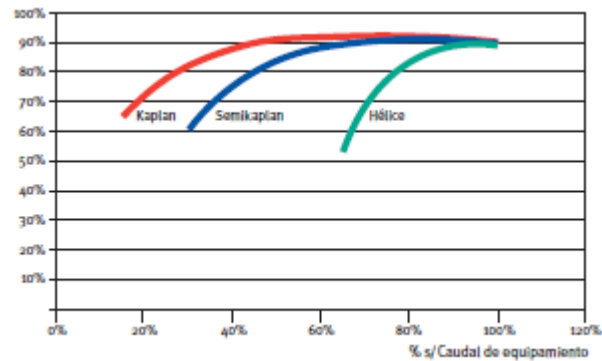
La implantación de este tipo de turbinas suele ser con eje vertical, en cámara abierta o cerrada, aunque en ocasiones es más conveniente otro tipo de instalaciones con eje horizontal o ligeramente inclinado, como las turbinas tubulares o bulbo.

- **Tubular.** Se denominan turbinas tubulares o en “S”. Su implantación puede ser de eje horizontal, inclinado o vertical, y tiene un rendimiento ligeramente superior a las Kaplan en cámara, de entre un 1% o 2%.

- **Bulbo.** El generador está inmerso en la conducción protegido por una carcasa impermeable.

El rendimiento es aproximadamente un 1% superior al de la turbina tubular.

Tiene la ventaja de que la obra civil necesaria se reduce pero los equipos son más complejos y esto dificulta el mantenimiento.



*Rendimiento Turbinas Hélice, Semikaplan y Kaplan.*



*Rodete turbina Kaplan*

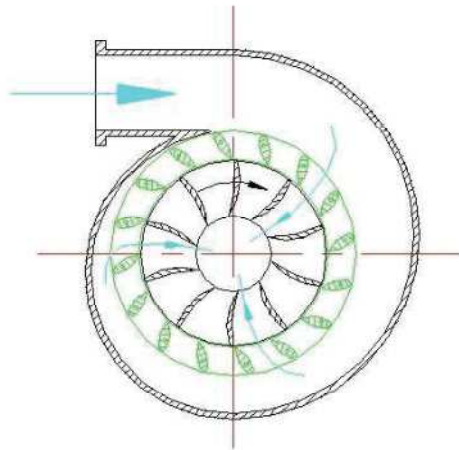
En las turbinas de reacción la presión del agua actúa directamente sobre los álabes del rodete, disminuyendo de valor a medida que avanza en su recorrido. Al estar el rodete completamente sumergido y sometido a la presión del agua, la carcasa que lo envuelve tiene que ser lo suficientemente robusta para poder resistirla. El diseño de rotor que permite aprovechar la presión que aún le queda al agua a su entrada para convertirla en energía cinética. Esto hace que el agua al salir del rotor tenga una presión por debajo de la atmosférica.

La mayoría de estas turbinas se componen casi siempre de los siguientes elementos:

- Carcasa o caracol: estructura fija en forma de espiral donde parte de la energía de presión del agua que entra se convierte en energía cinética, dirigiendo el agua alrededor del distribuidor.
- Distribuidor: lo componen dos coronas concéntricas; el estator (corona exterior de álabes fijos) y el rotor (corona de álabes móviles).
- Rodete: elemento móvil que transforma la energía cinética y de presión del agua en trabajo.
- Difusor: tubo divergente que recupera parte de la energía cinética del agua.

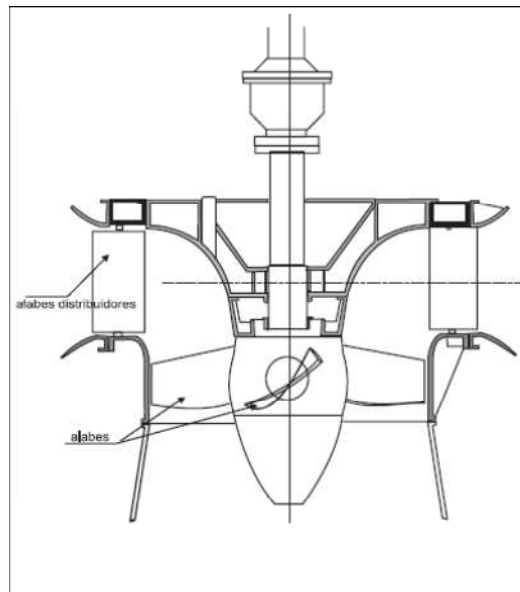
Las turbinas de reacción más utilizadas son las Francis y la Kaplan.

La turbina Francis se adapta muy bien a todo tipo de saltos y caudales, y cuenta con un rango de utilización muy grande. Se caracteriza por recibir el fluido de agua en dirección radial, y a medida que ésta recorre la máquina hacia la salida se convierte en dirección axial.



Las instalaciones con turbinas de hélice se componen básicamente de una cámara de entrada abierta o cerrada, un distribuidor fijo, un rodete con 4 ó 5 palas fijas en forma de hélice de barco y un tubo de aspiración.

Las turbinas Kaplan y Semikaplan son variantes de la Hélice con diferentes ajustables que les proporciona la posibilidad de funcionar en un rango mayor de caudales.



### 3 RANGOS DE UTILIZACIÓN Y RENDIMIENTOS DE LAS DISTINTAS TURBINAS

En función del salto (grande o pequeño) y del caudal (variable o constante, alto o bajo), es más conveniente usar un tipo u otro de turbina. Esto es lo que nos indica el rango de utilización.

Además, hay que tener en cuenta la curva de rendimiento de cada turbina, que varía según sea el caudal de funcionamiento. En general, la turbina a utilizar sería:

- Kaplan. Saltos pequeños y caudales variables.
- Francis. Saltos más elevados y variaciones de caudal moderadas.
- Pelton. Grandes saltos, independientemente de la variación de caudal.

También varía el rendimiento en función del salto donde vayamos a instalar la minicentral. Esta variación es menos acusada, pero conviene analizarla, ya que para obtener una estimación correcta de la energía producida en un aprovechamiento hay que analizar el rendimiento de la turbina en cada régimen de funcionamiento.

También es importante tener en cuenta que las turbinas de reacción grandes ofrecen mejores rendimientos que las pequeñas, ya que el

rendimiento aumenta cuando aumenta el diámetro de salida. Las curvas de rendimiento dadas en los apartados anteriores corresponden a un rodete de tamaño medio. Para rodetes de gran tamaño, superiores a los 3 metro de diámetro, se produce un incremento de rendimiento.

Potencia nominal: es la máxima potencia producida por el generador en condiciones de diseño.

$$P_n = 9,81 \cdot Q_n \cdot H_n \cdot R_t \cdot R_g$$

$P_n$ = Potencia nominal en KW

$Q_n$ = Caudal de equipamiento en m<sup>3</sup>/s

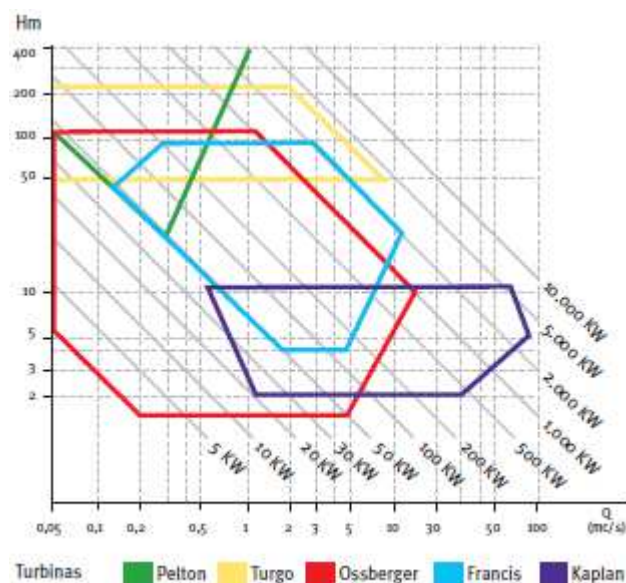
$H_n$ = Salto neto de diseño en metros

$R_t$ = Rendimiento de la turbina para  $H_n$  y  $Q_n$  de diseño

$R_g$ = Rendimiento nominal del generador

## 4 ELECCIÓN DE LA TURBINA

Para elegir la turbina más adecuada a la central se puede emplear un ábaco como el que se muestra a continuación:



Campo de utilización de los diferentes tipos de turbinas

Tomando el salto neto  $H_n = 2.5$  m, y un caudal de  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ; la potencia nominal está dentro del campo de utilización de la turbina Kaplan.

La potencia nominal es la máxima potencia producida por el generador en condiciones de diseño.

## 5 VELOCIDAD ESPECÍFICA

El diámetro del rodete es la dimensión más importante la hora de calcular el tamaño de una turbina. Gracias a su cálculo se podrá dimensionar y distribuir aproximadamente la casa de máquinas. Es de destacar, que las medidas de rodete obtenidas son solamente orientativas, ya que el diámetro final dependerá de las especificaciones del fabricante, siendo el salto ofrecido y el caudal del equipo los expuestos para cada caso.

Las fórmulas que se usan para determinar el diámetro del rodete están en función de la velocidad unitaria, por tanto en primer lugar, es necesario calcular la velocidad.

La velocidad específica de una turbina viene dada por la fórmula:

$$n_s = \frac{n\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

Donde:

- n: velocidad en rpm.
- P: potencia, expresada en CV.
- H: altura del salto neto, en metros.

En general, los fabricantes de turbinas dan la velocidad específica de sus turbinas. Un gran número de estudios estadísticos, realizados sobre turbinas en funcionamiento, han permitido relacionar la velocidad específica con la altura de salto neto, en cada tipo de turbina. A continuación se muestra una tabla donde se recogen estas expresiones para distintos tipos de turbinas, así como el rango de velocidades específicas para cada turbina:

**Correlación entre velocidad específica y altura de salto neto**

|                   |                                  |                       |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Pelton (1 tobera) | $\eta_{QE} = 0.0859/H_n^{0.343}$ | (Servio y Lugaresi)   |
| Francis           | $\eta_{QE} = 1.924/H_n^{0.512}$  | (Lugaresi y Massa)    |
| Kaplan            | $\eta_{QE} = 2.294/H_n^{0.486}$  | (Schweiger y Gregori) |
| Hélice            | $\eta_{QE} = 2.716/H_n^{0.5}$    | (USBR)                |
| Bulbo             | $\eta_{QE} = 1.528/H_n^{0.2837}$ | (Kortze y Wamick)     |

$$n_s = 995 * \eta_{QE}$$

**Rango de velocidades específicas para cada tipo de turbina**

|                        |                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------|
| Pelton de una tobera   | $0.005 < \eta_{QE} < 0.025$                     |
| Pelton de n toberas    | $0.005 * n^{0.5} < \eta_{QE} < 0.025 * n^{0.5}$ |
| Francis                | $0.05 < \eta_{QE} < 0.33$                       |
| Kaplan, hélice, bulbos | $0.19 < \eta_{QE} < 1.55$                       |

Por tanto, por lo anteriormente expuesto, para una turbina Kaplan, con un salto neto de 2,3 metros, se obtiene:

$$\eta_{QE} = 1,53$$

Valor dentro del rango de velocidades específicas para la turbina Kaplan.

$$\eta_s = 1522,7 \text{ rpm}$$

Conocido el valor de la velocidad específica, se puede obtener el valor de la velocidad:

$$n = 585 \text{ rpm}$$

Según la cuantía de dicha velocidad, podemos establecer la siguiente clasificación:

| Velocidad específica en r.p.m | Tipo de turbina        | Altura del salto en m |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Hasta 18                      | Pelton de un inyector  | 800                   |
| De 18 a 25                    | Pelton de un inyector  | 800 a 400             |
| De 26 a 35                    | Pelton de un inyector  | 400 a 100             |
| De 26 a 35                    | Pelton de dos inyector | 800 a 400             |
| De 36 a 50                    | Pelton de dos inyector | 400 a 100             |

| Velocidad especifica en r.p.m | Tipo de turbina           | Altura del salto en m |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| De 51 a 72                    | Pelton de cuatro inyector | 400 a 100             |
| De 55 a 72                    | Francis muy lenta         | 400 a 200             |
| De 70 a 120                   | Francis lenta             | 200 a 100             |
| De 120 a 200                  | Francis normal            | 100 a 50              |
| De 200 a 300                  | Francis rápida            | 50 a 25               |
| De 300 a 450                  | Francis extrarrápida      | 25 a 15               |
| De 400 a 500                  | Hélice extrarrápida       | 15                    |
| De 270 a 500                  | Kaplan lenta              | 50 a 15               |
| De 500 a 800                  | Kaplan rápida             | 15 a 5                |
| De 800 a 1100                 | Kaplan extrarrápida       | Menos de 5            |

Dependiendo del número de revoluciones específico, tendremos necesitaremos una Kaplan lenta, rápida o extra rápida. En nuestro caso nos situaremos en el campo de las Kaplan extra rápidas.

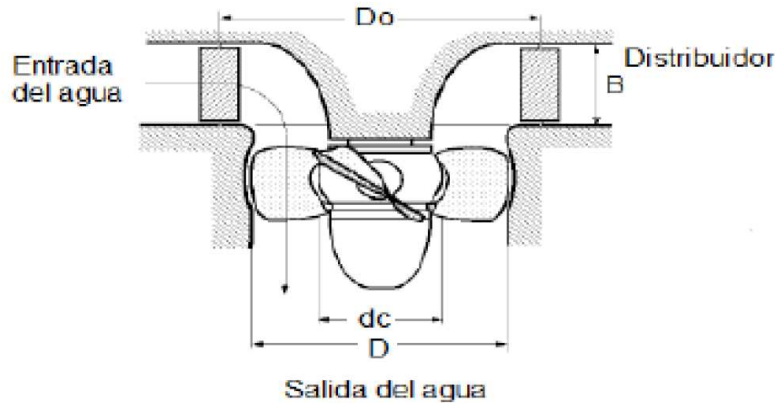
Con esto, se puede calcular el diámetro del rodete. A continuación se muestra la sección transversal de una turbina Kaplan:

## 6 NUMERO DE POLOS DEL ALTERNADOR

En segundo lugar tendremos en cuenta el número de pares de polos que deberá tener el generador. Acoplada a un alternador para suministrar corriente a 50 hertzios dicho número de pares de polos viene dado por la formula

$$N=60*\frac{f}{P} \rightarrow P=6$$

## 7 DIÁMETRO DEL RODETE



En la fase preliminar del proyecto, se puede calcular el diámetro exterior,  $D_e$ , mediante la expresión:

$$D_e = 84,51 * (0,79 + 1,602 * \eta_{QE}) * \frac{\sqrt{H_n}}{n}$$

Sustituyendo se obtiene:

$$D_e = 0,72 \text{ m}$$

Conocido éste, el diámetro del eje del rodete se calcula como:

$$D_i = \left( 0,25 + \frac{0,0951}{\eta_{QE}} \right) * D_e$$

Sustituyendo por los valores anteriormente calculados, se obtiene un diámetro de rodete:

$$D_i = 0,226 \text{ m}$$

## 8 ACOPLAMIENTO TURBINA GENERADOR

Podemos hacer que la turbina gire a ese mismo número de revoluciones y conectarla al alternador de forma directa, o bien, hacerla girar a un número de revoluciones diferente y acoplarla mediante un multiplicador. En este caso, se ha optado por la segunda opción.

## 9 NÚMERO DE ALABES

La solidez informa claramente del número de álabes que presenta el rodete. Existe una relación entre el número óptimo de álabes y la velocidad específica. Para valores de  $ns$  bajos, se tienen alturas ( $H$ ) mayores, por lo que se extrae mayor energía por unidad de volumen de agua. Por tanto, hay que proporcionar mayor deflexión a los álabes para conseguir altos intercambios de energía. Se tienen que retorcer más los álabes, haciendo más costoso el guiado, necesitándose mayor número de álabes.

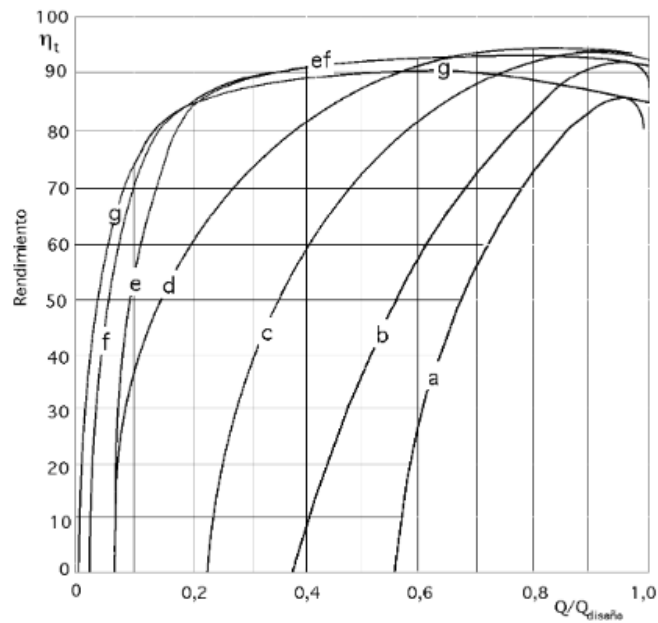
De la siguiente tabla obtenemos el número de alabes óptimo para la turbina:

| Ns        | Z    |
|-----------|------|
| 400 – 500 | 7- 8 |
| 500 - 600 | 6    |
| 600 - 750 | 5    |
| 750 – 900 | 4    |
| > 900     | 3    |

Por ello, la turbina tendrá 6 alabes.

## 10 RENDIMIENTO

Las turbinas Kaplan son turbinas de hélice con la particularidad de que sus alabes son orientables. Esto permite adaptar de forma excelente el caudal real al caudal de diseño manteniendo un óptimo rendimiento para caudales bajos, tal y como se indica en la siguiente grafica



Rendimiento total de diferentes tipos de turbina.

- a. Turbina hélice  $n_s=1050$  rpm (curva en gancho)
- b. Turbina hélice  $n_s=650$  rpm
- c. Turbina Francis  $n_s=500$  rpm
- d. Turbina Francis  $n_s=250$  rpm
- e. Turbina Kaplan  $n_s=230$  rpm
- f. Turbina Kaplan  $n_s=500$  rpm
- g. Turbina Pelton  $n_s=10$  a 30 rpm (curva plana)

Por tanto, la maquina tendrá un rendimiento de un 85,5%

Las dimensiones fundamentales requeridas para una turbina Kaplan se muestra en la siguiente figura:

## 11 SOLUCIÓN ADOPTADA

Según lo expresado en el Anejo 3 sobre viabilidad producción-inversión, para un caudal de equipamiento de  $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$  y un salto neto de 2,3 metros se obtiene una potencia de 25.24Kw. Dada que esta potencia no es normalizada, el fabricante oferta turbina Kaplan de 25 kW

Las características de la turbina:

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| Potencia (kW)                   | 25  |
| Caudal( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 1,2 |
| Rendimiento (%)                 | 0,8 |
| Diámetro del rodete (m)         | 0.8 |
| Velocidad de giro(rpm)          | 585 |

A continuación se especificará más en detalle las características técnicas de la turbina proporcionadas por el fabricante:

**Minicentral hidroeléctrica  
LOS OBESOS (REINOSA)**

**SUMINISTRI DE EQUIPOS ELECTROMECHANICOS  
TRABAJJOS DE MONTAJE, PUESTA EN MARCHA Y  
TRANSPORTE DE LOS EQUIPOS EEMM**

## **OFERTA TECNICA**

**Fecha oferta Abril de 2013  
14-311 LOS OBESOS (CANTABRIA)**

# OFERTA TÉCNICA

*Fabricación de un grupo electromecánico Kaplan*

*Configuración “eje vertical, simple regulación, en salto de canal”*

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| LUGAR        | MCH LOS OBESOS         |
| SOCIEDAD     | TURBINADOR S.L.        |
| DESTINATARIO | Nieves Fernández Sainz |
| PAIS         | ESPAÑA                 |
| REFERENCIA   | 13-6164B/NT            |
| FECHA        | 18/04/2015             |

## CARACTERISTICAS DEL GRUPO

| Salto neto(metros)     | Caudal nominal(l/s)          | Potencia eléctrica(kW) |
|------------------------|------------------------------|------------------------|
| 2,3                    | 1200                         | 25                     |
| Potencia en el eje(KW) | Rendimiento máximo total (%) | Potencia máxima(kW)    |
| 28,9                   | 0.81                         | 27                     |

## RENDIMIENTOS

|                | 10/10 | 9/10 | 8/10 | 7/10 | 6/10 | 5/10 | 4/10 |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Turbina        | 89,5  | 89,5 | 88,1 | 86,1 | 84,1 | 84,0 | 74,0 |
| Multiplicador  | 97,0  | 97,0 | 97,0 | 97,0 | 97,0 | 97,0 | 97,0 |
| Generador      | 94,0  | 94,0 | 94,0 | 94,0 | 93,5 | 93,0 | 93,0 |
| TOTAL (%)      | 81,6  | 81,6 | 80,3 | 78,5 | 76,3 | 75,8 | 66,8 |
| Pot. Eléctrica | 80,1  | 72,1 | 63,1 | 54,0 | 44,9 | 37,2 | 28,2 |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### TURBINA

| Tipo                                                          | Modelo                           | Implantación                       |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| KAPLAN                                                        | K 804 AET                        | En salto de canal                  |
| Posición eje                                                  | Construcción                     | Empuje<br>hidráulico(Toneladas)    |
| Vertical                                                      | ANDRITZ HYDRO                    | 2,5                                |
| Diámetro del<br>rodete(mm)                                    | Manto del rodete                 | Cojinete superior                  |
| 800                                                           | Cilíndrico                       | Rodamiento tope+Rótula<br>rodillos |
| Velocidad de<br>rotación(rpm)                                 | Caudal de arranque(l/s)          | Cojinete guía inferior             |
| 585                                                           |                                  | Rodamiento rotula                  |
| Estanqueidad inferior                                         | Lubricación cojinetes            | Engrase                            |
| Cierre mecánico                                               | Grasa                            | Manual                             |
| Maniobra de la palas                                          | Abertura de las palas            | Cierre de las palas                |
| Automática                                                    | Cilindro hidráulico              | Resortes                           |
| Maniobra de las<br>directrices                                | Abertura de las<br>directrices   | Cierre de las directrices          |
| Fijas                                                         | Fijas                            | Fijas                              |
| Cojinetes palas                                               | Material de las palas            | Número de patas                    |
| Sintético auto lubricado                                      | Fundición GS400 amolada          | 6                                  |
| Palier des directrices                                        | Material des directrices         | Nombre de directrices              |
| Fijas                                                         | Acero s235 JR                    | Fijas                              |
| Captación posición<br>palas                                   | Captador posición<br>directrices | Altura de aspiración               |
| Analógico de<br>hilo(6→20mA)                                  | Fijas                            | 2,5                                |
| Chasis tensor                                                 |                                  | Diámetro de entrada(mm)            |
| Soporte generador con cojinetes intermedios y<br>acoplamiento |                                  | 1030                               |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### PROTECCIÓN ANTI-CORROSIÓN

| Caras interiores en contacto con el agua                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Arenaje G2.5 + Capa primaria Epoxy + Capa final RAL 5021 Azul agua<br>(Esp total : 150μ) |
| Capas exteriores en contacto con el aire                                                 |
| Arenaje G 2.5 +Capa primaria Epoxy + Capa final RAL 5021Azul agua<br>(Esp total :150 μ)  |

### MULTIPLICADOR DE CORREA

| Fabricación             | Tipo                      | Rendimiento (%)       |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Incluida                | Correa plana HABASIT      | 97                    |
| Velocidad primaria(rpm) | Velocidad secundaria(rpm) | Potencia de la correa |
| 454                     | 1000                      | 97                    |

### ASPIRACION

| Fabricación               | Forma                     | Partes incluidas    |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| Incluida                  | Rectilínea                | Completa            |
| Protección anti-corrosión | Velocidad secundaria(rpm) | Espesor de la chapa |
| Idéntica turbina          | 1000                      | 5mm                 |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 4: Equipamiento de la turbina

#### CONDUCCIÓN DE ENTRADA

| Fabricación                   | Forma                                                       | Partes entregadas    |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------|
| Incluida                      | Entre compuerta y turbina                                   | Completa             |
| Tensiones lado turbina(mm)    | Altura lado canal(mm)                                       | Ancho lado canal(mm) |
| 1200 x 1600                   | 1200                                                        | 1600                 |
| Protección anti-corrosión     | Construcción                                                | Espesor de la chapa  |
| Idéntica turbina              | Metálica, Acero S 235 JR                                    | 6mm                  |
| Informaciones complementarias | Pieza adaptada a las dimensiones de la compuerta de entrada |                      |
|                               |                                                             |                      |

#### CENTRAL HIDRÁULICA

| Fabricación          | Maniobra               | Fabricante            |
|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Incluida             | Palas rodete/compuerta | ETHYWAG               |
| Depósito             | Electrodistribuidores  | Características       |
| Acero 30 litros      | Hawe, VICKERS, ATOS    | 1.1kW/100 bar/5litros |
| Nivel bajo           | Señal temperatura alta | Nivel visual          |
| Incluido             | Incluido               | Incluido              |
| Bornero de conexión  | Obstrucción filtro     | Vaciado               |
| Incluido             | Incluido               | Incluido              |
| Bandeja de retención | Aceite                 | Tipo de aceite        |
| No incluida          | 1er llenado            | Esso Unis ISO 22      |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### GENERADOR

| Fabricación                   | Tipo                                                                   | Tensión(voltios)         |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Incluida                      | Generador asíncrono estándar                                           | 400voltios               |
| Fabricantes                   | Modelo                                                                 | Refrigeración            |
| ABB o similar                 |                                                                        | Aire(IC01)               |
| Embalamiento/Duración         | Cos(phi)                                                               | Rendimiento (%)          |
| 2000rpm-5minutos              | 0.8                                                                    | 94                       |
| Sondas en los devanados       | Sondas en los cojinetes                                                | Control de velocidad     |
| Tipo PTC(x3)                  | Tipo PTC(x2)                                                           | No incluido              |
| Cálculo de rodamientos        | Cojinete extremo eje                                                   | Cojinete opuesto extremo |
| No definido                   | Rodamiento/Grasa                                                       | Rodamiento/grasa         |
| Clase de calentamiento        | Clase de aislamiento                                                   | Protección               |
| B                             | F                                                                      | IP23                     |
| Velocidad(rpm)                | Frecuencia(Hz)                                                         | Potencia eléctrica(kW)   |
| 1000                          | 50                                                                     | 100                      |
| Informaciones complementarias | Refrigeración natural por ventilador<br>Resistencia de caldeo incluida |                          |
|                               |                                                                        |                          |

### CONSUMIBLES

| Propuesta    |  |
|--------------|--|
| No propuesta |  |
|              |  |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### COMPUERTA

| Fabricación                    | Tipo                           | Modelo                |
|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Incluida                       | Compuerta canal                | V164C                 |
| Ancho panel(mm)                | Altura panel(mm)               | Altura de levante(mm) |
| 1060                           | 1720                           | 2000                  |
| Material chasis                | Material panel                 | Estanqueidad superior |
| Acero mecano soldado<br>S234JR | Acero mecano soldado<br>S235JR | Junta nota musical    |
| Final de carrera               | Anclaje suelo                  | Estanqueidad inferior |
| Incluido(presostato)           | Incluido                       | Junta nota musical    |
| Funcionamiento                 | Abertura                       | Cierre                |
| Automático                     | Cilindro hidráulico            | Contrapeso/Gravedad   |

### PIEZAS DE RECAMBIO

| Propuesta       | RELACION DE PIEZAS DE RECAMBIO EN<br>DOCUMENTACION DE MANTENIMIENTO |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------|
| Archivo adjunto |                                                                     |
|                 |                                                                     |

### VISTAS INSTALACIÓN

| Propuesta           |  |
|---------------------|--|
| No incluidas        |  |
| Número de reuniones |  |
| 0                   |  |
|                     |  |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### DOCUMENTACIÓN

| Visita previa instalación | Visitas instalación           | Lenguaje de comunicación |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| No propuesta              | Ver cuadro siguiente          | Español/Francés          |
| Plano guía Obra civil     | Documentos técnicos asociados | Informaciones eléctricas |
| Incluido                  | Incluido                      | Incluidas                |
| Planos globales mecánicos | Notas de cálculo              | Planos de detalle        |
| Planos de subconjuntos    | Incluidas                     | No incluidos             |
| Ficha de mantenimiento    | Control de calidad            | Documentación final      |
| Incluida                  | Según estándar ANDRITZ HYDRO  | CD                       |

### EMBALAJE Y TRANSPORTE

| Embalaje                                                     | Carga                                                                  | Transporte       |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------|
| No incluido                                                  | Incluida                                                               | Incluido         |
| Lugar de carga                                               | Lugar de descarga                                                      | Número de viajes |
| Talleres ANDRITZ HYDRO/TOUL                                  | Instalación de los OBESOS                                              | 1                |
| Transporte 1<br>Transporte 2<br>Transporte 3<br>Transporte 4 | Turbina, generador, compuerta y materiales                             |                  |
| Informaciones complementarias                                | Transporte de dimensiones normales<br>Acceso a obra libre para tráiler |                  |
|                                                              |                                                                        |                  |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### MONTAJE

| Propuesta                     | Número de intervenciones                                                                                                                                              | Tipo de prestación           |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Incluido                      | 1                                                                                                                                                                     | Montaje EEMM                 |
| Intervención 1                | Nombre de montadores                                                                                                                                                  | Trabajos a realizar          |
|                               | 2                                                                                                                                                                     | Montaje turbina completa     |
| Gastos de desplazamiento      | Herramientas                                                                                                                                                          | Grúas/Elementos de elevación |
| Incluidos                     | Incluidas                                                                                                                                                             | No incluidas                 |
| Duración                      | Responsables                                                                                                                                                          |                              |
| 5 días                        | Jefe montaje                                                                                                                                                          |                              |
| Intervención 2                | Nombre de montadores                                                                                                                                                  | Trabajos a realizar          |
|                               | 2                                                                                                                                                                     | Instalaciones anexas         |
| Gastos de desplazamiento      | Herramientas                                                                                                                                                          | Grúas/Elementos de elevación |
| Incluidos                     | Incluidas                                                                                                                                                             | No incluidas                 |
| Duración                      | Responsables                                                                                                                                                          |                              |
| 4 días                        | Jefe montaje                                                                                                                                                          |                              |
| Intervención 3                | Nombre de montadores                                                                                                                                                  | Trabajos a realizar          |
|                               |                                                                                                                                                                       |                              |
| Gastos de desplazamiento      | Herramientas                                                                                                                                                          | Grúas/Elementos de elevación |
|                               |                                                                                                                                                                       |                              |
| Duración                      | Responsable                                                                                                                                                           |                              |
|                               |                                                                                                                                                                       |                              |
| Informaciones complementarias | El proceso de fabricación reduce los tiempos de montaje<br>La duración anunciada es indicativa<br>Todo retraso no imputable al montaje puede ser objeto de sobrecoste |                              |
|                               |                                                                                                                                                                       |                              |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### ELEMENTOS DE MONTAJE

| Propuesta                     | Tipo de grúa           | Duración        |
|-------------------------------|------------------------|-----------------|
| No incluida                   | Puente grúa/Grúa móvil | Montaje equipos |
| Informaciones complementarias |                        |                 |
|                               |                        |                 |

### REGLAJES Y ENSAYOS

| Propuesta                | Número de montadores | Duración                 |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| Incluidos                | 1 jefe de montaje    | 2 días en obra           |
| Gastos de desplazamiento | Herramientas         | Número de intervenciones |
| Incluidos                | incluidas            | UNA                      |

### PLAZOS

|                        |             |            |
|------------------------|-------------|------------|
| Entrega de planos      | 6-8 semanas | 00/00/2015 |
| Disposición aspiración |             | 00/00/2015 |
| Disposición en taller  | 7-8 meses   | 00/00/2015 |
| Puesta en marcha       |             | 00/00/2015 |

Plazos a partir de la realización del primer pago y la firma del contrato

### NO INCLUIDO

Trabajos de obra civil, grúas, seguimiento de obra.  
Todas las prestaciones no incluidas en la oferta

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### LIMITE DE SUMINISTRO Y PRECIOS UNITARIOS

|                      |                      |             |
|----------------------|----------------------|-------------|
| <b>TURBINA</b>       | Incluida             | 39.661,95€  |
| <b>MULTIPLICADOR</b> | Incluida             |             |
| <b>ASPIRACIÓN</b>    | Incluida             | 9.806,54    |
| <b>CONDUCCIÓN DE</b> | Incluida             | 8.056,91€   |
| <b>ENTRADA</b>       | Incluida             | 49.102€     |
| <b>GENERADOR</b>     | Incluida             | 11.705,08€  |
| <b>COMPUERTA</b>     | Incluida             |             |
| <b>CENTRAL</b>       | No propuesta         |             |
| <b>HIDRÁULICA</b>    | En archivo adjunto   |             |
| <b>CONSUMIBLES</b>   |                      |             |
| <b>PIEZAS DE</b>     | Según descripción    |             |
| <b>RECAMBIO</b>      | Incluido             | 8.764,21€   |
| <b>DOCUMENTACIÓN</b> | Incluido             | 15.390,47€  |
| <b>TRANSPORTE</b>    | No incluida          |             |
| <b>MONTAJE</b>       | Incluidos            | 8.875,90€   |
| <b>ELEMENTOS DE</b>  |                      |             |
| <b>MONTAHE/GRÚA</b>  |                      |             |
| <b>REGLAJES Y</b>    |                      |             |
| <b>ENSAYOS</b>       |                      |             |
| Precio por grupo     | <b>TOTAL sin IVA</b> | 158.377,64€ |

### ANEXOS

### VALIDEZ

|                                           |  |                             |
|-------------------------------------------|--|-----------------------------|
| <b>Condiciones generales<br/>de venta</b> |  | <b>Validez de la oferta</b> |
|                                           |  | 60días                      |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 4: Equipamiento de la turbina

### GARANTIAS

| Duración  | Limitación             | Mano de obra |
|-----------|------------------------|--------------|
| 12meses   | 18meses desde MDT      | Incluida     |
| Piezas    | Desplazamientos/Dietas | Grúas        |
| Incluidas | No incluidos           | No incluidas |

El periodo de garantía empieza después de la primera puesta en servicio

### PAGOS

| Hito1      | Pedido                                             |                 |
|------------|----------------------------------------------------|-----------------|
| Fecha      | Porcentaje (%)                                     | Total(sin IVA)  |
| 00/00/2015 | 30                                                 | 42.420,00€      |
|            |                                                    |                 |
| Hito 2     | Mitad fabricación                                  |                 |
| Fecha      | Porcentaje (%)                                     | Total(sin IVA)  |
| 00/00/2015 | 30                                                 | 45.420,00€      |
|            |                                                    |                 |
| Hito 3     | Material disponible en taller(MDT)                 |                 |
| Fecha      | Porcentaje (%)                                     | Total (sin IVA) |
| 00/00/2015 | 5                                                  | 45.420,00€      |
|            |                                                    |                 |
| Hito 4     | Puesta en funcionamiento(Máximo 60 días desde ;DT) |                 |
| Fecha      | Porcentaje (%)                                     | Total (sin IVA) |
| 00/00/2015 | 5                                                  | 7.570,00€       |

|                       |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| <b>MÉTODO DE PAGO</b> | Carta de crédito. Transferencia |
|-----------------------|---------------------------------|

### INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS

#### **ACCESORIOS**

Tornillería, central hidráulica, aceite 1er llenado, finales de carrera están incluidos en la oferta

#### **GARANTÍA DEL CLIENTE**

El cliente proporcionará antes del lanzamiento en fabricación una garantía bancaria pagadera a primera demanda hasta un máximo del 70%.

El total de la garantía disminuirá según los pagos realizados

En el caso de retraso en la entrega de la garantía alargará el plazo de entrega de los equipos.

## **Central hidroeléctrica LOS OBESOS**

### **Fabricación de un grupo hidráulico**

### **Descripción técnica**

Documento: DD 13-6385<sup>a</sup>/NT du 18 mayo 2015

### **Turbina Kaplan k604 AET**

#### **Generalidades**

- Turbina estándar de tipo KAPLAN, de 6 palas y directrices fijas
- Eje de rotación vertical, Configuración<<En salto de canal>>
- Transmisión al generador mediante un multiplicador de correa plana.
- Bastidor monobloc mecanizado para soporte del cuerpo del rodete, eje de potencia, cojinete guía, cojinete de tope, polea multiplicador, cilindro, permitiendo un montaje y alineación completa en taller.
- Conexiones hidráulicas y eléctricas realizadas en taller, Borneros de conexiones.
- Material totalmente montado en taller antes de embalaje y expedición.(en ocasiones desmontado para el transporte)
- Tornillería interior en acero inox A2, Tornillería exterior en acero ZBB, calidad 8.8
- Elementos de manipulación.

#### **Maniobra de las palas/ Núcleo rodete (SE K11)**

- Palas moldeadas en Cupro-Aluminium INOXYDA, mecanizado del eje de la País y amolado manual de las caras de las palas.
- Núcleo en fundición GS400
- Accionamiento mecánico de las palas por tija de maniobra emplazada en el interior del eje de potencia y guiado anillos auto lubricados.

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 4: Equipamiento de la turbina

- Mecanismo de maniobra de las palas situado en el interior del núcleo mediante articulaciones montadas en anillos auto lubricados.
- Cojinete de las pales en material auto lubricante sintético.
- Estanqueidad de los ejes de las palas mediante juntas teóricas dobles cuadradas.
- Lubricación del núcleo mediante grasa.

#### **Cilindro de maniobra de las palas (SE K21)**

- Abertura de las palas mediante cilindro hidráulico de gran diámetro funcionando a baja presión (30-40bars) para mejorar la vida útil de la junta rotativa que introduce el aceite.
- Cierre de las palas mediante resortes integrados en el núcleo( cierre sin energía)
- Cilindro situado en la parte superior de la turbina
- Tiempo de cierre:5-20seg.Tiempo de apertura:40-60segundos(regulable en los ensayos)

#### **Cojinete guía lado rodete (SE K02)**

- Tiene la función mantener y guiar el eje de potencia y el núcleo
- Cojinete compuesto por un rodamiento de doble hilera de rodillos a rótula. Lubricación mediante
- grasa. Engrase manual.
- Estanqueidad de eje mediante cierre mecánico WARTSILA, modelo EK (similar a los utilizados en el eje de las hélices de los barcos)

#### **Cojinete tope lado polea (SE K01)**

- Tiene la función de retomar los esfuerzos de empuje hidráulico, de la tensión de la correa y el peso del conjunto del eje de potencia.
- Cojinete compuesto por rodamiento a rodillo(axial) y de un rodamiento de doble hilera de rodillos a rótula .Lubricación mediante grasa. Engrase manual.
- Estanqueidad del eje mediante juntas de labios montado sobre los anillos templados rectificados.

#### **Ejes (SE k61)**

- Eje de potencia realizado en tubo mecánico sin soldadura (20MV6), sin piezas añadidas.
- Unión con el núcleo y la polea mediante aros expansivos sobredimensionados.
- Eje monobloc de maniobra de las palas emplazado en el centro del eje de potencia concitando la maniobra en el núcleo y el cilindro de maniobra.

#### **Bastidor (SE K41)**

- Bastidor mecano soldado realizado en chapa de acero S235JR, espesor 10mm, mecanizado después de la soldadura.
- Estanqueidad de las bridas mediante junta de silicona.
- Distribuidor fijo integrado en el bastidor.
- Manto del rodete cilíndrico.

#### **Multiplicador (SE K31)**

- Multiplicador de correa plano.(fabricación HABASIT o similar)
- Polea motriz mecano soldada (dimensiones definidas por el fabricante de la correa).
- Sistema para tensionado de la correa integrado.

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 4: Equipamiento de la turbina

- Soporte del generador compuesto por una polea receptora, de 2 cojinetes tensores SKF y de un acoplamiento semielástico KTR

#### Protección anti-corrosión

- Protección anticorrosión exterior mediante Arenaje seguido de 2 capas de pintura epoxy. Color Azul Agua RAL 5021.Espesor total 150/200μ.
- Captadores en la turbina
- Sonda de temperatura tipo PT100 en el cojinete de tope.Fabricante IFM
- Sondas de temperatura tipo PT100 en cada cojinete tensor(2).Fabricación IFM
- **Central hidráulica (SE K91)**
- Central hidráulica común para la maniobra de palas y compuerta.
- Fabricación ETHYWAG
- Reseña metálica pintada: 30 litros.
- Motor:1.1kW,230/400voltios,IP55,1500rpm
- Caudal de funcionamiento:3litros/mn, Presión 80-140bars según la aplicaciones
- “Electrodistribuidores estancos de bola HAWE,” Electrodistribuidores VICKERS, Alimentación 24volts, Presostatos de seguridad en cada alimentación.
- Nivel bajo eléctrico. Termómetro (1 umbral de desconexión).
- Nivel de aceite vidual con indicador visual de temperatura.
- Orificio de relleno
- Orificio de vaciado mediante válvula manual ¼ de vuelta.
- retornos al depósito G3/8, 2 salidas G3/8
- Limitador de presión, válvula de regulación, presostato de seguridad electrónico IFM en cada alimentación manómetro de control
- Aceite 1er llenado, Fabricación ESSO, Tipo Univis 46

#### **Aspiración**

- Aspiración metálica de forma rectilínea
- Forma hidráulica definida
- Construcción mecano soldada en chapa de acero S235JR
- Tornillería de fijación ZBB
- Elementos de maniobra.
- Protección anticorrosión exterior mediante Arenaje seguido de 2 capas de pintura epoxy. Color Azul Agua RAL 5021.Espesor total 150/200μ.

#### **Conducción de entrada:**

- Conducción de entrada metálica que conforma la entrada de agua que conecta la turbina con la obra civil.
- Forma circular lado turbina, forma rectangular lado compuerta con adaptación dimensional a la compuerta.
- Construcción en chapa de acero S124JR, espesor 6mm, construcción mecano soldada.
- Tornillería de fijación ZBB
- Estanqueidad entre conducción y turbina mediante junta de silicona.
- Elementos de maniobra.
- Protección anticorrosión exterior mediante Arenaje seguido de 2 capas de pintura epoxy color Azul Agua RAL 5021.Espesor total 150/200μ.
- Protección anticorrosión interior mediante Arenaje seguid de 1 capa primaria Epoxy y de 2 capas de pintura epoxy color Azul Agua RAL 5021.Espesor total 150/200μ.

### **Generador**

#### **Características**

- Generador asíncrono de fabricación estándar
- Fabricación: ABB(Finlandia)
- Eje vertical, Forma B3
- Velocidad nominal normalizada:1000rpm, velocidad de embalamiento:2000rpm
- Clase de calentamiento(80grados),Protección :IP23
- Tensión nominal:420voltios,Frecuencia 50Hz
- Refrigeración natural mediante ventilador

#### **Captadores en el generador.**

- Sonda PTC en devanados

### **Compuerta canal:**

#### **Características**

- Compuerta automática tipo canal destinada al paro de la turbina sin energía.
- Marco en acero mecano soldado (UPE200), a sellar en la obra civil adaptado a las dimensiones de la conducción de entrada.
- Panel en acero mecano soldado, compuesto de una chapa de gran espesor formado contrapeso(20-30mm),reforzado mediante hierros horizontales(HEB 100)
- Deslizamiento entre el marco y el panel mediante Nylon(sección 50x 20mm)sobre Inox (Sección 50x 15mm)
- Junta de estanqueidad tipo nota de música en el I aparte superior e inferior del panel
- Estanqueidad de la compuerta:95%

#### **Captadores en la compuerta**

- Final de carrera Compuerta abierta del tipo Presostato electrónico.  
Fabricante IFM

#### **Prestaciones asociadas**

##### **Estudios técnicos**

Los estudios técnico asociados consisten en la realización de los planos técnicos completos de la central con los sistemas hidráulicos, la forma precisa de materiales, las cargas a soportar. Estos planos se suministran en formato informático.

Los cálculos de estructuras relacionadas con el edificio no se realizan

Se entrega la hoja de cálculo de la turbina, el esquema de borneros eléctricos y la lista de conexiones eléctricas.

##### **Visitas a la instalación**

El número de visitas a la instalación están indicadas en la oferta técnica (sin incluir los trabajos de montaje y puesta en marcha).Previa petición y por cuenta del cliente, otras visitas son posibles.

##### **Obra civil.**

Las operaciones de sellado, encofrado, así como os trabajos de obra civil son a cargo del cliente.

La obra debe tener una disposición en seco previamente a la instalación de los equipos electromecánicos y será a cargo del cliente o su empresa de ingeniería civil

##### **Estocaje**

Si un desfase importante aparece entre la puesta a disposición del material y su instalación, será necesario prever un almacenamiento provisional cerca del lugar o en un distribuidor profesional. Los gastos resultantes de este almacenamiento no están a cargo de ANDRITZ HYDRO

#### **Recepción en atelier**

Una recepción en taller en presencia del cliente es posible. Consistirá en presentar y controlar el límite del suministro encargado. Se emitirá un acta de recepción en taller en esta visita.

#### **Reglajes y ensayos**

Esta fase permite efectuar todos los ajustes necesarios, comprobar la buena rotación y controlar los resultados. Durante esta fase se realiza un control del montaje realizado por el cliente o por una sociedad independiente.

ANDRITZ HYDRO pone a disposición un jefe de montaje especializado por el período de tiempo indicado en el presupuesto.

Las pruebas y controles eléctricos deberán realizarse previos a los reglajes y ensayos.

#### **Documentación técnica**

Se proporciona una documentación que incluye toda la información necesaria, las fichas técnicas de los distintos materiales utilizados, los esquemas hidráulicos, las operaciones de mantenimiento, el certificado del material del rodete (cupro-aluminio).

Se adjuntan a esta documentación todos los documentos resultantes de nuestro procedimiento interno de control de calidad. No se proporcionan: los planos mecánicos globales, el plano del eje de potencia y la nomenclatura.

Se proporcionarán en español/francés, en forma de CD (formato PDF).

#### **Garantía de funcionamiento**

La garantía se fija en 12 meses siguientes a la puesta en marcha. Es referente a las partes y a la mano de obra excepto los desplazamientos y los servicios de grúa. Se limita a 18 meses desde la puesta a disposición en taller.

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 4: Equipamiento de la turbina

#### **Gestión**

|                                                                |                  |
|----------------------------------------------------------------|------------------|
| Estudios de implantación                                       | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Estudios de conceptos mecánicos e hidráulicos                  | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Normalización y estandarización                                | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Realización de los planos de detalle(·D)                       | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Nomenclaturas, Notas de cálculos, Dossiers técnicos            | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Interface eléctrica, captadores: Fabricación de piezas turbina | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Ensamblaje de la turbina en taller                             | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Ensamblaje en taller conjunto                                  | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Cableado de los borneros eléctricos                            | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Seguimiento                                                    | ANDRITZ<br>HYDRO |
| Documentación final                                            | ANDRITZ<br>HYDRO |

### **Organización de la Calidad**

#### **A nivel de estudios**

- Notas de cálculo informáticos en formato EXCEL
- Planos globales realizados sobre CAO 3D(INVENTOR 2013)/DAO(AUTOCAD 2013)
- Planos globales realizados sobre CAO 3D(INVENTOR 2013)/DAO (AUTOCAD 2013)
- Planos de detalle realizados sobre CAO 3d(INVENTOR 2013/DAO(AUTOCAD 2013)
- Nomenclatura informáticas automatizadas bajo formato EXCEL
- Localización de los asuntos por número
- Tres expedientes específicos para cada asunto(financiero, técnico, montaje)
- Ficha de seguimiento de los estudios

#### **A nivel de ensayos en taller**

- Rotación a la mano de las partes giratorias
- Localización de las posiciones Apertura/Cierre de las palas
- Funcionamiento del grupo hidráulico
- Estudio al final de montaje con análisis de los posibles problemas ocurridos

#### **A nivel de ensayos en la instalación**

- Control de los aprietes, del tiempo de cierre, de las alineaciones
- Control de los funcionamientos
- Control del funcionamiento de los captadores.
- Control de las temperaturas , ruidos, vibraciones(equipo específico)
- Presencia sistemática de un montador con experiencia a las pruebas in situ

#### **Documentos redactados**

- Realización durante el montaje en taller de una ficha “control-calidad en taller”. Esta ficha incluye las especificidades del material que debe proporcionarse, toda la información destinada al montaje y lista de todos los controles a efectuar en el montaje.

#### **Documentos externos entregados**

- Acta de pruebas en taller del generador
- Acta de pruebas en taller del grupo hidrolíco

## **ANEJO 5: DATOS DE PARTIDA**

## ANEJO 5: DATOS DE PARTIDA.

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 5: DATOS DE PARTIDA. ....                                   | 128 |
| 1 SALTO BRUTO .....                                               | 129 |
| 1.1 PÉRDIDAS DE CARGA .....                                       | 129 |
| 1.1.1 Pérdidas de carga por fricción .....                        | 129 |
| 1.1.2 Pérdidas de carga en las rejillas.....                      | 129 |
| 1.1.3 Pérdidas por contracción o expansión de la vena: .....      | 130 |
| 1.1.4 Pérdidas por curvatura de la vena.....                      | 130 |
| 1.1.5 Pérdidas en las compuertas.....                             | 130 |
| 1.1.6 Pérdidas totales:.....                                      | 131 |
| 2 SALTO NETO .....                                                | 131 |
| 3 CÁLCULOS DE LAS POTENCIAS Y RENDIMIENTOS DE LA MINICENTRAL..... | 132 |
| 3.1 Potencia teórica del salto o bruta .....                      | 132 |
| 3.2 Potencia real del salto o neta.....                           | 132 |
| 3.3 Potencia instalada .....                                      | 132 |
| 3.4 Potencia mecánica en el eje .....                             | 133 |
| 3.5 Potencia eléctrica a la salida del generador .....            | 133 |
| 3.6 Potencia eléctrica a la salida del transformador.....         | 133 |
| 3.7 Rendimiento de la instalación.....                            | 133 |

## 1 SALTO BRUTO

Obtenemos un salto bruto de 2.5 metros de altura, medido entre la lámina libre en la presa y el nivel de agua en el tubo de aspiración.

Se ha despreciado la variación del salto bruto, debido a que la fluctuación del nivel del agua es mínima. Consecuentemente consideraremos un salto bruto constante.

### 1.1 PÉRDIDAS DE CARGA

#### 1.1.1 Pérdidas de carga por fricción

Longitud del canal de derivación: 196,5m

Pérdidas de carga Canal de derivación:

$$S_{\text{canal de derivación}} = \frac{1,2^2 \cdot 0,015^2 \cdot 7,79^{4/3}}{5,63^{10/3}} = 1,57 \cdot 10^{-5} \cdot 196,5\text{m} = 0,0031\text{m}$$

#### 1.1.2 Pérdidas de carga en las rejillas

Se instalaran una rejilla en la entrada de la toma de agua y dos a la salida del canal de derivación.

El agua al atravesar la rejilla, genera una turbulencia que se traduce en una pérdida de carga, Aunque generalmente pequeña, esta pérdida de carga se calcula por la ecuación de Kirchner:

Velocidad de entrada al Canal de derivación (m/s)

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,2}{5,63} = 0,213\text{m/s}$$

Por tanto las pérdidas de carga en las rejillas, facilitadas por el fabricante, son:

Pérdidas a la entrada de la toma de agua= 0,0254

Pérdidas a la entrada de la turbina = 0,0547

### **1.1.3 Pérdidas por contracción o expansión de la vena:**

En el caso del aprovechamiento objeto del presente proyecto, las pérdidas por contracción de la vena se tomaran nulas debido a que no se tiene conducción forzada ni cámara de carga,

### **1.1.4 Pérdidas por curvatura de la vena**

En nuestro caso, las pérdidas por curvatura de la vena se consideran nulas debido a que los radios de curvatura en el canal de derivación son muy grandes,

### **1.1.5 Pérdidas en las compuertas**

#### **2 compuertas:**

En el presente proyecto se han empleado dos compuertas, una a la entrada del canal de derivación y otra a la entrada de la turbina,

Pérdidas de carga en compuertas:

Compuerta1=0,025 (m)

Compuerta2=0,025 (m)

### 1.1.6 Pérdidas totales:

|                                   |                                                 |               |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|
| Pérdidas de carga por fricción    |                                                 | 0,0031        |
| Pérdidas de carga por turbulencia | Pérdidas de carga en las rejillas               | 0,0254+0,0547 |
|                                   | Pérdidas por contracción o expansión de la vena | 0             |
|                                   | Pérdidas por curvatura de la vena               | 0             |
|                                   | Pérdidas en las compuertas                      | 0,025+0,025   |
| Total                             |                                                 | 0,1332        |

## 2 SALTO NETO

Obtendremos dicho salto restando al salto bruto las pérdidas de cargas producidas en el circuito hidráulico.

Realizando la suma de todas las alturas, obtendremos unas pérdidas de carga en el aprovechamiento de 0,1332 m, las cuales, restadas del salto útil de la instalación, dan lugar a un salto neto aprovechable de 2,37 m.

Por seguridad, realizaremos los cálculos necesarios para un salto de 2,3 metros, ya que hemos despreciado perdidas hidráulicas que en realidad si existen, además, estaremos del lado de la seguridad a la hora de hacer el estudio económico.

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Salto bruto (m)       | 2,5    |
| Pérdidas de carga (m) | 0,1332 |
| Salto neto (m)        | 2,3    |

### 3 CÁLCULOS DE LAS POTENCIAS Y RENDIMIENTOS DE LA MINICENTRAL.

| Rendimiento de la turbina | Rendimiento del generador | Rendimiento del transformador | Rendimiento de la línea |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 85,5%                     | 94,70%                    | 98,37%                        | 93,00%                  |

#### 3.1 Potencia teórica del salto o bruta

La potencia teórica se define como el trabajo realizado en un segundo por una masa de agua que pasa de una posición a otra inferior.

Tendremos una potencia bruta relativa a un caudal de 1.2 m<sup>3</sup>/s y un salto de 2,5 metros de altura.

$$P_{bruta} = \gamma * Q * H_b = 29,4KW$$

#### 3.2 Potencia real del salto o neta

En este caso tenemos en cuenta las pérdidas producidas por el circuito hidráulico en el salto natural.

Tendremos una potencia bruta relativa a un caudal de 1.2 m<sup>3</sup>/s y un salto de 2,3 metros de altura.

$$P_{bruta} = \gamma * Q * H_n = 27,05KW$$

#### 3.3 Potencia instalada

Conociendo que las pérdidas existentes en este tipo de turbinas para el caudal de diseño otorgan un rendimiento entorno al 90% en el grupo turbogenerador debido a los elementos electromecánicos, datos obtenidos de la amplia bibliografía existente y de la experiencia en otras centrales, obtenemos una potencia instalada de:

$$P_{instalada} = P_{neta} * \eta_{turbina-alternador} = 24,243kW$$

### 3.4 Potencia mecánica en el eje

La potencia mecánica al eje de la turbina o potencia mecánica es:

$$P_{mecánica\ eje} = P_t * \eta_{turb} = 26,35kW$$

### 3.5 Potencia eléctrica a la salida del generador

La potencia eléctrica suministrada por el generador dependerá a su vez del rendimiento del generador y del transformador de tal forma que a la salida del generador se tendrá una potencia eléctrica:

$$P_{electrica\ salida\ del\ generador} = P_t * \eta_{generador} * \eta_{transformador} = 25,24kW$$

### 3.6 Potencia eléctrica a la salida del transformador

$$P_{electrica\ salida\ del\ transformador} = P_t * \eta_{inst} * \eta_{transf} = 24,86kW$$

### 3.7 Rendimiento de la instalación

Hemos transformado potencia del flujo de agua en energía eléctrica a través de la instalación proyectada.

$$\eta_{instalación} = \eta_{turbina} * \eta_{generador} = 0.81 \rightarrow 81\%$$

Podrían proponerse soluciones para mejorar el rendimiento hidráulico del circuito, donde podríamos obtener una buena solución mayorando diámetros de tuberías, conductos y descargas, obteniendo así una menor velocidad del agua a través del circuito hidráulico, minorando pérdidas.

## **ANEJO 6: ANÁLISIS ECONÓMICO**

### ANEJO 6: ANÁLISIS ECONÓMICO

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 6: ANÁLISIS ECONÓMICO .....                                           | 135 |
| 1 INTRODUCCIÓN.....                                                         | 136 |
| 2 EXPECTATIVAS DE EXPLOTACIÓN .....                                         | 136 |
| 3 ASPECTOS ECONÓMICOS.....                                                  | 137 |
| 4 ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD .....                                         | 138 |
| 4.1 Inversión total .....                                                   | 138 |
| 4.2 Presupuesto de explotación.....                                         | 139 |
| 4.2.1 Ingresos estimados.....                                               | 139 |
| 4.3 Gastos de explotación. ....                                             | 140 |
| 4.3.1 Otros costes .....                                                    | 140 |
| 4.4 Periodo de retorno simple, índice de energía e índice de potencia ..... | 141 |
| 4.5 Valor actualizado neto .....                                            | 141 |
| 4.6 Tasa interna de retorno (TIR).....                                      | 144 |
| 5 CONCLUSIONES.....                                                         | 145 |

## 1 INTRODUCCIÓN

El análisis económico tiene como finalidad evaluar la viabilidad económica del proyecto, eligiendo la alternativa más rentable en el caso de haber distintas posibilidades.

Un proyecto de un aprovechamiento minihidráulica requiere unos pagos extendidos durante su ciclo de vida. Estos pagos incluyen la inversión inicial, extendida en el tiempo gracias a la financiación externa, y unas cantidades anuales fijas y variables. Los costes anuales fijos son los seguros y los impuestos que gravan los beneficios; mientras que los costes variables son los gastos de operación y mantenimiento.

Los ingresos que se obtienen en una central minihidráulica provienen de la venta de la energía generada.

## 2 EXPECTATIVAS DE EXPLOTACIÓN

El RD 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Los titulares de concesiones hidroeléctricas disfrutan de una serie de derechos siendo entre otros:

- Conectar en paralelo su grupo o grupos generadores a la red de la compañía eléctrica distribuidora o de transporte.
- Transferir al sistema a través de la compañía eléctrica distribuidora o de transporte su producción neta de energía eléctrica o energía vendida, siempre que técnicamente sea posible su absorción por la red.
- Vender toda o parte de su producción neta a través de líneas directas.
- Prioridad en el acceso y conexión a la red eléctrica en los términos establecidos en el anexo XI del RD 661/2007.

Asimismo, también tienen una serie de obligaciones:

- Mantener las instalaciones en un grado óptimo de operación, de forma que no puedan causar daños a las personas o instalaciones de terceros.
- Cumplir adecuadamente las condiciones establecidas de protección del medio ambiente.

- Facilitar a la Administración información sobre producción, consumo, venta de energía y otros extremos que se establezcan.
- Entregar la energía en condiciones técnicas adecuadas, de forma que no causen trastornos a la red de la compañía ni a los demás usuarios de dicha red.

### 3 ASPECTOS ECONÓMICOS

El coste de inversión e implantación de una central hidroeléctrica depende de diversos factores como la orografía del terreno, los accesos, el tipo de instalación, el tamaño, la potencia y el punto de conexión. Además, hay que tener en cuenta las distintas partes del proceso y los costes que implica cada una: primero está la fase de proyecto, después viene la fase de ejecución y por último, la fase de funcionamiento.

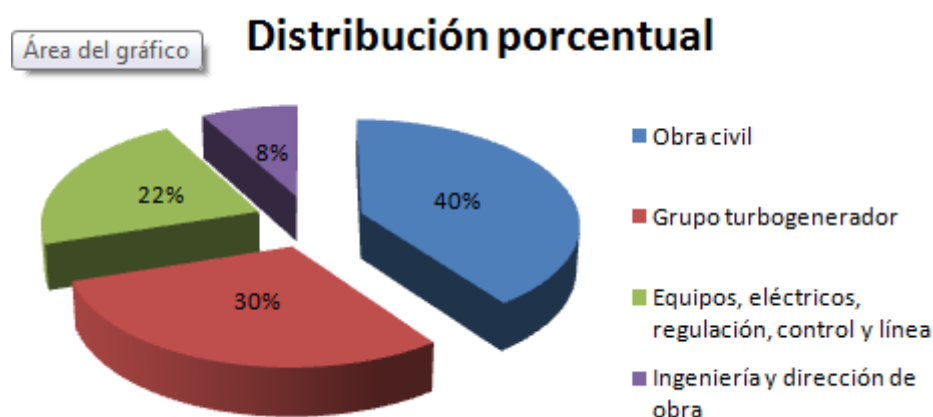
En primer lugar se elabora el proyecto de construcción e instalación de la minicentral hidroeléctrica, donde se define el volumen de obra, el equipamiento y la potencia a instalar.

En segundo lugar se realiza la fase de ejecución del proyecto, en la que se distinguen tres aspectos que influyen decisivamente en el coste: obra civil, grupo turbogenerador, sistema eléctrico y de control. Los porcentajes correspondientes a cada partida varían según el tipo de actuación (ya sea Rehabilitación o nueva construcción) y según el tipo de central (fluente, pie de presa o canal de riego o abastecimiento).

A continuación se muestra la distribución porcentual de la inversión en una minicentral hidroeléctrica.

#### Distribución porcentual

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| Obra civil                                  | 40% |
| Grupo turbogenerador                        | 30% |
| os, eléctricos, regulación, control y línea | 22% |
| Ingeniería y dirección de obra              | 8%  |



La última fase se es la puesta en funcionamiento de la minicentral, que implica costes de explotación, mantenimiento y reparación. Hay que tener en cuenta que esto incluye costes de personal, material es de repuestos, fungibles, seguro, impuestos, tasas y gravámenes, además de los costes generales derivados de la organización y administración. El cálculo de estos costes se realiza anualmente y depende de múltiples factores como el tipo de equipo instalado, el grado de automatismo y el índice de averías. Se puede estimar que estos gastos son del orden del 2 al 5% de la inversión a realizar.

Con todo ello y justificándonos en lo expuesto en el presupuesto del proyecto, la inversión a realizar asciende a:

### INVERSIÓN TOTAL

874.664,73€

## 4 ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD

A continuación se muestra una serie de parámetros que ayudarán a determinar la rentabilidad del proyecto.

### 4.1 Inversión total

La inversión a realizar asciende a 874.664,73 €.

Se pretende pedir un préstamo del 25% del Presupuesto total por conocimiento de la administración, esto es, de 219.000 euros. La entidad bancaria nos lo presta al 13% anual de interés a devolver en 5 años.

Esto supone:

- 219.000 euros de préstamo.
- 13% interés si anual son 28.470 euros al año.
- A devolver en 5años euros 142.350 euros.
- Si pactamos devolver una cantidad igual todos los años, deberíamos entregar 72.270euros anuales

La inversión total en el año cero alcanza el valor de: **727.934,73 Euros**

Setecientos veintisiete mil novecientos treinta y cuatro euros con setenta y tres céntimos

## 4.2 Presupuesto de explotación

### 4.2.1 Ingresos estimados

Los ingresos de la central provienen de la venta de la electricidad generada

$$\text{Ingresos (€)} = \text{Precio energía (€/kWh)} * \text{Producción (KWh)}$$

Tenemos:

- El precio de venta de la energía se ha establecido en 86,5 €/MWh
- Producción anual 1.826,25MWh

Por tanto:

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Ingresos anuales         | 157.970 €  |
| Ingresos anuales 25 años | 3.949.250€ |

### 4.3 Gastos de explotación.

En nuestro aprovechamiento nos enfrentaremos a los siguientes gastos de explotación: puesta en marcha, seguros, impuestos, tasas, mantenimiento preventivo y averías. No se considerarán los gastos de personal asalariado durante los días de funcionamiento, ya que nuestra central hidroeléctrica está totalmente automatizada y no serán necesarios.

Resulta interesante un mayor conocimiento de los gastos de explotación mediante la consulta a empresas especializadas en mantenimiento de instalaciones eléctricas. Se considera a modo de diseño, por recomendación la IDA (Instituto para la diversificación y ahorro de energía), que los gastos totales de explotación suelen oscilar entre el 2 y el 5% de la inversión inicial. En nuestro caso se ha considerado un valor del 3.5% de la inversión total.

| Costes de operación y mantenimiento anuales | Costes de operación y mantenimiento 25 años |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 30613,26€                                   | 765331,64€                                  |

#### 4.3.1 Otros costes

Además de los costes de operación y mantenimiento anuales considerados, se han cuantificado también los costes del canon de sincronismo y regulación y del canon de confederación.

| Canon de sincronismo y regulación anual | Canon de sincronismo y regulación anual 27 años |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0,18€                                   | 4,5€                                            |
| Canon de Confederación anual            | Canon de Confederación anual 25 años            |
| 3.475,4€                                | 86885€                                          |

#### 4.4 Periodo de retorno simple, índice de energía e índice de potencia

En una primera estimación, la rentabilidad de una minicentral puede valorarse utilizando los siguientes índices:

- Periodo de retorno simple: es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión.

$$P.R = \frac{\text{Inverison}(\text{€})}{\text{Beneficio anual}(\frac{\text{€}}{\text{año}})}$$

-Índice de energía: es el coste del kWh generado.

$$I.E = \frac{\text{Inversión}(\text{€})}{\text{Energia Producida}(\text{KWh/año})}$$

- Índice de potencia: es el coste del kW instalado.

$$I.P = \frac{\text{Inversion}(\text{€})}{\text{Potencia instalada}(\text{kW})}$$

Se puede considerar como rentables, de forma aproximada, aquellos aprovechamientos que tienen valores comprendidos en los siguientes intervalos:

Periodo de retorno: 8 – 12 años.

Índice de energía: 40 – 70 cen€/kWh

Índice de potencia: 1 500 – 2 000 €/kW

Para acometer un proyecto de minicentral hidroeléctrica es realizar un estudio económico financiero para determinar la rentabilidad del proyecto.

#### 4.5 Valor actualizado neto

La instalación se proyecta para que la explotación opere a 25 años, no obstante, este tipo de centrales son prorrogables 25 años más. Calcularemos el VAN a 25 años con una tasa de descuento del 3%.

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{I_i - C_i}{(1+r)^i}$$

Siendo:

- I: inversión inicial.
- Ii: ingresos en el año i.
- Ci: costes en el año i.
- r: tasa de interés.
- n: número de años.

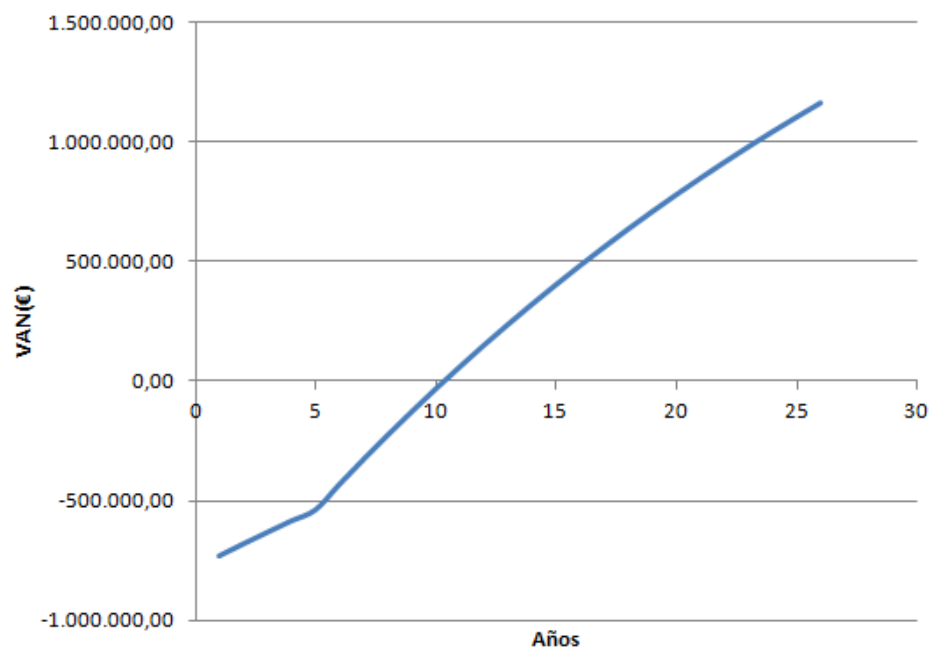
Para aceptar el proyecto es necesario que el VAN sea positivo, ya que en caso contrario los beneficios descontados a lo largo de la vida útil no cubrirían los costes de inversión.

| Año | FLUJO DE<br>CAJA | VAN         |
|-----|------------------|-------------|
| 0   | -727.934,73      | -727.934,73 |
| 1   | 51.611,20        | -677.826,77 |
| 2   | 51.611,20        | -629.178,26 |
| 3   | 51.611,20        | -581.946,70 |
| 4   | 51.611,20        | -536.090,82 |
| 5   | 123.881,20       | -429.229,81 |
| 6   | 123.881,20       | -325.481,25 |
| 7   | 123.881,20       | -224.754,50 |
| 8   | 123.881,20       | -126.961,54 |
| 9   | 123.881,20       | -32.016,91  |
| 10  | 123.881,20       | 60.162,33   |
| 11  | 123.881,20       | 149.656,75  |
| 12  | 123.881,20       | 236.544,53  |
| 13  | 123.881,20       | 320.901,60  |
| 14  | 123.881,20       | 402.801,66  |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Anejo 6: Análisis económico

| Año | FLUJO DE<br>CAJA | VAN          |
|-----|------------------|--------------|
| 15  | 123.881,20       | 482.316,29   |
| 16  | 123.881,20       | 559.514,96   |
| 17  | 123.881,20       | 634.465,12   |
| 18  | 123.881,20       | 707.232,27   |
| 19  | 123.881,20       | 777.879,99   |
| 20  | 123.881,20       | 846.470,01   |
| 21  | 123.881,20       | 913.062,26   |
| 22  | 123.881,20       | 977.714,93   |
| 23  | 123.881,20       | 1.040.484,51 |
| 24  | 123.881,20       | 1.101.425,85 |
| 25  | 123.881,20       | 1.160.592,20 |



Dado que el VAN obtenido es mayor que cero, el proyecto es rentable. Además, el VAN es positivo en el año 10, es decir, en el décimo año en el que ha habido ingresos por la venta de energía

#### 4.6 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es la tasa de interés que hace que el valor actual neto sea cero, es decir:

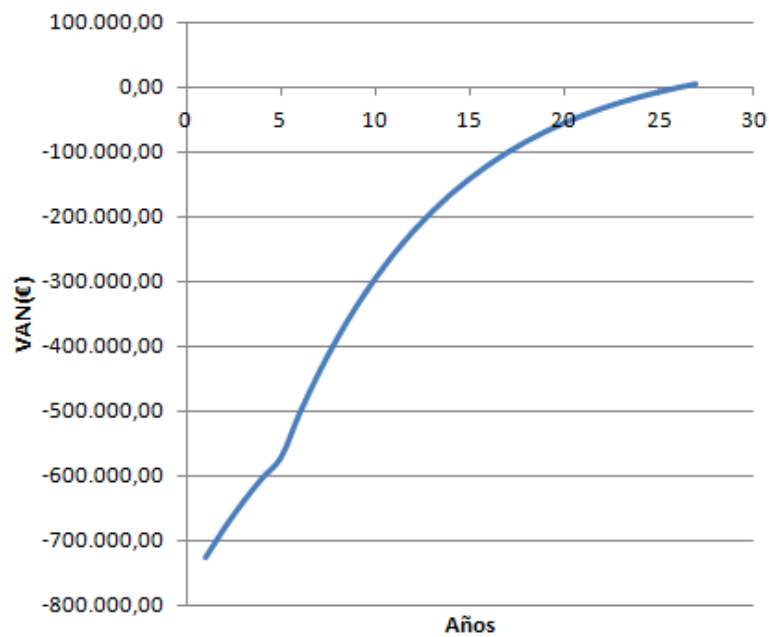
$$0 = -I + \sum_{i=1}^n \frac{I_i - C_i}{(1 + TIR)^i}$$

El interés por el cálculo del TIR es su facilidad para compararla con el coste real del dinero en el momento del estudio. Si el TIR es similar al coste del dinero, quiere decir que el proyecto es poco rentable. Se considerará que un proyecto es más rentable cuanto más alto es su valor de TIR. Es decir, la tasa interna de retorno deberá ser superior al valor del dinero y se escogerá aquella alternativa que presente un TIR más elevado.

Para el presente proyecto se ha obtenido un valor de TIR de 13%.

A continuación se muestra una gráfica del VAN para un tipo de interés igual al TIR.

**TIR = 13%**, vemos que el VAN a 25 años es cero.



## 5 CONCLUSIONES

En el presente estudio de viabilidad económica se han evaluado una serie de indicadores de rentabilidad, obteniendo resultados positivos en todos ellos. Por esta razón estamos en disposición de calificar como FAVORABLE desde el punto de vista financiero, la ejecución del proyecto “REHABILITACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO ‘LOS OBESOS’”.

**ANEJO 7: ESTRUCTURAS  
HIDRÁULICAS Y OBRA CIVIL.**

### Anejo 7: ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS Y OBRA CIVIL

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anejo 7: ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS Y OBRA CIVIL .....                                            | 147 |
| 1 INTRODUCCIÓN .....                                                                           | 148 |
| 2 AZUD.....                                                                                    | 148 |
| 2.1 Solución adoptada.....                                                                     | 151 |
| 2.1.1 Escala de peces.....                                                                     | 153 |
| 3 CANAL DE DERIVACIÓN .....                                                                    | 156 |
| 4 CONDUCCIONES HIDRÁULICAS.....                                                                | 157 |
| 4.1 Rejillas.....                                                                              | 157 |
| 4.1.1 Rejilla de la toma de agua .....                                                         | 158 |
| 4.1.2 Rejilla en el canal de derivación.....                                                   | 159 |
| 4.2 Equipos mecánicos en las tomas de agua. Dispositivos limitadores de entrada de broza. .... | 165 |
| 4.3 Válvulas y compuertas.....                                                                 | 168 |
| 4.4 Solución adoptada.....                                                                     | 169 |
| 4.5 Canal de retorno.....                                                                      | 169 |
| 5 CASA DE MÁQUINAS .....                                                                       | 170 |
| 5.1 Solución adoptada.....                                                                     | 172 |

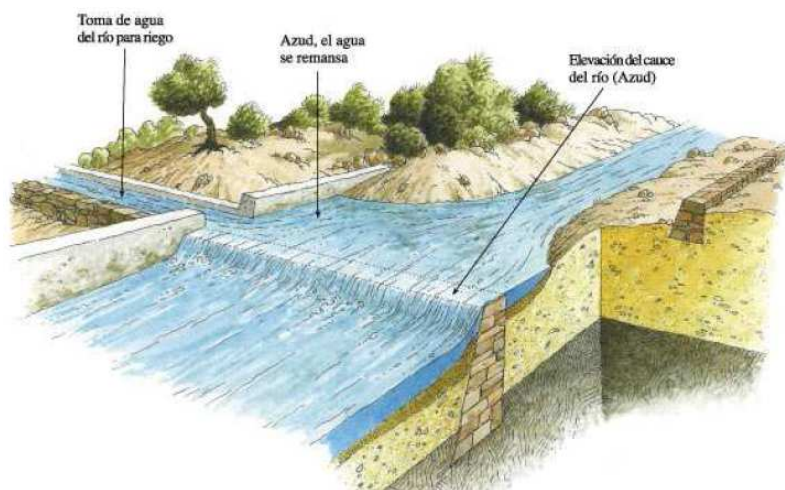
### 1 INTRODUCCIÓN

La obra civil engloba las infraestructuras e instalaciones necesarias para derivar, conducir y restituir el agua turbinada, así como para albergar los equipos electromecánicos y el sistema eléctrico general y de control.

Los trabajos de construcción de una minicentral hidroeléctrica son muy reducidos en comparación con las grandes centrales hidroeléctricas, y sus impactos sobre el medio ambiente pueden ser minimizados si se desarrollan las medidas correctoras necesarias para ello.

### 2 AZUD

El azud permite subir el nivel del agua para que pueda ser llevada al canal de derivación. Para este proyecto se propone un azud de roca (obtenida del mismo del lugar). El objetivo es que estéticamente no se vea una muralla de hormigón en el río. No obstante para que la obra civil del azud sea robusta en el centro se utilizará una estructura de hormigón armado y por fuera se cubrirá con rocas



*Esquema básico de azud*

La gran mayoría de los pequeños aprovechamientos son de los llamados de agua fluyente, en los que la electricidad se genera mientras fluye el agua por el cauce, y dejan de hacerlo cuando el caudal es inferior al mínimo técnico de las turbinas que lo equipan. En estos aprovechamientos, se levanta en el cauce una estructura que permita desviar un cierto caudal para conducirlo a la central. En su versión más elemental esa estructura es un simple obstáculo, capaz de remansar el agua, para poder derivar el caudal deseado y sobre el que continúa pasando agua. Cuando el aprovechamiento es de mayor importancia, ese obstáculo pasa a ser una presa, generalmente de poca altura, conocida como azud cuya misión, como en el caso anterior, no es almacenar agua sino remansarla para que pueda ser derivada en condiciones favorables.

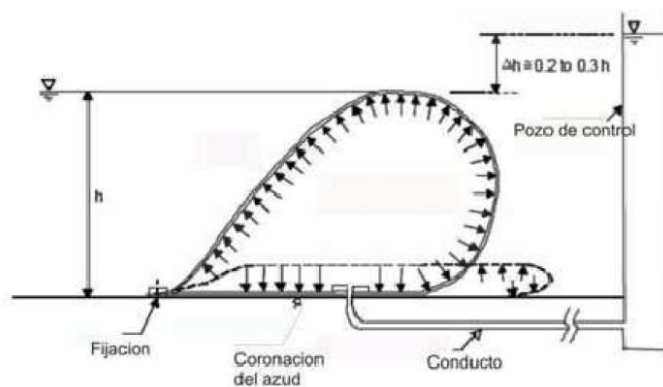
Un azud consiste en un muro transversal al curso del río, de poca altura, que provoca un remanso de agua sin producir una elevación notable del nivel. Su objetivo es desviar parte del caudal del río hacia la toma de la central. Aquella parte de agua que no es derivada vierte por el aliviadero y sigue su curso normal. El azud puede construirse de hormigón, ladrillo, escollera o tierra, revestidos de hormigón. Resiste al empuje del agua por su propio peso, aunque en los azudes de tierra y escollera se suele colocar un anclaje al terreno con el fin de aumentar su estabilidad.

Preferiblemente los azudes deben construirse sobre terreno rocoso. Cuando el terreno rocoso está situado a demasiada profundidad, con el fin de evitar elevados costes de construcción, se pueden utilizar apoyados sobre la tierra unos gaviones recubiertos con roca suelta. Los gaviones son cajones paralelepípedicos, contruidos con malla de acero inoxidable y rellenos de cantos rodados.

En todos los aprovechamientos y especialmente en los de la Europa mediterránea, donde los períodos de estiaje son seguidos súbitamente por fuertes avenidas, es necesario incorporar al azud las estructuras necesarias para que el exceso de agua pueda pasar sin producir daños sobre su coronación. Estas estructuras conocidas con el nombre de aliviaderos, suelen disponer en su base de algún medio para disipar la energía de la corriente. Básicamente se trata de un canal abierto, redondeado en la cresta,

y con una fuerte pendiente, que permite evacuar el agua a velocidades supercríticas. Su perfil se diseña para minimizar la presión sobre su superficie, pero sin que la lámina de agua llegue a separarse de la superficie, lo que daría lugar a la aparición de presiones negativas.

Una solución relativamente económica es el azud inflable. Estos azudes, anclada, mediante tornillos, a la coronación del muro de hormigón. Al llenar la vejiga mediante una bomba o un compresor (según el accionamiento sea hidráulico o neumático) ésta se levanta y con ella la altura de la lámina de agua; al vaciarse, la vejiga baja hasta quedar como una lámina plana de poco espesor, que se extiende sobre la coronación del muro y deja libre el paso del agua



El sistema más generalizado de control se basa en un sensor, situado aguas arriba del azud, que ordena la inyección de aire o agua a la vejiga, en proporción inversa a la altura de la lámina de agua en dicho punto. La operación es muy rápida: en una instalación de 2 m de altura y 30 m de anchura, la vejiga puede ser desinflada en menos de treinta minutos, respondiendo rápidamente a una súbita crecida. Además, con la ayuda de un microprocesador se puede mantener constante el volumen de agua que pasa sobre el azud y garantizar así el caudal ecológico exigido.

#### 2.1 Solución adoptada

Esta instalación se encontrará situada aguas arriba de la casa de máquinas, y sus dimensiones y emplazamiento se encuentran especificados en los planos.

En el anejo de cálculos hidrológicos se han tratado los datos de caudales de avenida que se producirán cada cierto tiempo. La elevación de la lámina de agua en la avenida será necesaria para dimensionar el azud.

Los caudales de avenida se muestran en la tabla mostrada a continuación:

| Periodo  | Caudal m <sup>3</sup> /s |
|----------|--------------------------|
| 2 años   | 31,85                    |
| 5 años   | 44,85                    |
| 10 años  | 49,8                     |
| 25 años  | 61,2                     |
| 100 años | 70,95                    |
| 500 años | 90,2                     |

Se considera el caudal de avenida con una probabilidad de ocurrencia de una vez cada 500 años, esto es, un caudal 90,2 m<sup>3</sup>/s.

Para el cálculo del azud se va a emplear la fórmula de vertederos de pared gruesa:

$$Q = 2.1 * L * h^{3/2}$$

Siendo

- L: longitud del azud
- h: altura del azud.

Por tanto, considerando para el caudal de avenida de 500 años se obtienen los siguientes valores de longitud y altura del azud:

| Altura<br>(m) | Longitud<br>(m) |
|---------------|-----------------|
| 1             | 42,95           |
| 1,5           | 23,38           |
| 2             | 15,19           |
| 2,5           | 10,87           |
| 3             | 8,27            |
| 3,5           | 6,56            |
| 4             | 5,37            |
| 4,5           | 4,50            |
| 5             | 3,84            |
| 5,5           | 3,33            |
| 6             | 2,92            |
| 6,5           | 2,59            |
| 7             | 2,32            |
| 7,5           | 2,09            |
| 8             | 1,90            |
| 8,5           | 1,73            |
| 9             | 1,59            |
| 9,5           | 1,47            |
| 10            | 1,36            |

Se observa en los resultados anteriores que para una longitud de azud de 23.38 metros, la altura necesaria sería de 1,5 metros. Esta solución hace que en caso de producirse una avenida de 90,2 m<sup>3</sup>/s quedaría inundados los terrenos aledaños.

Para trabajar en seguridad se ha optado por la colocación de un azud inflable, de este modo en caso de producirse caudales que puedan provocar inundaciones el azud se desinflará y el agua seguirá el curso del río.

El azud hinchable va unido mediante tornillos a un muro de hormigón.

La longitud del azud será de 25 metros, lo que hace que la altura sea de 1.5 metros. Por tanto, los muros laterales serán de esta altura, y además, esa será la altura que deberán remontar los peces mediante la correspondiente escala de peces.

| Altura (m) | Longitud (m) |
|------------|--------------|
| 1.5        | 25           |

#### 2.1.1 Escala de peces

En el río Ebro existe fauna acuática como truchas y salmones, los cuales remontan el río en época de desove, para hacerlo en sitios tranquilos y de aguas claras, retornando luego aguas abajo.

Los peces nadan contracorriente con unas velocidades de hasta 2 y 3 metros por segundo, consiguiendo saltos de hasta 2 metros de altura.

Con el fin de que esta obra cause el mínimo impacto medioambiental y no interfiera en la reproducción de los animales que habitan el río, procederemos a la construcción de una escala de peces que en esencia consiste en un canalillo que pone en comunicación aguas arriba y aguas debajo de la presa, de forma suave, paulatina, por medio de escalones que permitan una subida fácil a las especies existentes.

Por tanto, el canal estará escalonado, cada escalón tendrá un murete que amortigüe la velocidad de caída del agua, que caerá por un agujero hecho en el murete, y cierta profundidad que permita al pez descansar en la subida, entre escalón y escalón. El canal para peces se situará en el margen izquierdo del río.

El azud es una estructura hidráulica que introduce una discontinuidad en el río que impide que los peces puedan remontar. Mediante una escala de peces se divide la altura a salvar mediante una serie de estanques comunicados entre sí por tabiques con vertederos, orificios o escotaduras verticales. De esta forma, los peces pueden remontar el curso del río.

La altura máxima que los peces tendrán que remontar será la correspondiente a la altura máxima que puede alcanzar el azud, es decir,

1.5 metros. La potencia máxima de la vena de agua para que los peces puedan ascender sin sufrir estrés es de 180 W.

La escala de peces presentará una altura de escalón de 0,15 m, y se calculará la anchura por medio de la fórmula de vertederos vista anteriormente, de forma que por dicha escala circule un caudal de 0,21 m<sup>3</sup>/s, el resto de caudal será vertido por el aliviadero del azud. Además, la escala de peces ha de tener una pendiente del 17 %.

$$0.21 = 2.1 * L * 0.15^{3/2} \rightarrow L=1,7\text{m}$$

$$L_T = \frac{4.2}{\tan 9.64} = 9\text{m}$$

$$N^{\circ} \text{ escalones} = 1.5 / 0.15 = 10$$

Por tanto, la escala de veces presenta las siguientes dimensiones:

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| Altura de paso         | 0,15 m                    |
| Anchura de paso        | 1,70 m                    |
| Caudal vertido         | 0,21<br>m <sup>3</sup> /s |
| Número de<br>escalones | 10                        |
| Longitud total         | 9 m                       |

En las imágenes siguientes muestra una escala de peces:



La solución adoptada tendrá las medidas anteriormente y estará construida de piedra:

### 3 CANAL DE DERIVACIÓN

El canal de derivación se inicia en la obra de toma, como se muestra en el plano del canal.

La obra de toma se ubica a un costado del azud y posee una reja gruesa para evitar el paso de ramas y rocas que arrastre el río. Esta reja no tiene como objetivo filtrar las partículas más pequeñas debido a que su mantenimiento no es tan intensivo como la rejilla donde finaliza el canal de derivación.



|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| Caudal              | 1.2m <sup>3</sup> /s |
| Sección             | Rectangular          |
| Material            | Hormigón             |
| Longitud            | 196.5m               |
| Anchura(m)          | 5.87                 |
| Profundidad         | 0.96m                |
| Área                | 5.63m <sup>2</sup>   |
| Perímetro<br>mojado | 7.79m                |
| Radio<br>hidráulico | 0.723m               |

## 4 CONDUCCIONES HIDRÁULICAS

### 4.1 Rejillas

Una toma de agua tiene que desviar el caudal requerido para generar la energía, respetando el medio ambiente en que se integra, con la mínima pérdida de carga posible y sea cual sea la altura de la lámina de agua en el río. La toma actúa como zona de transición entre un curso de agua, que puede ser un río tranquilo o un torrente turbulento, y el canal de derivación por donde circula un caudal de agua, que debe estar controlado, tanto en cantidad como en calidad. Su diseño, basado en consideraciones geomorfológicas, hidráulicas, estructurales y económicas, requiere un cuidado especial para evitar problemas de funcionamiento y conservación a todo lo largo de la vida de la central.

El diseño de una toma de agua obedece a tres criterios:

- Hidráulicos y estructurales, que son comunes a todas las tomas de agua.
- Operativos: control del caudal, eliminación de basuras, deposición de los sedimentos- que varían de toma a toma.
- Medioambientales: barreras para impedir el paso de peces, escalas de peces; que son característicos de cada proyecto.

La ubicación de la toma depende de diversos factores: geometría del río, condiciones geotécnicas, consideraciones medioambientales (especialmente los relacionados con la conservación de los peces), exclusión de sedimentos e incluso, donde resulta necesario, formación de hielo. La orientación de la entrada con respecto a la dirección de la corriente es crucial ya que de como esté orientada dependerá que se acumule o no la broza delante de la rejilla, lo que puede originar no pocas paradas y elevados costes de mantenimiento.

La toma de agua debe incorporar una rejilla para impedir la entrada de broza, una compuerta para poder aislar las estructuras situadas aguas abajo, una balsa de decantación para eliminar los sedimentos y un aliviadero para verter el exceso de agua si lo hubiera.

#### 4.1.1 Rejilla de la toma de agua

Para reducir la cantidad de broza que entra en la toma, una de las funciones importantes de la misma, hay que instalar una reja en la entrada, compuesta de uno o más paneles, fabricados con barras metálicas espaciadas a intervalos regulares

La rejilla se diseña de modo que la velocidad del agua a la llegada esté comprendida entre 0,60 m/s y 1,50 m/s. La distancia máxima entre barrotes viene generalmente dada por las especificaciones del fabricante de turbinas.

El coeficiente de pérdida de carga, que multiplica el término  $V_0^2/2g$ , viene condicionado por diversos factores: forma y material de las barras, inclinación de las mismas, método de limpieza de la rejilla etc.

La rejilla se ha dimensionado de forma que no sea posible la entrada de peces adultos ni de broza; presenta un ángulo de inclinación de 60° respecto a la horizontal.

En la siguiente tabla se recogen distintos tipos de rejillas:

| Diámetro barra (mm) | Distancia entre barras (mm) | Ángulo de inclinación | Superficie rejilla (m <sup>2</sup> ) | Pérdidas $h_t$ (m) |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 10                  | 10                          | 60°                   | 8,75                                 | 0,0547             |
| 10                  | 20                          | 60°                   | 5,80                                 | 0,0217             |
| 10                  | 30                          | 60°                   | 4,38                                 | 0,0127             |
| 10                  | 40                          | 60°                   | 3,48                                 | 0,0086             |
| 10                  | 50                          | 60°                   | 2,90                                 | 0,0064             |
| 10                  | 60                          | 60°                   | 2,48                                 | 0,0050             |

Atendiendo a la expresión:

$$Q=v*S$$

Donde:

- Q: caudal
- V: velocidad
- S: superficie

Dado que el caudal de diseño es  $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ , para una velocidad de entrada de  $0.34 \text{ m/s}$ , se obtiene la superficie ha de ser de  $5.63 \text{ m}^2$ .

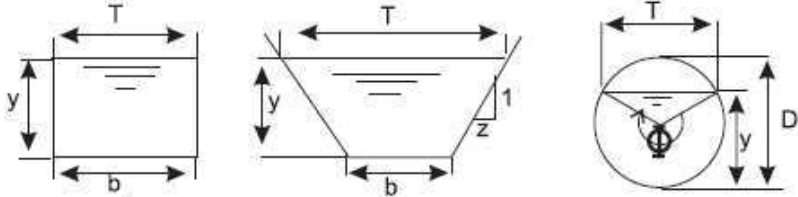
Observando los datos en la tabla anterior, sería necesario colocar dos rejillas del tipo:

| Diámetro<br>barra (mm) | Distancia<br>entre<br>barras (mm) | Ángulo<br>de<br>inclinación<br>n | Superficie<br>rejilla ( $\text{m}^2$ ) | Pérdidas<br>ht (m) |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
| 10                     | 20                                | $60^\circ$                       | 5,80                                   | 0,0217             |

La superficie total es de:  $5,8 \text{ m}^2$  con una inclinación de  $60^\circ$  respecto a la horizontal, y además estará inclinada  $45^\circ$  respecto a la alineación del agua para que se autolimpie.

#### 4.1.2 Rejilla en el canal de derivación.

El canal de derivación por el que se optará se trata de un canal abierto, es decir, la superficie libre del agua está a la presión atmosférica, normalmente considerada como referencia de presión cero. Además, seguirá las líneas de nivel con una pendiente de 4.8 metros por kilómetro.

| Tabla 2.4 Propiedades geométricas de los canales                                   |                   |                                        |                                                                                                 |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |                   |                                        |                                                                                                 |  |
| área A                                                                             | $by$              | $(b+zy)y$                              | $\frac{1}{8}(\Phi - \text{sen}\Phi)D^2$                                                         |  |
| perímetro mojado P                                                                 | $b+2y$            | $b+2y\sqrt{1+z^2}$                     | $1/2\phi D$                                                                                     |  |
| ancho en superficie T                                                              | $b$               | $b+2zy$                                | $2\sqrt{y(D-y)}$                                                                                |  |
| radio hidráulico R                                                                 | $\frac{by}{b+2y}$ | $\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$     | $\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen}\Phi}{\Phi}\right)D$                                      |  |
| tirante hidráulico D                                                               | $y$               | $\frac{(b+zy)y}{b+2zy}$                | $\frac{1}{8}\left(\frac{\Phi - \text{sen}\Phi}{\frac{\Phi}{\text{sen}\frac{\Phi}{2}}}\right)D$  |  |
| factor de sección                                                                  | $by^{1.5}$        | $\frac{[(b+zy)y]^{1.5}}{\sqrt{b+2zy}}$ | $\frac{\sqrt{2}(\theta - \text{sen}\theta)^{1.5}}{32\sqrt{\text{sen}\frac{1}{2}\theta}}D^{2.5}$ |  |

De entre las posibles secciones del canal se opta por una sección rectangular que minimice el movimiento de tierras y facilite la excavación en terreno rocoso.

La cimentación de un canal de este tipo habrá de responder a dos características:

- Debe ser estable: el canal es una estructura rígida que no admite deformaciones.
- Debe ser permeable: el canal no admite empujes ni subpresiones que puedan generar presiones intersticiales en el sustrato de apoyo.

A partir de estas dos premisas, los estudios geológicos se dirigirán a evitar los asientos del canal y al establecimiento de los sistemas de drenaje.

- Los estudios geomorfológicos permitirán la clasificación tipológica de las diferentes formaciones.
- Los estudios de clasificación de suelos permitirán, así mismo, la clasificación geotécnica de estas formaciones.
- En su caso, los estudios mineralógicos permitirán el conocimiento de la composición del terreno, sobre todo cuando se trate de suelos arcillosos.

El caudal que transita por un canal es función de su sección transversal, su pendiente y su rugosidad. Los cursos de agua, son canales naturales de sección y rugosidad variables, tanto en el tiempo como en el espacio, por lo que la aplicación a los mismos de las leyes de la hidráulica teórica resulta muy arriesgada. Por el contrario, en los canales artificiales de perfil prismático, cuyos parámetros están bien definidos, los resultados teóricos concuerdan aceptablemente con la realidad.

El régimen de corriente en un canal diseñado con fines hidroeléctricos, es siempre turbulento, por lo que puede aplicarse, sin dificultad, la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{A^{5/3} * S^{1/2}}{n * P^{2/3}}$$

Donde:

- n: coeficiente de Manning, cuyos valores se muestran más adelante.
- S: gradiente hidráulico, que suele reemplazarse por la pendiente del fondo del canal.

Alternativamente:

$$Q = \left( \frac{Q * n * P^{2/3}}{A^{5/3}} \right)^2 = \left( \frac{Q * n}{A * R^{2/3}} \right)^2$$

Los valores tipos del coeficiente de Manning se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2.4**  
**Valores típicos del n de Mannings**

| Revestimiento del canal             | mínimo | normal | máximo |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| a. Acero liso                       |        |        |        |
| 1. Sin pintar                       | 0,011  | 0,012  | 0,014  |
| 2. Pintado                          | 0,012  | 0,013  | 0,017  |
| b. Cemento                          |        |        |        |
| 1. Limpio en la superficie          | 0,010  | 0,011  | 0,013  |
| 2. Con mortero                      | 0,011  | 0,013  | 0,015  |
| c. Madera                           |        |        |        |
| 1. Cepillada sin tratar             | 0,011  | 0,012  | 0,014  |
| 2. Cepillada creosotada             | 0,011  | 0,012  | 0,015  |
| 3. Planchas con listones            | 0,012  | 0,015  | 0,018  |
| d. Hormigón                         |        |        |        |
| 1. Terminado con lechada            | 0,013  | 0,015  | 0,016  |
| 2. Sin terminar                     | 0,014  | 0,017  | 0,020  |
| 3. Gunitado                         | 0,016  | 0,019  | 0,023  |
| e. Mampostería                      |        |        |        |
| 1. Piedra partida cementada         | 0,017  | 0,025  | 0,030  |
| 2. Piedra partida suelta            | 0,023  | 0,032  | 0,035  |
| 3. Fondo cemento, lados son rip rap | 0,020  | 0,030  | 0,035  |
| f. De tierra recto y uniforme       |        |        |        |
| 1. Limpio, terminado recientemente  | 0,016  | 0,018  | 0,020  |
| 2. Limpio con cierto uso            | 0,018  | 0,022  | 0,025  |
| 3. Con musgo corto, poca hierba     | 0,022  | 0,027  | 0,033  |

De la ecuación de Manning aumenta con el radio hidráulico; es decir, para la misma área de sección transversal, la sección con el mínimo perímetro mojado, es la más eficiente desde el punto de vista hidráulico.

Teóricamente, la sección semicircular es la más eficiente; sin embargo, un canal semicircular, a no ser que se empleen secciones prefabricadas, es costoso de construir y difícil de conservar. Dentro de los canales trapezoidales, es el medio hexágono, el que puede transportar un mayor caudal por unidad de sección.

En la tabla que se muestra a continuación se puede observar el perfil óptimo, así como los parámetros que identifican, para distintas secciones:

| Sección transversal        | Área          | Perímetro mojado | Radio hidráulico | Ancho superficial | Tirante hidráulico |
|----------------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
|                            | A             | P                | R                | T                 | D                  |
| Trapezoidal: medio exágono | $1,73 y^2$    | $3,46 y$         | $0,500 y$        | $2,31 y$          | $0,750 y$          |
| Rectángulo: medio cuadrado | $2 y^2$       | $4 y$            | $0,500 y$        | $2 y$             | $y$                |
| Triángulo: medio cuadrado  | $y^2$         | $2,83 y$         | $0,354 y$        | $2 y$             | $0,500 y$          |
| Semicírculo                | $0,5 \pi y^2$ | $\pi y$          | $0,500 y$        | $2 y$             | $0,250 \pi y$      |

La sección más eficiente desde el punto de vista hidráulico, no tiene que ser necesariamente la más económica. La sección hidráulica óptima minimiza el área requerida para transportar un caudal dado, pero en ocasiones el área de excavación necesaria para conseguir dicha sección es considerablemente mayor.

Es reseñable, que para el normal funcionamiento y evitar el exceso de agua en el canal, se deben construir por lo menos 3 aliviaderos que nos garanticen la no sobreelevación de la lámina de agua: uno estará situado al lado de la toma del azud, el segundo en el punto intermedio del canal y el tercero justo antes de la cámara de carga.

Si se quiere evitar que el canal se desborde, poniendo en peligro su estabilidad, además de prever un libre bordo generoso, es conveniente instalar uno o más aliviaderos que devuelvan el agua sobrante al propio río.

El canal, que se ve obligado a seguir prácticamente las líneas de nivel para no perder altura, puede encontrarse con obstáculos que tendrá que salvar, pasando sobre, por debajo, o alrededor de ellos.

### **Solución adoptada**

Se opta por un canal de derivación de hormigón de sección rectangular, realizado in situ.

Tal y como se ha dicho anteriormente para un caudal  $Q=1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ , la velocidad de entrada será  $v=0.338 \text{ m/s}$  y por tanto la superficie será de  $5.63 \text{ m}^2$ .

Se considera un pendiente de 27%.

Igualando la velocidad a 1 m/s en la siguiente expresión se obtiene el radio hidráulico:

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * j^{1/2}$$

Donde:

- v: velocidad, expresada en m/s.
- n: coeficiente de Manning, 0,015 para hormigón.
- Rh: radio hidráulico, en metros.
- J: pendiente del canal.
- Se obtiene:
- Rh=0.723 m.
- Perímetro mojado=7.79 m.

Por tanto, las dimensiones del canal de derivación serán:

- Longitud (m)= 196.5
- Anchura (m) =5.87
- Profundidad (m)= 0.96

Es necesario realizar un resguardo, que en este caso será de 0,50 metros.

Los elementos que componen la toma y condicionan las pérdidas son, fundamentalmente:

- El perfil desde la rejilla de entrada a la cámara, hasta la propia tubería, tanto en lo que se refiere a las paredes laterales, como a la solera y al techo, debe reducir en lo posible la separación de las venas de agua, típicas en cambios bruscos de dirección, y minimizar las pérdidas de carga.
- Los equipos mecánicos, tales como rejillas, excluidores de sedimentos y compuertas.
- El perfil de transición influye decisivamente la eficacia de la cámara. La velocidad de corriente a lo largo de la misma varía entre 0,8 - 1,0 m/s, a la entrada de la rejilla, hasta los 3 - 5 m/s, en la

turbina. Un buen perfil acelera uniformemente la corriente. Una aceleración o deceleración brusca da lugar a pérdidas de carga adicionales y a la separación de la vena de agua.. En el diseño, el diámetro de la tubería viene fijado por el proyectista y la sección en el porta-rejilla, por la velocidad de aproximación a la misma que se mueve entre ciertos límites.

#### **4.2 Equipos mecánicos en las tomas de agua. Dispositivos limitadores de entrada de broza**

Para reducir la cantidad de broza que entra en la toma, una de las funciones importantes de la misma, hay que instalar una reja en la entrada, compuesta de uno o más paneles, fabricados con barras metálicas espaciadas a intervalos regulares. Si se prevé el acarreo frecuente de broza gruesa, es muy conveniente colocar delante de ella, una reja de gruesos, que facilitará el trabajo de los limpia-rejas mecánicos para eliminar la broza fina.

La rejilla se diseña de modo que la velocidad del agua a la llegada esté comprendida entre 0,20 m/s y 1,1 m/s.

La superficie total de reja necesaria puede determinarse mediante la expresión:

$$S = \frac{1}{K_1} \left( \frac{a+b}{a} \right) * \frac{Q}{V_0 \sin \alpha}$$

Donde:

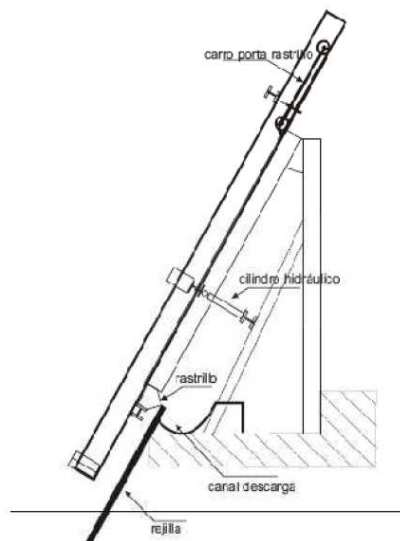
- S: superficie total de reja sumergida en condiciones normales.
- Q: caudal nominal.
- $V_0$ : velocidad de entrada del agua en la reja.
- a: espacio entre barrotes.
- b: anchura del barrote.

- K1: coeficiente para prever la colmatación parcial de la reja en condiciones normales de funcionamiento. Valores aproximados que puede tomar:

- 0,2-0,3: rejas sin limpia-rejas.
- 0,4-0,6: rejas con limpia-rejas automático y programador horario.
- 0,8-0,85: si se le añade sensor de presión diferencial.

-  $\alpha$ : ángulo formado por los barrotes de la reja y la horizontal de la solera. Para cámaras de carga, este ángulo es del orden de  $60^\circ$ .

Los limpia-rejas automáticos, si están bien diseñados y mantenidos, eliminan el peligro de colmatación. Una de las ejecuciones típicas de limpia rejas automático es el modelo de accionamiento oleo-hidráulico con conjunto móvil y rastrillo basculante, cuya secuencia comienza separando el rastrillo de la reja, prosigue haciéndole descender, separado de la misma hasta el fondo, para luego aproximarle suavemente hasta que llegue a tocar los barrotes, sobre los que posteriormente deslizará mediante una regleta de poliamida, de la que solo sobresalen las púas que quedan alojadas en los huecos libres entre barrotes. Durante el movimiento de subida, el rastrillo arrastra la broza para depositarla en un canalillo de evacuación o en una cinta transportadora. Como puede verse en la figura, el conjunto móvil está accionado, tanto en su movimiento ascendente como en el descendente, por un largo cilindro oleo-hidráulico de doble efecto.



Como es lógico estos equipos van dotados de los dispositivos de maniobra y de seguridad necesarios para su correcto funcionamiento. En las centrales con control remoto se recomienda instalar limpiadores mecánicos con programador para que trabajen durante un determinado periodo de tiempo o activador por un sensor que mide continuamente la pérdida de carga a través de la reja.

En su versión base, el equipo dispone de un programador horario que permite regular la frecuencia de actuación automática del limpia-rejas. A este programador se añade, frecuentemente, un equipo de detección diferencial de nivel de agua, antes y después de la reja, que indica el grado de colmatación de la misma. Este equipo, cuya sensibilidad es regulable para adaptarlo a las peculiaridades de rizado superficial del agua en cada cámara de carga, pone en marcha el limpia-rejas cuando la diferencia de nivel alcanza un valor predeterminado. Si la cantidad de broza que entra en la toma es escasa, la reja no llegará a colmatarse durante el intervalo programado de reposo y el limpia-rejas solo actuará en los intervalos predeterminados por el programador horario sin que intervenga el sensor diferencia.

Se ha comentado previamente la conveniencia de evacuar la broza gruesa con anterioridad. En cuanto a la broza fina que extrae el limpia-rejas, lo más frecuente es que el rastrillo la haga caer a un canalillo de obra civil o chapa galvanizada, donde es arrastrada por una corriente de agua suministrada por 40 segundos, al final de cada ciclo de limpieza. Es importante subrayar que la broza se arrastra por flotación y no por empuje directo del chorro de agua.

El secreto radica en escoger la sección y pendiente idóneas del canalillo, en función del tipo de broza a evacuar y en la elección adecuada de la bomba.

La pendiente del canalillo no debe superar, en la mayoría de los casos, el cinco por mil. La broza fina puede también evacuarse mediante una cinta transportadora, sistema utilizado en todo caso cuando se necesita evacuar la broza a una cota superior a la de la plataforma de servicio.

Posteriormente, la broza se recogerá en un contenedor que lo transportará finalmente a un vertedero.

#### Solución adoptada

A la salida del canal de derivación se opta por la colocación de dos rejas con limpia-rejas. Las características de esta reja son:

| Diámetro<br>barra (mm) | Distancia<br>entre<br>barras<br>(mm) | Ángulo de<br>inclinación | Superficie<br>rejilla (m2) | Pérdidas<br>ht (m) |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|
| 10                     | 10                                   | 60°                      | 8,75                       | 0,0547             |

#### 4.3 Válvulas y compuertas

En todo pequeño aprovechamiento hidroeléctrico es necesario poder aislar determinadas estructuras para proceder a su mantenimiento o reparación, cortar el paso del agua a la turbina para evitar que se embale cuando se desconecta bruscamente el generador, e incluso para regular la cantidad de agua que entra a las turbinas, cuando estas no disponen de distribuidor variable. Para conseguir esos objetivos existen en el mercado diferentes modelos de compuertas y válvulas, entre las que cabe destacar los siguientes:

- Compuertas temporales construidas con tableros de madera.
- Válvulas de compuerta.
- Válvulas de mariposa.
- Válvulas esféricas.
- Compuertas radiales.
- Válvulas de retención.

### 4.4 Solución adoptada

En la Rehabilitación del molino los Obesos, se ha considerado emplear:

- Toma de agua: Una compuerta con cabestrante motorizado.
- A la salida del canal de derivación: Una compuerta con cabestrante motorizado.
- A la salida de la central: una ataguía con polipasto.
- Esta solución permite aislar cada uno de los elementos de modo que realizar en seco. Si se cierran las compuertas de la toma de agua y las dos de la entrada a la conducción forzada se pueden reparar el canal. En caso de cerrar estas últimas y la ataguía a la salida de la central se pueden acometer los trabajos pertinentes en la turbina.

Se ha tomado la decisión de la instalación de compuertas debido a su menor coste que las válvulas.

### 4.5 Canal de retorno

Después de pasar por la turbina, el agua tiene que ser devuelta al río a través de un canal, generalmente corto, conocido como canal de retorno o de descarga. Las turbinas de acción pueden llegar a tener velocidades de salida muy elevadas, por lo que habrá que proteger el canal para que su erosión no ponga en peligro la casa de máquinas. Normalmente se colocan, entre la turbina y el canal, unos escudos de hormigón o una protección de riprap. Hay que prever también que, incluso en los períodos de grandes crecidas, el nivel del agua en el canal nunca llegue al rodete de la turbina.

En casas de máquinas equipadas con turbinas de reacción, el nivel del agua en el canal de descarga influencia el comportamiento de la turbina ya que si no es el correcto, puede dar lugar a fenómenos de cavitación. Ese nivel también afecta al valor de la altura de salto, y en saltos de pequeña altura puede llegar hacer que el proyecto sea económicamente inviable.

La solución más adecuada es que la velocidad de salida del agua por el canal de descarga sea inferior a la velocidad del río, de esta forma, es el propio río es el que arrastra el agua a la salida del canal.

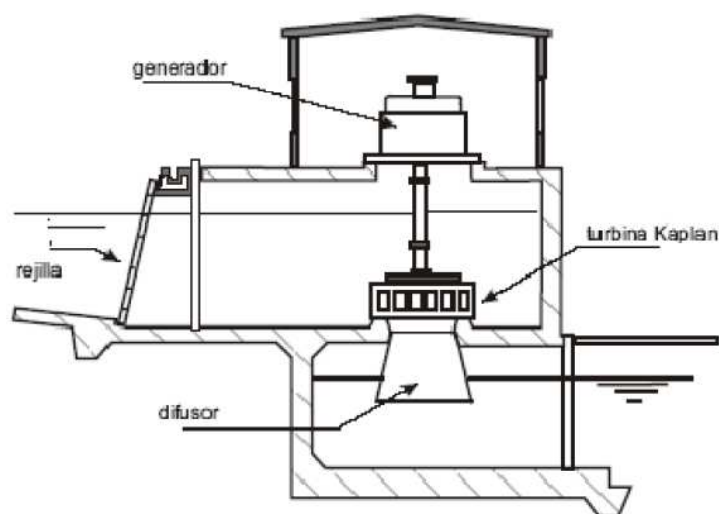
### 5 CASA DE MÁQUINAS

En un aprovechamiento hidroeléctrico, la casa de máquinas tiene como misión proteger el equipo electro-hidráulico de las adversidades climatológicas. El número, tipo y potencia de las turbinas, su disposición con respecto al canal de descarga, la altura de salto y la geomorfología del sitio, condicionan la topología del edificio.

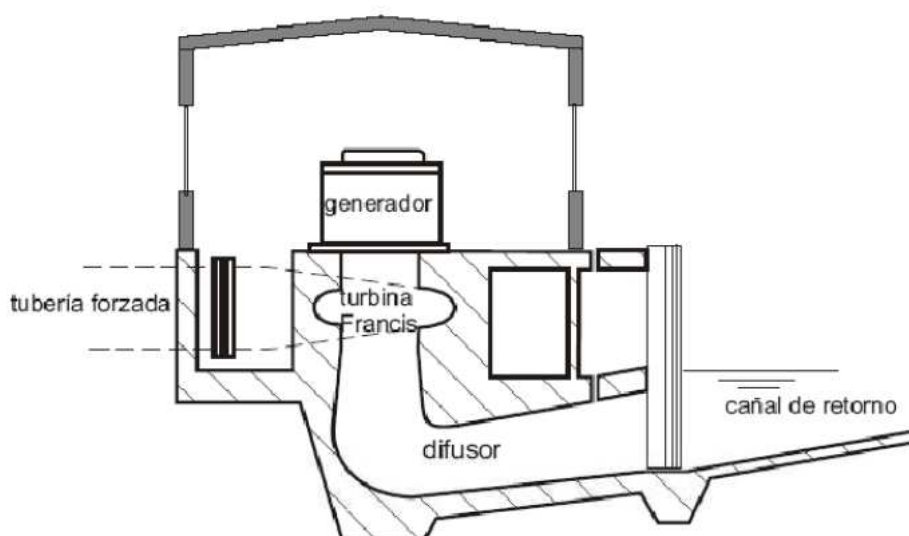
La casa de máquinas puede albergar los siguientes equipos:

- Compuerta o válvula de entrada a las turbinas.
- Turbinas.
- Multiplicadores (si se necesitan).
- Generadores.
- Sistemas de control.
- Equipo eléctrico.
- Sistemas de protección.
- Suministro de corriente continua (control y emergencias).
- Transformadores de potencia e intensidad.

A continuación se muestra el esquema de una casa de máquinas de una central de baja altura de salto con toma de agua, integrada con el azud y las rejillas, alojando una turbina Kaplan, de eje vertical, acoplada directamente a un generador, el tubo difusor y el canal de retorno, de uso frecuente en aprovechamientos de muy baja altura de salto. Para mitigar el impacto visual y sónico, la casa de máquinas puede estar enteramente sumergida.



En los aprovechamientos de montaña, en los que el salto es mediano o grande, las casas de maquinas son más convencionales con una entrada de la tubería forzada y un canal de retorno:



Cuando se trata de una instalación vertical, que es la más común, como en nuestro caso, la casa de máquinas tiene, en general, dos niveles: planta alta o piso de generadores y planta baja o piso de turbinas.

En el piso de generadores se encuentran estos aparatos con sus reguladores de velocidad, y en la parte superior de este nivel se instala un

puente grúa que se utiliza durante el montaje y también para hacer reparaciones, tanto de los generadores como de los rodetes. Por esta última razón el techo de la casa de máquinas debe ser lo suficientemente alto para que la grúa pueda transportar libremente los rotores o los rodetes por encima de los que están ya colocados.

En el piso de turbinas se encuentran la espiral de alimentación, el distribuidor y el rodete de las máquinas. La espiral y el tubo de aspiración están embebidos en una gran masa de cemento ciclópeo que tiene la finalidad de absorber las vibraciones, ya que si éstas existieran serían transmitidas por la flecha al generador y se alteraría la separación entre el rotor y el estator, lo que provocaría problemas eléctricos inadmisibles.

### **5.1 Solución adoptada**

Las medidas de la casa de máquinas se pueden consultar en el plano correspondiente que va incluido en el proyecto.

Es reseñable que las dimensiones obtenidas para el dimensionado de la casa de máquinas no son de carácter vinculante sino orientativo, dado que lo que se pretende mostrar en este anejo son las necesidades y condiciones que debe cumplir la edificación para albergar los equipos, que podrán ser modificadas por el proyectista de las misma si lo ve necesario y considera que se adaptan mejor a las necesidades de la explotación hidráulica. Dicho sea de paso, no entra dentro del alcance de este proyecto la realización de los cálculos estructurales de la edificación, ni distribución eléctrica, ya que tan sólo la realización de estas cuestiones supondría un proyecto de ingeniería aparte.

## **ANEJO 8: EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO**

### ANEJO 8: EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 8: EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO .....                          | 174 |
| 1 GENERADORES .....                                                   | 175 |
| 1.1 Disposición del generador respecto a la turbina.....              | 178 |
| 1.2 Solución adoptada.....                                            | 178 |
| 1.3 Regulación de tensión y sincronización .....                      | 179 |
| 2 ELEMENTOS DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN .....                 | 181 |
| 2.1 Protecciones .....                                                | 185 |
| 3 MULTIPLICADORES DE VELOCIDAD.....                                   | 186 |
| 3.1 Tipos de multiplicadores.....                                     | 186 |
| 3.2 Diseño de multiplicadores.....                                    | 187 |
| 3.3 Mantenimiento .....                                               | 188 |
| 4 AUTOMATIZACIÓN .....                                                | 189 |
| 5 SISTEMAS AUXILIARES .....                                           | 193 |
| 6 EQUIPO ELÉCTRICO AUXILIAR.....                                      | 193 |
| 6.1 Transformador de servicio .....                                   | 193 |
| 6.2 Suministro de corriente continua para el sistema de control ..... | 194 |
| 6.2 Registro de niveles de agua.....                                  | 194 |
| 6.4. Centro de transformación .....                                   | 195 |

## 1 GENERADORES

Es la máquina que transforma la energía mecánica de rotación de la turbina en energía eléctrica.

El generador basa su funcionamiento en la inducción electromagnética. El principio de su funcionamiento se basa en la ley de Faraday, mediante la cual, cuando un conductor eléctrico se mueve en un campo magnético se produce una corriente eléctrica a través de él.

El generador, o alternador, está compuesto de dos partes fundamentales:

- Rotor o inductor móvil. Su función es generar un campo magnético variable al girar arrastrado por la turbina.
- Estátor o inducido fijo. Sobre el que se genera la corriente eléctrica aprovechable.

En centrales menores de 1000 KW la tensión de trabajo del generador es de 400 ó 660 voltios. Para potencias más elevadas la generación se produce en media tensión (3.000, 5.000 ó 6.000 voltios).

El generador puede ser de dos tipos: síncrono o asíncrono.

**Síncrono.** En este tipo de generador la conversión de energía mecánica en eléctrica se produce a una velocidad constante llamada velocidad de sincronismo, que viene dada por la expresión

$$N_s = \frac{60 * f}{p}$$

Donde:

*N<sub>s</sub> = velocidad de sincronismo expresada en r.p.m.*

*f = frecuencia en Hz (50 Hz en España)*

*p = número de pares de polos del generador*

Las bobinas arrolladas crean el campo magnético en los polos del rotor. Para que esto ocurra, por estas bobinas debe circular una corriente eléctrica continua. Para producir esta corriente continua pueden emplearse diferentes sistemas de excitación:

- Autoexcitación estática. La corriente proviene de la propia energía eléctrica generada, previamente transformada de alterna en continua.
- Excitación con diodos giratorios. Se crea una corriente alterna invertida, con polos en el estátor y se rectifica por un sistema de diodos, situado en el eje común.
- Excitación auxiliar. La corriente necesaria se genera mediante una dinamo auxiliar regulada por un reostato.

**Asíncrono.** Debido a la simplicidad, robustez y bajo costo de los clásicos motores eléctricos, éstos han venido utilizándose como generadores eléctricos sobre todo en centrales de pequeña potencia.

Para ello es necesario que el par mecánico comunicado al rotor produzca una velocidad de giro superior a la de sincronismo.

Este exceso de velocidad produce un campo giratorio excitador. Es importante que la diferencia entre las velocidades de funcionamiento y la de sincronismo sea pequeña, para reducir las pérdidas en el cobre del rotor.

El generador toma la corriente de la red para la creación del campo magnético. También es necesaria la colocación de una batería de condensadores que compense la energía reactiva generada.

El uso de este tipo de generadores no precisa regulador de velocidad en la turbina. Para arrancar el grupo se abre el distribuidor de la turbina hasta que se llega a una velocidad superior a la de sincronismo (aunque próxima a la misma) y en este momento se conecta a la red por medio de un interruptor automático.

El generador tiene como misión transformar en energía eléctrica la energía mecánica suministrada por la turbina. Basa su funcionamiento en la inducción electromagnética. El principio de su funcionamiento se basa en la ley de Faraday, mediante la cual, cuando un conductor eléctrico se mueve en un campo magnético se produce una corriente eléctrica a través de él.

El generador, o alternador, está compuesto de dos partes fundamentales:

- Rotor o inductor móvil. Su función es generar un campo magnético variable al girar arrastrado por la turbina.

- Estátor o inducido fijo. Sobre el que se genera la corriente eléctrica aprovechable.

En centrales menores de 1000 kW la tensión de trabajo del generador es de 420 ó 660 voltios. Para potencias más elevadas la generación se produce en media tensión (3.000, 5.000 ó 6.000 voltios). Dado que la potencia de nuestro grupo es de 25 kW, se generará una tensión de 420 V.

En un principio se utilizaban generadores de corriente continua; actualmente, salvo rarísimas excepciones, solo se utilizan alternadores trifásicos de corriente alterna. En función de la red que debe alimentar, el proyectista puede escoger entre:

- Alternadores síncronos equipados con un sistema de excitación asociado a un regulador de tensión para que, antes de ser conectados a la red, generen energía eléctrica con el mismo voltaje, frecuencia y ángulo de desfase que aquella, así como la energía reactiva requerida por el sistema una vez conectados. Los alternadores síncronos pueden funcionar aislados de la red.
- Normalmente si la potencia sobrepasa los 5.000 kVA, se emplean generadores síncronos. Pero no es nuestro caso.
- Alternadores asíncronos, simples motores de inducción con rotor en jaula de ardilla, sin posibilidad de regulación de tensión, que giran a una velocidad directamente relacionada con la frecuencia de la red a la que están conectados.

De esa red extraen su corriente de excitación y de ella absorben la energía reactiva necesaria para su propia magnetización. Esta energía reactiva puede compensarse, si se estima conveniente, mediante bancos de condensadores, como ocurrirá en nuestro aprovechamiento. Estos equipos no pueden generar corriente cuando están desconectados de la red ya que son incapaces de suministrar su propia corriente de excitación. Se emplean siempre que la potencia sea inferior a 500 kVA. Entre 500 kVA y 5.000 kVA la elección viene condicionada por la capacidad de la red de distribución, en nuestro caso esto no supondrá un problema.

Los alternadores síncronos son más caros que los asíncronos y se utilizan, para alimentar redes pequeñas, en las que su potencia representa una proporción sustancial de la carga del sistema, o en todo caso, cuando la potencia de la turbina supera los 5.000 kVA. Los asíncronos se utilizan en grandes redes, en las que su potencia representa un porcentaje insignificante de la carga del sistema. Su rendimiento, en todo el campo de funcionamiento, es de 2 - 4% inferior al de los alternadores síncronos.

La tensión de generación viene determinada por la potencia del generador. Lo normal es generar a 420 V hasta 1.400 kVA y a 6000/6600 V para potencias mayores.

La generación a 420 V tiene la ventaja de poder emplear como transformadores del grupo, transformadores normalizados de distribución, y de poder extraer del secundario, la potencia necesaria para los servicios auxiliares de la central.

Cuando se genera en alta tensión la potencia para los servicios auxiliares se extrae de la línea a través de un transformador AT/BT.

### **1.1 Disposición del generador respecto a la turbina**

Los generadores pueden ser de eje horizontal o de eje vertical, independientemente de cuál sea el tipo o configuración de turbina utilizada, pero por regla general los generadores adoptan la misma configuración que la turbina. Como nuestra turbina es de eje vertical, también utilizaremos generadores de eje vertical.

### **1.2 Solución adoptada**

Para nuestro aprovechamiento, se ha elegido un generador asíncrono con las siguientes características, facilitadas por el fabricante:

| Generador               |           |
|-------------------------|-----------|
| Tipo                    | Asíncrono |
| Potencia (kVA)          | 563       |
| Tensión nominal (V)     | 420       |
| Intensidad nominal (A)  | 774       |
| Velocidad de giro (rpm) | 1000      |
| Pares de polos          | 3         |
| Frecuencia (Hz)         | 50        |

Puesto que en el presente proyecto no se han desarrollado los cálculos eléctricos necesarios para determinar si las pérdidas existentes son aceptables, los valores de tensión e intensidad en la producción resultan orientativos para el proyectista, pudiendo ser cambiados en base a un mejor funcionamiento y rendimiento de la explotación.

### 1.3 Regulación de tensión y sincronización

Un generador asíncrono necesita, para asegurar su magnetización, tomar una cierta potencia reactiva de la red. La red es también la que marca la frecuencia, y el generador aumenta su deslizamiento a medida que aumenta la potencia suministrada por la turbina.

El generador asíncrono presenta la ventaja adicional de no necesitar excitatriz, lo que simplifica el equipo y facilita las maniobras secuenciales de arranque. Para ello se actúa sobre la admisión de la turbina, acelerándola ligeramente por encima de su velocidad de sincronismo, momento en el que un sensor de velocidad da la orden de cierre del interruptor de línea. El generador pasa rápidamente de la velocidad de hipersincronismo, a la necesaria para que se igualen los pares motor y resistente en la zona de funcionamiento estable.

En todos los países, los reglamentos para el suministro de electricidad, obligan a las compañías distribuidoras a mantener, entre límites muy estrechos, la seguridad y la calidad de servicio. El productor independiente, si su central está conectada a la red, como la nuestra, tiene que operarla de forma que la

compañía distribuidora pueda cumplir con esa obligación. Para ello entre los terminales del generador y la línea de salida se instalan dispositivos, que monitorizan el funcionamiento del equipo, protegen al generador, lo conectan a la red o lo aíslan de la misma en caso de avería.

La monitorización se lleva a cabo mediante aparatos más o menos sofisticados para medir la tensión, intensidad y frecuencia en cada una de las tres fases, la energía producida por el generador, su factor de potencia, y eventualmente el nivel de agua en la cámara de carga. La tensión e intensidad de corriente se monitorizan mediante transformadores de potencia (PTs) y de corriente (CTs), para reducir su valor, generalmente muy elevado, a niveles más manejables.

Para que los diferentes sistemas de protección puedan cumplir su misión, se necesita un interruptor principal, ya sea de aire comprimido magnético o de vacío, capaz de aislar el generador de la red, aún cuando esté trabajando a plena carga.

Como elementos de protección se necesitan:

- Relés de protección de la interconexión que garantizan la desconexión en el caso de un fallo en la red.
- Relés de mínima tensión conectados entre fases.
- Relé de máxima tensión.

#### Protección tierra-estátor:

Máxima intensidad, con actuación temporizada e instantánea. Si el generador es de baja tensión estos relés pueden ser directos y estar instalados en el mismo interruptor.

#### Retorno de energía:

Para detectar fallos en los arrollamientos del estator, y actuar antes de que se quemen, se utilizan relés diferenciales. Existen también relés que actúan sobre el interruptor principal cuando la temperatura del generador o del

transformador de salida sobrepasa los límites aceptables, o en el caso de tensiones superiores o inferiores a la normal.

El productor independiente es responsable de los sistemas de puesta a tierra de la instalación, que deben ser diseñados siguiendo instrucciones de la compañía distribuidora. El sistema de puesta a tierra varía con el número de unidades instaladas y con la configuración de la central y su sistema de operación.

Por razones obvias, la central debe disponer de sistemas de contadores, para medirla energía activa suministrada a la red y la reactiva absorbida de la misma.

## **2 ELEMENTOS DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN**

La instalación de estos elementos es necesaria para regular y controlar el buen funcionamiento de la central, además de los dispositivos de protección que deben colocarse en la central y la línea eléctrica, y que actuarán cuando se produzca algún fallo en la central.

*Los principales bucles de control y sistemas de supervisión y mando para una minicentral hidroeléctrica son:*

Para el control de la turbina:

- Regulador de velocidad en instalaciones con grupos síncronos.
- Reguladores de nivel para centrales con grupos asíncronos conectados a la red.
- Regulador de potencia generada para centrales en red aislada.
- Regulador de caudal turbinado.
- Para el control del generador:
  - Regulador de tensión para grupos síncronos.
  - Equipo de sincronización, cuando existen grupos síncronos funcionando conectados a la red.

- Baterías de condensadores y un relé taquimétrico, cuando existan grupos asíncronos funcionando conectados a la red.

Para el control de la turbina y el generador se pueden distinguir tres casos, en función del tipo de generador utilizado y del funcionamiento previsto:

- *Central con generador síncrono funcionando conectado a la red.* Aunque el control de la turbina no necesita un regulador de velocidad porque la frecuencia está mantenida por la red, es conveniente su instalación. El mando del distribuidor se realiza por medio de un servo-oleohidráulico, y las órdenes de apertura y cierre proceden del regulador de nivel.
- El control del generador es una regulación del factor de potencia, ya que al estar conectado a la red está fija la tensión, y la variación de la excitación modifica la potencia reactiva suministrada por el grupo.
- El equipo automático de sincronización estará provisto de ajuste de velocidad y tensión del grupo, a través de un relé de sincronismo.
- *Central con generador síncrono funcionando aislado.* Se necesita un sistema de regulación de velocidad y de potencia, para que el control de la turbina asegure el mantenimiento de la frecuencia de la red en cualquier condición de carga.
- El control del generador necesita un regulador de tensión que actúe sobre la excitación del alternador, con el fin de mantener la tensión dentro de los límites admisibles.
- *Central con generador asíncrono funcionando conectada a la red.* No es necesario el control de la turbina al estar mantenida la frecuencia por la red. El mando del distribuidor se realiza mediante un servo-oleohidráulico, y las órdenes de apertura y cierre proceden del regulador de nivel.

Una batería de condensadores estáticos, controlados de forma continua por medio de tiristores, efectúa el control del generador.

Para realizar la conexión del grupo a la red se necesita un detector de velocidad que proporcione una señal cuando el grupo llegue a la velocidad de sincronismo, utilizándose un relé taquimétrico mecánico o eléctrico.

*Las protecciones de los sistemas* que componen la minicentral actúan al producirse un hecho anormal en su funcionamiento, provocando una alarma, la parada de algún grupo e incluso la parada total de la central. Esto depende del motivo que haya provocado dicha irregularidad.

Las principales causas que pueden accionar las protecciones son:

#### Protecciones mecánicas

- Embalamiento de turbina y generador.
- Temperatura de eje y cojinetes.
- Nivel de circulación del fluido de refrigeración.
- Temperatura de aceite del multiplicador de velocidad.
- Nivel mínimo hidráulico.
- Desconexión de la bomba del aceite de regulación.

#### Protecciones eléctricas del generador y transformador

- Intensidad máxima.
- Retorno de potencia (máxima admitida 5% de la nominal).
- Calentamiento del generador y/o del transformador.
- Derivación en el estátor.
- Producción de gases en el transformador (Buchholz).
- Nivel de tensión (entre el 85 y el 100% de la tensión nominal).
- Nivel de frecuencia (entre 47,5 y 51 HZ).

#### Protecciones de la línea de media tensión

- Derivación de una fase de tierra.
- Cortocircuito o inversión de fases.
- Sobreintensidad.
- Red de tierra, para limitar la tensión con respecto al terreno.

La instalación de estos elementos es necesaria para regular y controlar el buen funcionamiento de la central, además de los dispositivos de protección que deben colocarse en la central y la línea eléctrica, y que actuarán cuando se produzca algún fallo en la central.

Los principales bucles de control y sistemas de supervisión y mando para una central hidroeléctrica son:

- Para el control de la turbina:

- Regulador de velocidad en instalaciones con grupos síncronos.
- Reguladores de nivel para centrales con grupos asíncronos conectados a la red.
- Regulador de potencia generada para centrales en red aislada.
- Regulador de caudal turbinado.

- Para el control del generador:

- Regulador de tensión para grupos síncronos.
- Equipo de sincronización, cuando existen grupos síncronos funcionando conectados a la red.
- Baterías de condensadores y un relé taquimétrico, cuando existan grupos asíncronos funcionando conectados a la red.

- Para el control de la turbina y el generador se pueden distinguir tres casos, en función del tipo de generador utilizado y del funcionamiento previsto:

- Central con generador síncrono funcionando conectado a la red.
- Central con generador síncrono funcionando aislado.
- Central con generador asíncrono funcionando conectada a la red.

En el caso que nos atañe, solo nos interesa el tercer caso, ya que el generador es asíncrono y está conectado a la red de distribución. Por ello se debe tener en cuenta:

- No es necesario el control de la turbina al estar mantenida la frecuencia por la red. El mando del distribuidor se realiza mediante un servo-oleohidráulico, y las órdenes de apertura y cierre proceden del regulador de nivel.
- Una batería de condensadores estáticos, controlados de forma continua por medio de tiristores, efectúa el control del generador. Para realizar la conexión del grupo a la red se necesita un detector de velocidad que proporcione una señal cuando el grupo llegue a la velocidad de sincronismo, utilizándose un relé taquimétrico mecánico o eléctrico.

### 2.1 Protecciones

Las protecciones de los sistemas que componen la central actúan al producirse un hecho anormal en su funcionamiento, provocando una alarma, la parada de algún grupo e incluso la parada total de la central. Esto depende del motivo que haya provocado dicha irregularidad. Las principales causas que pueden accionar las protecciones son:

- Protecciones mecánicas:
  - Embalamiento de turbina y generador.
  - Temperatura de eje y cojinetes.
  - Nivel de circulación del fluido de refrigeración.
  - Temperatura de aceite del multiplicador de velocidad.
  - Nivel mínimo hidráulico.
  - Desconexión de la bomba del aceite de regulación.

- Protecciones eléctricas del generador y transformador:
  - Intensidad máxima.
  - Retorno de potencia (máxima admitida 5% de la nominal).
  - Calentamiento del generador y/o del transformador.
  - Derivación en el estator.
  - Producción de gases en el transformador (Buchholz).
  - Nivel de tensión (entre el 85 y el 100% de la tensión nominal).
  - Nivel de frecuencia (entre 47,5 y 51 Hz).

### 3 MULTIPLICADORES DE VELOCIDAD

Cuando turbina y generador trabajan a la misma velocidad y pueden montarse coaxialmente, se recomienda el acoplamiento directo, que evita pérdidas mecánicas y minimizar el mantenimiento posterior. El fabricante de la turbina recomendará el tipo de acoplamiento a utilizar aún cuando un acoplamiento flexible, que tolera pequeños errores de alineación, es en general preferible.

En general, sobre todo en turbinas de bajo salto, los rodets giran a menos de 1.000 rpm, lo que obliga al empleo de un multiplicador para alcanzar las 1.000-1.500 rpm de los alternadores estándar, solución siempre más económica que la de utilizar un alternador especial, que tendrá que ser construido bajo pedido.

#### 3.1 Tipos de multiplicadores

En función del tipo de engranajes utilizados en su construcción, los multiplicadores se clasifican:

- Paralelos: utilizan engranajes helicoidales, especialmente atractivos para potencias medias.

- Cónicos: por lo general, limitados a pequeñas potencias, utilizan engranajes cónicos espirales para el reenvío a 90°.
- Epicicloides: utilizan engranajes epicicloides con diseños muy compactos, especialmente adecuados para potencias de más de 2 MW.

En nuestro caso será necesario instalar un multiplicador de velocidad, debido a:

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| Velocidad de giro de la turbina (rpm) | 585  |
| Velocidad de sincronismo (rpm)        | 1000 |

Por tanto será necesario instalar un multiplicador de velocidad de engranajes helicoidales.

### 3.2 Diseño de multiplicadores

La caja se diseña para garantizar, aún bajo solicitudes extremas, la correcta alineación de los componentes. En general se construyen de acero soldado, fuertemente rigidizado para que pueda resistir, sin deformarse, el empuje de la turbina y el par transmitido por el generador.

El reductor tiene que soportar esfuerzos excepcionales, causados por situaciones excepcionales, tales como un defecto de sincronismo, un cortocircuito o un embalamiento de la turbina, que generan esfuerzos puntuales que pueden llegar a romper los engranajes. Para proteger los engranajes contra estos esfuerzos puntuales, se recomienda utilizar limitadores de par que al presentarse una sobrecarga excesiva originan la rotura de la pieza que hace de acoplamiento.

Es importante que el volumen, calidad, temperatura y viscosidad del aceite se mantengan siempre dentro de especificaciones. Para garantizar una buena lubricación es aconsejable utilizar doble bomba y doble filtro de aceite.

Los multiplicadores se diseñan con arreglo a normas (AGMA 2001, B88 o DIN 3990) pero utilizando criterios conservadores en la evaluación de los

esfuerzos. Estos criterios entran en conflicto con la necesidad de reducir costos pero, para encontrar el equilibrio entre fiabilidad y precio, hay que tener muy claras las ideas sobre cómo se dimensionan los componentes. Un buen de engranajes, son condiciones indispensables para garantizar la durabilidad de un multiplicador.

Los factores metalúrgicos juegan también un papel importante. En cada caso hay que estudiar las ventajas respectivas de la nitruración y de la cementación, muy en particular en lo que respecta a los esfuerzos permisibles en el contacto de los dientes.

La elección de los cojinetes es crucial para el diseño del multiplicador.

Por debajo de 1 MW pueden utilizarse rodamientos de rodillos. Sin embargo, para mayores potencias, como en nuestro caso, resulta difícil encontrar rodamientos con una garantía de vida aceptable, por lo que a partir de esa potencia se utilizan cojinetes hidrodinámicos. Efectivamente, la vida de los rodillos está limitada por el fenómeno de fatiga, mientras que los cojinetes hidrodinámicos tienen una vida prácticamente ilimitada. Los cojinetes hidrodinámicos, por otra parte, admiten una cierta contaminación del aceite, cosa que no es tolerada por los rodillos.

### 3.3 Mantenimiento

El 70% de las averías son debidas a la deterioración o a la deficiencia en el circuito del lubricante: con frecuencia los filtros se atascan o entra agua en el circuito de lubricación. Por lo general los programas de mantenimiento se elaboran, ya sea prefijando los periodos de tiempo para cambio de filtros y de lubricante, ya sea analizando periódicamente el lubricante para mantener las condiciones especificadas. Esta última solución es la más recomendable.

Los multiplicadores de engranajes aumentan considerablemente el nivel de ruido en la casa de máquinas y como hemos visto requieren un mantenimiento cuidadoso. La pérdida de rendimiento por fricción puede alcanzar e incluso superar el 2% de la potencia, por lo que se buscan incansablemente soluciones alternativas, como la utilización de generadores de baja velocidad, conectados directamente a la turbina.

## 4 AUTOMATIZACIÓN

La automatización de una minicentral permite reducir los costes de operación y mantenimiento, aumentar la seguridad de los equipos y optimizar el aprovechamiento energético de la instalación.

El *grado de automatización* va a depender principalmente de la ubicación y el tipo de central, de las posibilidades reales de regulación, y del presupuesto, incluyendo el coste del personal de trabajo. La automatización será total cuando incluya el arranque, regulación y parada de la central, y será parcial cuando mande solamente parada y alarma, en caso de que actúen las protecciones de la central.

En la actualidad todas las centrales de nueva construcción son totalmente automatizadas. De hecho, una de las actuaciones que se viene realizando en el sector hidroeléctrico consiste en la modernización de antiguas instalaciones en explotación para automatizar todos sus equipos y sistemas con objeto de obtener mayores rendimientos energéticos y menores gastos de explotación.

En cuanto a la tecnología se puede distinguir entre:

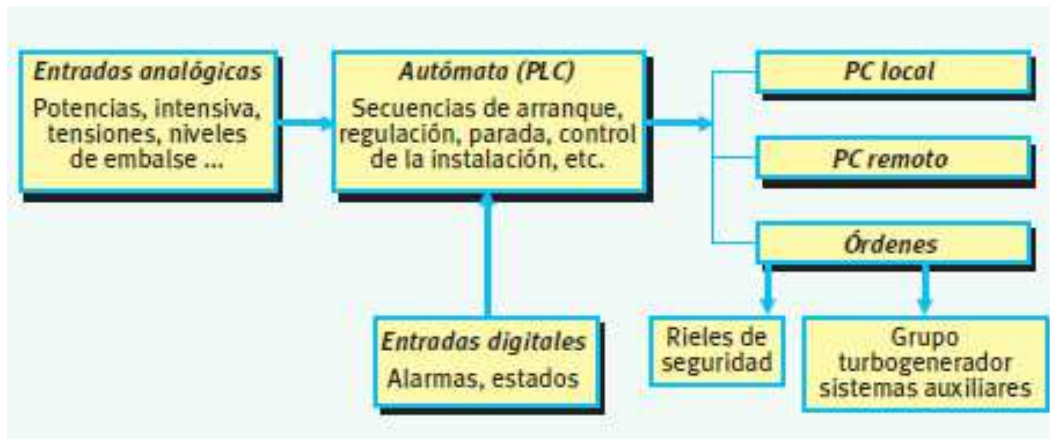
-Convencional: basada en los relés electromecánicos o estáticos. La utilización de relés convencionales es la forma más sencilla y económica de automatizar una central, aunque tiene la desventaja de ser más limitada.

Esta tecnología permite automatizar:

- Secuencias de arranque.
- Secuencias de parada por protecciones.

- Digital: Se refiere a técnicas informáticas que permiten la gestión de todas las funciones de la central. Los equipos de automatización que funcionan con microprocesadores ofrecen un abanico mayor de posibilidades de automatización, siendo posible la programación de distintas secuencias.

- Arranque y parada normal del grupo.
- Parada de emergencia del grupo.
- Regulación del grupo por nivel o caudal
- Optimización de funcionamiento del conjunto de la instalación



*Esquema general de un sistema de automatización*

Los centros de control remoto sirven para gestionar una o varias centrales automatizadas a través de técnicas de telemando. Para poder emplear esta opción es imprescindible contar con los equipos informáticos y el software adecuados, que se instalarán en paralelo en la central y el centro de control.

La automatización de una central permite reducir los costes de operación y mantenimiento, aumentar la seguridad de los equipos y optimizar el aprovechamiento energético de la instalación.

El grado de automatización va a depender principalmente de la ubicación y el tipo de central, de las posibilidades reales de regulación, y del presupuesto, incluyendo el coste del personal de trabajo. La automatización será total cuando incluya el arranque, regulación y parada de la central, y será parcial cuando mande solamente parada y alarma, en caso de que actúen las protecciones de la central.

La mayoría de las pequeñas centrales trabajan sin personal permanente y funcionan mediante un sistema automático de control. Por ello, en nuestro aprovechamiento se busca la disposición de un sistema totalmente automatizado que no necesite de ningún operario para funcionar, generalmente será en verano.

Los centros de control remoto sirven para gestionar una o varias centrales automatizadas a través de técnicas de telemando. Para poder emplear esta

opción es imprescindible contar con los equipos informáticos y el software adecuados, que se instalarán en paralelo en la central y el centro de control.

Los requisitos generales que se deben aplicar son:

1. Todo sistema debe contar con dispositivos de control y medida de accionamiento manual para el arranque, totalmente independientes del control automático.
2. El sistema debe incluir los dispositivos necesarios para poder detectar el funcionamiento defectuoso de cualquier componente importante, y poder desconectar inmediatamente la central de la red.
3. Tiene que haber un sistema de telemetría que recoja, en permanencia, los datos esenciales para el funcionamiento de la planta poniéndolos al alcance del operador para que este pueda tomar las decisiones convenientes. Esos datos deberán ser almacenados en una base de datos, para una ulterior evaluación de la central.
4. Debe incluir un sistema de control inteligente para que la central pueda funcionar sin personal
5. Debe ser posible acceder al sistema de control desde un punto alejado de la central para poder anular cualquier decisión tomada por el sistema inteligente.
6. El sistema debe poder comunicar con las centrales situadas aguas arriba y aguas abajo, si es que existen, para optimizar la operación del conjunto.
7. La anticipación de fallos constituye una mejora importante del sistema. Utilizando un sistema experto, en conjunción con una base de datos operacional, se pueden detectar los fallos antes de que se produzcan y tomar las decisiones necesarias para que no ocurran.

El sistema debe configurarse por módulos: un módulo de conversión analógico a digital para medir nivel de agua, ángulo de los alabes distribuidores (y o del rodete), potencia instantánea, temperaturas, etc.; un módulo de conversión digital a analógico para accionar las válvulas del circuito hidráulico,

los registradores etc.; un módulo para contar los kWh generados, el caudal, la intensidad de precipitación etc.; un módulo

“inteligente” de telemetría con las interfaces de comunicación, vía línea telefónica, radio etc. Este enfoque modular se presta a satisfacer los diferentes requisitos de cada central, permitiendo la normalización del hardware y del software» reduciendo el coste y facilitando el mantenimiento.

Los sistemas de control automáticos contribuyen a aumentar la disponibilidad de la central, y a hacer trabajar las turbinas con una mayor eficiencia, produciendo así más kWh, con el mismo volumen de agua. Con la generalización de los ordenadores personales, los precios de estos equipos resultan inferiores a los de los antiguos procesadores programables (PLC).

La posibilidad de utilizar nuevos componentes, como discos duros y una variedad de periféricos la alimentación en corriente continua procedente de las baterías de la central; la variedad y fiabilidad de las tarjetas de entrada y salida de datos; los dispositivos de vigilancia (.watch dog.) del funcionamiento de la CPU, son otros tantos triunfos en manos del proyectista que puede ensamblar a bajo precio el hardware necesario, utilizando componentes estándar.

El software se diseña también con criterio modular para que su adaptación a cada planta pueda hacerse rápidamente y a bajo coste. La generalización de los sistemas CAD permite dibujar con precisión un sinóptico de la planta y visualizar los diferentes componentes que intervienen en el sistema. Los nuevos microprocesadores hacen posible el trabajo en tiempo real para hacer frente a las alarmas y acontecimientos.

Los nuevos lenguajes de programación permiten programar fácilmente secuencias lógicas como las de arranque y parada.

Nuestra central hidroeléctrica está totalmente automatizada, dotándose del conveniente autómatas para que la turbina nunca trabaje en reactiva, es decir el autómatas cuando note una pérdida de factor de potencia significativa mandará una señal a la turbina para que esta pare su funcionamiento. Debido a las

penalizaciones que se dan por este tipo de aprovechamiento es más conveniente tener la turbina parada que trabajando en reactiva.

## 5 SISTEMAS AUXILIARES

Los equipos más comunes que se pueden considerar como auxiliares dentro de la central son:

- Ventilación.
- Alumbrado normal y de emergencia.
- Equipo de corriente continua empleado para alimentar las bobinas de desconexión del disyuntor y otras bobinas de relés y contactores.
- Bombas para el drenaje de posibles fugas o achique en caso de inundación.
- -Batería de condensadores.
- Puente grúa.
- Rejas y limpiarrejas.
- Protección contra incendios.
- Agua refrigeración.
- Caudalímetro.

## 6 EQUIPO ELÉCTRICO AUXILIAR

### 6.1 Transformador de servicio

El consumo propio de la central, incluidos los dispositivos mecánicos e hidráulicos y la iluminación, es del orden del 1 al 3% de su capacidad; las micro centrales (menos de 500 kW) tienen un consumo porcentual más elevado. El transformador de servicio debe diseñarse pues, para esa carga.

Para alimentar ese transformador, en una central sin personal permanente, hay que prever, si es posible, dos fuentes exteriores de suministro diferentes, con intercambiador automático.

#### **6.2. Suministro de corriente continua para el sistema de control**

Las centrales, sobre todo si están operadas por control remoto, necesitan un sistema permanente de corriente continua a 24 V proporcionado por un banco de baterías. La capacidad del banco en amperios hora debe ser suficiente para que en caso de corte de corriente al cargador, el funcionamiento del sistema de control quede asegurado, en tanto se toman las medidas pertinentes para recuperar el suministro.

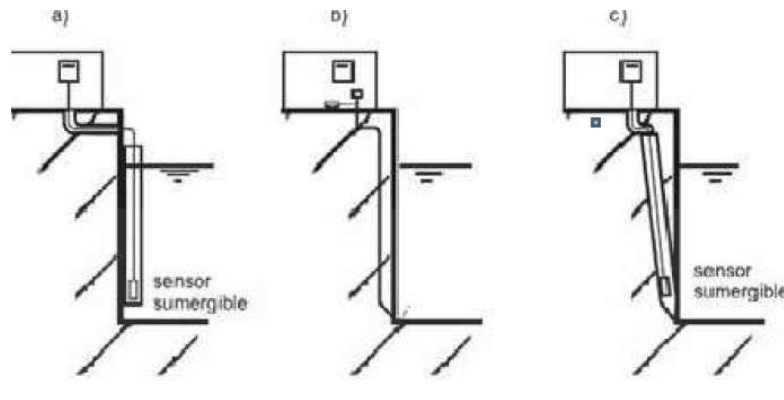
#### **6.2 Registro de niveles de agua**

En una central es absolutamente necesario conocer en todo momento nivel de agua aguas arriba y aguas abajo de la turbina. El método más sencillo utiliza una regla graduada en metros y centímetros, al estilo de las miras topográficas, que alguien tiene que observar físicamente para poder registrar las lecturas. En una central sin personal este sistema es a todas luces inadecuado.

El sistema tradicional utiliza un flotador que registra el nivel sobre una cinta de papel continuo, pero su lectura posterior es engorrosa. Si la central tiene un sistema de control automático, lo más lógico es utilizar para ese fin un dispositivo equipado con transductores conectados al ordenador, que acumula las lecturas en una base de datos y envía estos al programa para que tome las medidas oportunas, entre las que se incluye la emisión de una alarma cuando se considere necesaria una intervención externa.

Actualmente se tienden a separar el sensor y el transductor. El sensor se colocará allí donde se quiere efectuar la medida, o en sus cercanías, con lo que es fácil que esté sujeto a condiciones muy desfavorables y de difícil acceso. El transductor podrá estar situado en una zona segura y fácilmente accesible con lo que se facilita su vigilancia y su mantenimiento. El sistema a utilizar en las medidas de nivel viene condicionado a la precisión con que se quiere efectuar la medida; en el caso de las pequeñas centrales un sensor piezoeléctrico, con una precisión del 0,1% será suficiente. La elección del punto de medida resulta también particularmente crítica; la colocación del sensor en un punto donde puede haber variaciones importantes de la velocidad de corriente dará lugar a resultados erróneos.

El sensor de nivel puede transmitir la señal utilizando el método hidrostático o el neumático. En el primer caso, hay que cuidar que los tubos que transmiten la presión no puedan obstruirse ni puedan acumular aire. En el segundo caso hay que conseguir que el orificio del sensor del que salen las burbujas de aire esté cerca del nivel de la lámina de agua en el inicio de las mediciones, o por debajo de él, y que el agua no pueda penetrar en los tubos. La mejor solución es ocultar el sensor y sus tubos en el interior de la pared, de forma que está sea plana y no produzca alteraciones locales en la velocidad de la corriente y la proteja al mismo tiempo de cualquier golpe eventual.



#### 6.4. Centro de transformación

El centro de transformación, ubicado en el interior de un edificio externo a la casa de máquinas, alberga el interruptor principal, que aísla de la red toda la central, el transformador y protecciones contra sobretensiones de la red. Esto se tratará en el Anejo 9.

## ANEJO 9: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### ANEJO 9: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 9: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....                                                                                                | 197 |
| 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....                                                                                                       | 198 |
| 1.1 Clasificación de los centros de transformación.....                                                                                | 198 |
| 2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....                                                                          | 199 |
| 2.1 Parámetros seleccionados .....                                                                                                     | 199 |
| 3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....                                                                                                   | 200 |
| 3.1 Obra civil .....                                                                                                                   | 200 |
| 3.2 Instalación eléctrica .....                                                                                                        | 202 |
| 3.2.1 Características de la red.....                                                                                                   | 202 |
| 3.2.2 Características descriptivas de la aparamenta de Media Tensión .....                                                             | 202 |
| 3.2.3 Características descriptivas de los cuadros de Baja Tensión .....                                                                | 202 |
| 3.2.4 Características descriptivas del transformador .....                                                                             | 203 |
| 3.2.5 Puesta a tierra .....                                                                                                            | 203 |
| 3.2.6 Instalaciones secundarias.....                                                                                                   | 203 |
| 4 CÁLCULOS.....                                                                                                                        | 204 |
| 4.1 Intensidad de Baja Tensión .....                                                                                                   | 204 |
| 4.2 Intensidad de Media Tensión .....                                                                                                  | 205 |
| 4.3 Cálculo de las intensidades de cortocircuito .....                                                                                 | 205 |
| 4.3.1 Cortocircuito en el lado de Media Tensión.....                                                                                   | 206 |
| 4.3.2 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.....                                                                                    | 206 |
| 4.4 Dimensionado del embarrado .....                                                                                                   | 206 |
| 4.4.1 Comprobación por densidad de corriente .....                                                                                     | 206 |
| 4.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica .....                                                                             | 206 |
| 4.4.3 Comprobación por sollicitación térmica .....                                                                                     | 207 |
| 4.5 Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.....                                                                              | 207 |
| 4.6 Dimensionado de los puentes de MT.....                                                                                             | 208 |
| 4.7 Dimensionado de la ventilación del centro de transformación .....                                                                  | 208 |
| 4.8 Dimensionado del pozo apagafuegos.....                                                                                             | 208 |
| 4.9 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra .....                                                                              | 209 |
| 4.9.1 Características del suelo .....                                                                                                  | 209 |
| 4.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto..... | 209 |
| 4.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra .....                                                                              | 210 |
| 4.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra .....                                                                            | 211 |
| 4.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.....                                                           | 214 |
| 4.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.....                                                           | 215 |
| 4.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas.....                                                                                          | 216 |

## 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

La distribución de la energía eléctrica en Baja Tensión parte desde un

Centro de Transformación (C.T.).

Las partes fundamentales de un C.T. son:

- Elementos de mando y protección.
- Elementos de medida (en C.T. de clientes).
- Transformador.
- Cuadro de B.T.

### 1.1 Clasificación de los centros de transformación

Los centros de transformación se pueden clasificar según a los siguientes criterios:

- Según su acometida:
  - Con acometida aérea.
  - Con acometida subterránea.
- Según su alimentación:
  - Alimentación en punta.
  - Alimentación en paso.
- Según su ubicación:
  - C.T. intemperie o aéreo.
  - C.T. interior (en superficie o subterráneo).
- Según su propiedad:
  - C.T. de empresa.
  - C.T. de cliente.

## 2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El Centro de Transformación que se instalará será de tipo compañía, y mediante el mismo se transformará la energía que generará nuestro aprovechamiento para poder inyectarla a la red de distribución. La energía será suministrada a la compañía E.On España a la tensión trifásica de 12 Kv y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

Para poder atender esta necesidad, la potencia total instalada en el centro es de 630 kVA con un único transformador refrigerado por aceite.

Toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos se encuentran en un único edificio.

### 2.1 Parámetros seleccionados

| Red Eléctrica                           |                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Compañía                                | E.On España                             |
| Tensión de Servicio(kV)                 | 12kV                                    |
| Frecuencia(Hz)                          | 50Hz                                    |
| Intensidad de Bucle(A)                  | 400A                                    |
| Intensidad de Cortocircuito Nominal(kA) | 16kA                                    |
| Centro de transformación                |                                         |
| Tipo de centro                          | Compañía                                |
| Tensión Asignada(kV)                    | 12kV                                    |
| Tipo de control                         | Maniobra motorizada local de las celdas |
| Transformadores de Potencia             | Con un transformador                    |

| Datos del Transformador                  |                                          |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Potencia de Transformador 1 (kVA)        | 630 kVA                                  |
| Tensión Primaria de Transformador        | 420 V                                    |
| Tipo de Aislamiento de Transformador     | Aislamiento con aceite                   |
| Celda de Protección del Transformador    | Protección de transformador con Fusibles |
| Tensión Secundaria del Transformador     | 12 kV                                    |
| Edificio                                 |                                          |
| Modelo Edificio Centro de Transformación | PFU                                      |
| Tipo de Acabado Centro de Transformación | Acabado Estándar                         |

### 3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

#### 3.1 Obra civil

El edificio será prefabricado (tipo caseta). Este tipo de edificio consta de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de

MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presenta este tipo de edificio prefabricado es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera. El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

Las dimensiones del edificio vienen detalladas en el plano correspondiente.

### 3.2 Instalación eléctrica

#### 3.2.1 Características de la red

La red a la cual alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 12 kV, nivel de aislamiento según la MIERAT12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 332,6 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 16 kA eficaces.

#### 3.2.2 Características descriptivas de la aparamenta de Media Tensión

- Tensión asignada: 12 kV
- Intensidad asignada: 400 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 28 kV
  - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 75 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
  - Corriente principalmente activa: 400 A

#### 3.2.3 Características descriptivas de los cuadros de Baja Tensión

- Tensión asignada: 440 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1600 A
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min)
  - a tierra y entre fases: 10 kV
  - entre fases: 2,5 kV
- Impulso tipo rayo:
  - A tierra y entre fases: 20 kV

#### 3.2.4 Características descriptivas del transformador

Transformador aceite 12 kV

Transformador trifásico elevador de tensión, con neutro accesible en el primario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 420 V y tensión secundaria 12 kV.

Otras características constructivas:

- Regulación en el secundario:  $\pm 2,5\%$ ,  $\pm 5\%$ .
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Protección incorporada al transformador: Termómetro

#### 3.2.5 Puesta a tierra

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

#### 3.2.6 Instalaciones secundarias

- Armario de primeros auxilios
- Medidas de seguridad:
  1. No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
  2. Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los

3. Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
4. Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
5. Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
6. El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de
7. MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

## 4 CÁLCULOS

### 4.1 Intensidad de Baja Tensión

El proveedor nos ha dado los siguientes datos: para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 630 kVA.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 420} = 866 \text{ A}$$

Donde:

- P: potencia del transformador, kVA.
- Up: tensión en el primario, kV.
- Ip: intensidad en el primario, A.

La intensidad en las entradas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_p = 866 \text{ A.}$$

### 4.2 Intensidad de Media Tensión

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} * U_p} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} * 12 \cdot 10^3} = 30,3A$$

Donde:

- P: potencia del transformador, kVA.
- $U_s$ : tensión en el secundario, kV
- $I_s$ : intensidad en el secundario, A

Obteniéndose:

$$I_s = 30,3 A$$

### 4.3 Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U_p} = \frac{332,6 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 12 \cdot 10^3} = 16KA$$

Donde:

- $S_{cc}$  potencia de cortocircuito de la red, MV.
- $U_p$  tensión de servicio, kV.
- $I_{ccp}$  corriente de cortocircuito. KA.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 * P}{\sqrt{3} * E_{cc} * U_p} = \frac{100 \cdot 630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0,14 \cdot 12 \cdot 10^3} = 21,7KA$$

Donde:

- P: potencia de transformador, kVA.
- Ecc: tensión de cortocircuito del transformador, %.
- Us: tensión en el secundario, V.
- I<sub>ccs</sub> corriente de cortocircuito, kA.

### 4.3.1 Cortocircuito en el lado de Media Tensión

La potencia de cortocircuito es de 332,6 MVA y la tensión de servicio 12 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 16 \text{ kA}$$

### 4.3.2 Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será:

$$I_{ccs} = 21,7 \text{ kA}$$

## 4.4 Dimensionado del embarrado

### 4.4.1 Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

### 4.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 40 \text{ kA}$$

#### 4.4.3 Comprobación por solicitud térmica

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc (ter)} = 16 \text{ kA.}$$

#### 4.5 Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

##### Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando

así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 63 A.

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

#### Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

### **4.6 Dimensionado de los puentes de MT**

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 30,3 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

### **4.7 Dimensionado de la ventilación del centro de transformación**

El edificio empleado en licación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA.
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA.

### **4.8 Dimensionado del pozo apagafuegos**

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para de fuego.

#### **4.9 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra**

##### **4.9.1 Características del suelo**

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este

Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm·m.

##### **4.9.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.**

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica, en este caso, la intensidad máxima es de:

$$I_{d\max cal} = \sqrt{3} * U_n * w * (C_a * L_a + C_c * L_c)$$

$$I_{d\max cal} = \sqrt{3} \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (0,006 \cdot 10 + 0,250 \cdot 10) = 16,72A$$

Donde:

- Un Tensión de servicio, 12Kv
- La: Longitud e las líneas aéreas, 10Km
- Lc: Longitud de las líneas subterráneas, 10Km
- Ca: Capacidad de las líneas aéreas, 0,006 mF/km
- Cc :Capacidad de líneas subterráneas, 0.250 mF/km
- $I_{d\max}$  cal. Intensidad máxima calculada, A

La  $I_{d\max}$  en este caso será:

$$I_{d\max. cal.} = 16,72 A$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d\max.} = 10 A$$

#### 4.9.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

### 4.9.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio:  $U_r = 12 \text{ kV}$
- Puesta a tierra del neutro:
  - Longitud de líneas aéreas  $L_a = 10 \text{ km}$
  - Longitud de líneas subterráneas  $L_c = 10 \text{ km}$
  - Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 10 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:
$$V_{bt} = 6000 \text{ V}$$
- Características del terreno:
  - Resistencia de tierra  $R_o = 150 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
  - Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d * R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

- $I_d$ : intensidad de falta a tierra, A
- $R_t$ : resistencia total de puesta a tierra, Ohm
- $V_{bt}$ : tensión de aislamiento en baja tensión, V

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} * U_n (w * C_a * L_a + w * C_c * L_c)}{\sqrt{1 + (w * C_a * L_a + w * C_c * L_c)^2 * (3 * R_t)^2}}$$

Donde:

- $U_n$ : tensión de servicio, V
- $W$ : pulsación del sistema ( $w=2 \cdot \pi \cdot f$ )
- $C_a$ : capacidad de las líneas aéreas (0.006 mF/km)
- $L_a$ : longitud de las líneas aéreas, km

- Cc: capacidad de las líneas subterráneas (0.250 mF/km)
- Lc: longitud de las líneas subterráneas, km
- Rt: resistencia total de puesta a tierra, Ohm
- Id: intensidad de falta a tierra, A

Nos salen dos sistemas de ecuaciones con dos incógnitas:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,006 \cdot 10^{-6} \cdot 10 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10)}{\sqrt{1 + (2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,006 \cdot 10^{-6} \cdot 10 + 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}}$$

Donde:

$$R_t \leq \frac{6.000}{I_d}$$

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 8,36 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 717,88 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener un Kr más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_0}$$

Donde:

- Rt: resistencia total de puesta a tierra, Ohm
- R0: resistividad del terreno en, Ohm·m
- Kr: coeficiente del electrodo

Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq \frac{717,88}{150} = 4,7858$$

$$K_r \leq 4,7858$$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 40-25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 4.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: 4
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,105$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0244$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0534$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r * R_0$$

Donde:

- Kr: coeficiente del electrodo
- Ro: resistividad del terreno en, Ohm·m
- R't: resistencia total de puesta a tierra. Ohm

Por lo que para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 0.105 \cdot 150 = 15,75 \text{ Ohm}$$

$$R'_t = 15,75 \text{ Ohm}$$

Y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula

$$I'_d = 10 \text{ A}$$

### 4.9.5 Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t * I'_d$$

Donde:

- R<sub>t</sub> resistencia total de puesta a tierra, Ohm
- I'<sub>d</sub> intensidad de defecto, A
- V'<sub>d</sub> tensión de defecto, V

Por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'_d = 15,75 \cdot 10 = 157,5 \text{ v}$$

$$V_d = 157,5 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c * R_0 * I'_d$$

Donde:

- $K_c$ : coeficiente
- $R_0$ : resistividad del terreno en, Ohm·m
- $I'_d$ : intensidad de defecto, A
- $V'_c$ : tensión de paso en el acceso, V

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'_c = 0,0534 \cdot 150 \cdot 10 = 80,1 \text{ v}$$

$$V'_c = 80,1 \text{ V}$$

#### 4.9.6 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p * R_0 * I'_d$$

Donde:

- $K_p$  coeficiente
- $R_0$  resistividad del terreno en Ohm·m
- $I'_d$  intensidad de defecto, A
- $V'_p$  tensión de paso en el exterior, V

Por lo que, para este caso:

$$V'_p = 0,0244 \cdot 150 \cdot 10 = 36,6 \text{ v}$$

$$V'_p = 36,6 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

### 4.9.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

Centro de Transformación:

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

-  $t = 0,7$  s.

-  $K = 72$

-  $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 * K}{t^n} * \left(1 + \frac{6 * R_0}{1000}\right)$$

Donde:

- K: coeficiente
- t tiempo total de duración de la falta , [s]
- n: coeficiente
- Ro: resistividad del terreno en Ohm·m
- Vp: tensión admisible de paso en el exterior, V

Por lo que, para este caso

$$V_p = \frac{10 \cdot 72}{0,7^1} \left(1 + \frac{6 \cdot 150}{1000}\right) = 1954,29v$$

$$V_p = 1954,29 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_p = \frac{10 * K}{t^n} * \left(1 + \frac{3 * R_0 + 3 * R'_0}{1000}\right)$$

Donde:

- K: coeficiente
- t: tiempo total de duración de la falta, s
- n: coeficiente

- $R_o$ : resistividad del terreno en  $\text{Ohm}\cdot\text{m}$
- $R'_o$ : resistividad del hormigón en  $\text{Ohm}\cdot\text{m}$
- $V_{p(\text{acc})}$ : tensión admisible de paso en el acceso, V

Por lo que, para este caso

$$V_{p(\text{acc})} = \frac{10 \cdot 72}{0,71^1} \left( 1 + \frac{6 \cdot 150}{1000} \right) = 1954,29 \text{ V}$$

$$V_{p(\text{acc})} = 10748,57 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 36,6 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_{p(\text{acc})} = 80,1 \text{ V} < V_{p(\text{acc})} = 10748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 157,5 \text{ V} < V_{bt} = 6000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 5 \text{ A} < I_d = 10 \text{ A} < I_{dm} = 10 \text{ A}$$

## **ANEJO 10: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### ANEJO 10: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 10: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....                                      | 219 |
| 1 OBJETO DEL ESTUDIO .....                                                       | 221 |
| 2 ACCESOS Y SEÑALIZACIÓN .....                                                   | 221 |
| 3 SERVICIOS AFECTADOS .....                                                      | 222 |
| 3.1 Líneas eléctricas.....                                                       | 222 |
| 3.1.1 Bloqueo y barreras de protección. ....                                     | 223 |
| 3.1.2 Paso bajo líneas aéreas en tensión. ....                                   | 223 |
| 3.1.3 Recomendaciones a observar en caso de accidente .....                      | 224 |
| 3.2 Conducciones de abastecimiento y/o saneamiento .....                         | 225 |
| 3.2.1. Normas De Seguridad.....                                                  | 225 |
| 3.3 Tráfico rodado.....                                                          | 226 |
| 3.4 Líneas telefónicas.....                                                      | 226 |
| 4 MEDIOS AUXILIARES.....                                                         | 227 |
| 4.1 Normas y condiciones de seguridad.....                                       | 227 |
| 4.1.1 Escaleras de mano .....                                                    | 227 |
| 4.1.2 Sierras circulares.....                                                    | 228 |
| 4.1.3 Manejo de materiales con medios mecánicos.....                             | 228 |
| 4.1.4 Andamios.....                                                              | 231 |
| 5 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LAS PRINCIPALES UNIDADES CONSTRUCTIVAS..... | 237 |
| 5.1 Movimientos de tierra .....                                                  | 237 |
| 5.1.1 Excavación de trincheras y/o zanjas. ....                                  | 237 |
| 5.1.2 Terraplenes y/o rellenos.....                                              | 239 |
| 5.1.3 Desmontes .....                                                            | 241 |
| 5.2 Firmes .....                                                                 | 243 |
| 5.2.1 Riesgos principales .....                                                  | 244 |
| 5.2.2 Normas Básicas De Seguridad.....                                           | 244 |
| 5.2.3 Equipos De Protección Individual .....                                     | 246 |
| 6 MAQUINARIA.....                                                                | 246 |
| 6.1 Bulldozers .....                                                             | 246 |
| 6.2 Cargadoras .....                                                             | 247 |
| 6.3 Retroexcavadoras .....                                                       | 247 |
| 6.4 Rodillos.....                                                                | 249 |
| 6.5 Moto niveladoras .....                                                       | 250 |
| 6.6 Camiones .....                                                               | 250 |
| 6.7 Camión grúa.....                                                             | 251 |
| 6.8 Camión bomba de hormigón.....                                                | 252 |
| 6.9 Dumpers.....                                                                 | 253 |
| 6.10 Compresores .....                                                           | 254 |
| 6.11 Perforadoras .....                                                          | 255 |

|      |                                                                               |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.12 | Motovolquetes .....                                                           | 256 |
| 6.13 | Rúa automotoras .....                                                         | 256 |
| 6.14 | Extendedoras.....                                                             | 257 |
| 6.15 | Normas generales de circulación .....                                         | 257 |
| 6.16 | Circulación de maquinaria en obra .....                                       | 258 |
| 7    | DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HIGIENE Y BIENESTAR<br>260 |     |
| 8    | ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA .....                         | 261 |
| 8.1  | Personas y servicios responsables.....                                        | 261 |
| 8.2  | Libro de incidencias.....                                                     | 261 |
| 8.3  | Botiquín y urgencias.....                                                     | 261 |
| 8.4  | Formación del personal.....                                                   | 262 |
| 9    | VALORACION DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....                              | 262 |

### 1 OBJETO DEL ESTUDIO

En aplicación de la legislación vigente, que se concreta en el Artículo 4 del Real Decreto 1627/ 97, es necesaria la redacción de este estudio de seguridad y salud. En el mismo, se detectaran los riesgos que la obra implica, se analizarán los problemas de seguridad y salud en el trabajo, se diseñaran las líneas preventivas a poner en práctica, la organización segura del trabajo, la protección colectiva y equipos de protección individual entre otros asuntos, a implantar durante todo el proceso de esta construcción de forma técnica y eficaz.

Será la empresa adjudicataria la encargada de implantar en la práctica, en función de su propio proceso productivo, la metodología necesaria para realizar todos los trabajos en las debidas condiciones de seguridad y poner los medios necesarios para desarrollarlos en condiciones de salud.

Por lo tanto, este Estudio de Seguridad servirá para dar directrices básicas al contratista para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección de las

Obras, a través del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.

### 2 ACCESOS Y SEÑALIZACIÓN

Las obras proyectadas están desarrolladas en las proximidades de las vías de comunicación existentes, razón por la cual, aunque los caminos sean de baja intensidad de tráfico, los accesos son múltiples y de muy variadas características.

Ello representa por una parte unos accesos rápidos, y generalmente no congestionados.

Cuando afectemos a vías públicas, solicitaremos, con suficiente antelación, la autorización pertinente de los Organismos propietarios, adoptando las medidas que a tal efecto prescriban.

*Los múltiples accesos a obra serán señalizados con advertencia de:*

- "ZONA DE OBRAS"
- "PROHIBIDO EL PASO A PERSONAS NO AUTORIZADAS A LA OBRA"
- "OBLIGATORIO EL USO DE CASCO".

*En las intersecciones:*

- "CEDA EL PASO"
- *En la confluencia de accesos con las vías públicas se colocarán señales de: "STOP".*

Se comprobará periódicamente el estado de la señalización, reponiéndola en caso de haber desaparecido y retirándola cuando ya no sea necesaria.

### 3 SERVICIOS AFECTADOS

Desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales en la obra, la relación de servicios afectados son los siguientes:

- Líneas eléctricas aéreas.
- Líneas eléctricas subterráneas.
- Conducciones de saneamiento y abastecimiento.
- Tráfico rodado.
- Líneas telefónicas/telegráficas.

#### 3.1 Líneas eléctricas.

Las medidas de seguridad que debemos tomar son las siguientes:

Se solicitará a la Compañía Suministradora, por escrito, proceder al descargo, su desvío, o en caso necesario, su elevación. En el caso de que no se pueda realizar lo anterior se considerarán unas distancias mínimas de seguridad, medidas entre el punto más próximo en tensión y la parte más cercana del cuerpo o herramienta del obrero o de la máquina, considerando siempre, la situación más desfavorable.

Los criterios que pueden aplicarse y que están recogidos en muchas publicaciones especializadas, dan como distancia mínima de seguridad, las siguientes:

- 3m. Para  $T < 66.000 \text{ V}$ .
- 5m. Para  $T > 66.000 \text{ V}$ .

La distancia de seguridad mínima es función de la tensión de la línea y del alejamiento de los soportes de ésta. Cuando aumenta la temperatura los conductores se alargan y por este hecho disminuye la distancia con respecto al suelo.

#### **3.1.1 Bloqueo y barreras de protección.**

Las máquinas de elevación deben llevar unos enclavamientos o bloqueo de tipo eléctrico o mecánico que impidan sobrepasar estas distancias mínimas de seguridad.

Para las máquinas como grúas, palas, excavadoras, etc., se señalizarán las zonas que no deben traspasar y para ello se interpondrán barreras que impidan todo contacto con las partes en tensión.

Estas barreras deben fijarse de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales.

El espacio vertical máximo entre los largueros y las tablas no debe sobrepasar un metro.

En lugar de colocar largueros o tablas, se pueden utilizar cables de retención provistos de adecuada señalización.

Los cables deben estar bien tensos. El espacio vertical entre los cables de retención no debe ser superior a 0.50 metros.

#### **3.1.2 Paso bajo líneas aéreas en tensión.**

La altura de paso máxima bajo líneas eléctricas aéreas, debe estar delimitada por barreras de protección.

Deben colocarse barreras en cada lado de la línea. Su alejamiento de la zona peligrosa viene determinado por la configuración de las zonas (depresiones de terreno o terraplenes).

La altura de paso máxima debe ser señalada por paneles apropiados fijados a la barrera de protección.

Las entradas del paso deben señalarse en los dos lados.

### **3.1.3 Recomendaciones a observar en caso de accidente**

#### **3.1.3.1 Caída De Línea.**

Se debe prohibir el acceso del personal a la zona de peligro hasta que un especialista compruebe que la línea está sin tensión.

No se debe tocar a las personas en contacto con líneas eléctricas en carga. En el caso de estar seguros de que se trata de una línea de baja tensión se intentará separar al accidentado mediante elementos no conductores, sin tocarle directamente.

#### **3.1.3.2 Accidentes Con Máquinas.**

En el caso de contacto de líneas eléctricas aéreas con máquinas de excavación, transportes, etc. deben observarse las siguientes normas:

El conductor maquinista: (estas recomendaciones se entregarán por escrito con acuse de recibo)

- Conservará la calma incluso si los neumáticos comienzan a arder.
- Permanecerá en su puesto de mando o en la cabina, debido a que allí está libre del riesgo de electrocución.
- Intentará retirar la máquina de la zona de contacto con la línea y situarla fuera de las áreas peligrosas.
- Advertirá a las personas que allí se encuentren, que no deben tocar la máquina.

- No descenderá de la máquina hasta que ésta no se encuentre a una distancia segura. Si lo hace antes, el conductor entra en el circuito línea-máquina suelo y está expuesto a electrocutarse.
- Si es imposible separar la máquina, y en caso de absoluta necesidad, el conductor o maquinista no descenderá utilizando los métodos habituales si no que saltará lo más lejos posible evitando tocar ésta.

### **3.1.3.3 Normas Generales De Actuación.**

- No tocar la máquina o la línea caída a tierra.
- Permanecer inmóvil o salir de la zona a pequeños pasos.
- Advertir a las otras personas amenazadas para que no toquen la máquina o la línea y que no efectúen actos imprudentes.

## **3.2 Conducciones de abastecimiento y/o saneamiento**

### **3.2.1. Normas De Seguridad.**

Cuando haya que realizar trabajos sobre conducciones de agua, tanto de abastecimiento como de saneamiento, se tomarán las medidas que eviten que accidentalmente se dañen estas tuberías y, en consecuencia, se suprima el servicio, estas son:

#### **3.2.1.1 Identificación**

En caso de no ser facilitados por la Dirección Facultativa planos de los servicios afectados, se solicitarán a los Organismos encargados a fin de poder conocer exactamente el trazado y profundidad de la conducción. (Se dispondrá en lugar visible, teléfono y Dirección de estos Organismos).

#### **3.2.1.2 Señalización**

Una vez localizada la tubería, se procederá a señalizarla, marcando con piquetas su Dirección y profundidad.

#### **3.2.1.3 Recomendaciones en ejecución**

Es aconsejable no realizar excavaciones con máquinas a distancias inferiores a

0,50 metros de la tubería en servicio. Por debajo de esta cota se utilizará la pala normal.

Una vez descubierta la tubería, caso que la profundidad de la excavación sea superior a la situación de la conducción, se suspenderá o apuntalará a fin de que no rompa por flexión. En tramos de excesiva longitud, se protegerá y señalizará convenientemente para evitar que sea dañada por maquinaria, herramientas, etc.

Se instalarán sistemas de iluminación a base de balizas, hitos reflectantes, etc., cuando el caso lo requiera.

Esta totalmente prohibido manipular válvulas o cualquier otro elemento de la conducción en servicio, si no es con la autorización de la Compañía Instaladora.

No almacenar ningún tipo de material sobre la conducción.

Está prohibido utilizar las conducciones como puntos de apoyo para suspender o levantar cargas.

Actuaciones en caso de rotura o fuga en la canalización:

Comunicar inmediatamente con la Compañía Instaladora y paralizar los trabajos hasta que la conducción haya sido reparada.

### **3.3 Tráfico rodado**

En aquellos puntos donde afectemos a vías de uso público, bien mediante desvíos, bien mediante cortes con paso alternativo, emplearemos la señalización indicada en los croquis que se adjuntan, recurriendo a señalitas si el caso lo demanda.

En cualquiera de los casos que se afectase a carreteras de la Red de Interés General del Estado, se estaría, para su señalización, a lo dispuesto en la Norma de Carreteras 8.3 - IC "Señalización de obras".

### **3.4 Líneas telefónicas**

Es de prever que se afecten tanto a líneas enterradas como aéreas.

Los encargados o Jefes de tajo portarán en todo momento los teléfonos de los Propietarios de las líneas para, en caso de incidente proceder a comunicárselo de inmediato.

Todas las líneas serán señalizadas o balizadas en el tramo en que se las afecte.

Ante cualquier duda, se les dará tratamiento de línea eléctrica.

Si se prevé el paso bajo las líneas aéreas, se procederá a dotarlas de pórticos de balizamiento para impedir incidentes.

## **4 MEDIOS AUXILIARES**

### **4.1 Normas y condiciones de seguridad**

#### **4.1.1 Escaleras de mano**

Las de madera tendrán los largueros de una sola pieza y los peldaños estarán ensamblados y no clavados.

No deben salvar 5 metros a menos que estén reforzadas en su centro quedando prohibido su uso para alturas superiores a 7 m

Para alturas mayores, será obligatorio el empleo de escaleras especiales susceptibles de ser fijadas sólidamente por su cabeza y su base y será obligatoria la utilización de cinturón. Las escaleras de carro estarán dotadas de barandillas y otros dispositivos que eviten las caídas.

Se apoyarán sobre superficies planas y sólidas.

Estarán provistas de zapatas, grapas, puntas de hierro, etc., antideslizante en su pie y de gancho de sujeción en la parte superior.

Sobrepasarán en 1 metro el punto superior de apoyo.

Si se apoyan en postes se emplearán abrazaderas.

Prohibido transportar a brazo pesos superiores a 25 Kg.

La distancia entre los pies y la vertical de su punto superior de apoyo, será la cuarta parte de la longitud de la escalera hasta tal punto de apoyo.

Las escaleras de tijera o dobles, de peldaños, estarán dotadas de cadena o cable para evitar su cobertura y de topes en su extremo superior.

### 4.1.2 Sierras circulares

Máquinas De Cortar Madera:

Estarán dotadas de cuchillo divisor cuya distancia al disco será de 3 mm. Como máximo y espesor igual al grueso del corte de la sierra, o ligeramente inferior.

Protector de disco que estará sujeto a la parte superior del cuchillo divisor. Las chapas protectoras laterales estarán unidas con una madera metálica que permita ver el sentido del corte.

Estarán dotados de un interruptor de puesta en marcha de tal manera que no será fácil su puesta en marcha accidental.

Estarán dotadas de carcasa de protección de los elementos móviles.

Estarán dotadas de toma de tierra directa o a través del conductor de protección, incluido en la manguera de alimentación de energía eléctrica.

El operario llevará pantalla protectora.

.Máquina De Cortar Material Cerámico:

Llevarán carcasa protectora de disco, de las partes móviles y de la parte interior del disco.

El operario utilizará gafas con lentes de seguridad, mascarilla con filtro y un sistema de pulverización con agua que elimine o reduzca el polvo producido.

El interruptor de corriente estará situado de tal manera que el operario no tenga que pasar el brazo sobre el disco.

No se utilizarán para cortar materiales impropios del disco.

### 4.1.3 Manejo de materiales con medios mecánicos

En todas las grandes obras, gran parte del movimiento de materiales se realiza por medios mecánicos.

La caída de la carga obedece siempre a fallos técnicos o a fallos humanos.

Los fallos técnicos los podemos encontrar de una manera especial en la rotura de:

- Ganchos.
- Cables.
- Eslingas.

Los fallos humanos los encontramos en la mala elección o en la utilización incorrecta de estos elementos auxiliares.

### 4.1.3.1 Ganchos

Los accidentes debidos a fallos de ganchos pueden ocurrir por cuatro causas fundamentales:

Exceso de carga: nunca sobrepasar la carga máxima de utilización.

Deformación del gancho: no usar ganchos viejos, no enderezar los ganchos.

Fallos de material en el gancho.

Desenganche de la carga por falta de pestillo.

### 4.1.3.2 Cables

Existen muchos tipos de cables, según la disposición de alambres y cordones de la forma de enrollamiento, etc.

Cada tipo de cable está pensado para una utilización concreta, usarlo de otra forma puede dar lugar a accidentes, por tanto debemos:

- Elegir el cable más adecuado.
- Revisarlo frecuentemente.
- Realizar un mantenimiento correcto.

Un cable está bien elegido si tiene la composición adecuada y la capacidad de carga necesaria para la operación a realizar, además de carecer de defectos apreciables.

No obstante, se puede dar una regla muy importante:

Un cable de alma metálica no debe emplearse para confeccionar Eslingas, porque puede partirse con facilidad aun con cargas muy inferiores a lo habituales.

Por eso es absolutamente necesario revisar los cables con mucha frecuencia, atendiendo especialmente a:

- Alambres rotos.
- Alambres desgastados.
- Oxidaciones.
- Deformaciones.

En cuanto a mantenimiento de los cables, damos a continuación las siguientes reglas:

- Desarrollo de cables: Si el cable viene en rollos, lo correcto es hacer rodar el rollo. Si viene en carrete, se colocará éste de forma que pueda girar sobre su eje.
- Cortado de cables: El método más práctico para cortar un cable es por medio de soplete; también puede utilizarse una cizalla.
- .Engrase de cables: La grasa reduce el desgaste y protege al cable de la corrosión.
- Almacenamiento de cables: Deberá ser en lugares secos y bien ventilados, los cables no deben apoyar en el suelo.

### 4.1.3.3 Eslingas

Eslingas y estrobos son elementos fundamentales en el movimiento de cargas, su uso es tan frecuente en las obras que a menudo producen accidentes debido a la rotura de estos elementos o al desenganche de la carga.

En general, estos accidentes pueden estar ocasionados por:

1. Mala ejecución de la eslinga: Las gazas de las Eslingas pueden estar realizadas de tres maneras.

- Gazas cerradas con costuras. La costura consiste en un entrelazado de los cordones del cable. Tienen buena resistencia.
- Gazas cerradas con perrillos. Son las más empleadas por lo sencillo de su ejecución. El número de perrillos y la separación entre ellos depende del diámetro del cable que se vaya a utilizar.
  - Hasta 12 mm. Núm. perrillos 3 Distancia 6 Diámetros
  - 12 mm. a 20 mm. Núm. perrillos 4 Distancia 6 Diámetros
  - 20 mm. a 25 mm. Núm. perrillos 5 Distancia 6 Diámetros
  - 25 mm. a 35 mm. Núm. perrillos 6 Distancia 6 Diámetros
- Gazas con casquillos prensados. Se caracteriza porque se realiza el cierre absoluto de los dos ramales mediante un casquillo metálico.

- Elección de eslingas: Para elegir correctamente una eslinga, se tendrá en cuenta que el cable que la constituye tenga:
  - Capacidad de carga suficiente. La carga máxima depende fundamentalmente del ángulo formado por los ramales. Cuanto mayor sea el ángulo más pequeña es la capacidad de carga de la eslinga. Nunca debe hacerse trabajar una eslinga con un ángulo superior a 90 grados (Ángulo recto).
  - Composición del cable de la eslinga. Deben emplearse siempre cables muy flexibles, por eso se desestiman los de alma metálica. Otra norma muy importante es la de no utilizar jamás redondos de ferralla (cabillas o latiguillos) para sustituir a la eslinga.
  - Utilización de eslingas: Para utilizar correctamente eslingas y estrobos, debemos tener en cuenta los puntos siguientes:
  - Cuidar del asentamiento de las eslingas, es fundamental que la eslinga quede bien asentada en la parte baja del gancho.
  - Evitar los cruces de eslingas. La mejor manera de evitar éstos es reunir los distintos ramales en un anillo central.

Elegir los terminales adecuados. En una eslinga se puede colocar diversos accesorios: anillas, grilletes, ganchos, etc., cada uno tiene una aplicación concreta.

- Asegurar la resistencia de los puntos de enganche.
- Conservarlas en buen estado. No se deben dejar a la intemperie y menos aun tiradas por el suelo. Como mejor están es colgadas.

#### **4.1.4 Andamios**

##### **4.1.4.1 Asentamiento**

Para garantizar la perfecta estabilidad del andamio se colocarán placas base que permitan repartir la carga o empleando durmientes si el terreno no es suficientemente consistente.

#### 4.1.4.2 Montaje

En el montaje se tendrá en cuenta:

- Utilización del cinturón de seguridad por el personal del montaje e instalación.
- Arrastramiento del propio andamio.
- Arrastramiento del andamio a paramento para determinadas alturas.

Una vez montado el andamio y habiendo aplicado todos los elementos y condiciones para su seguridad estructural, habrán de montarse los elementos de seguridad personal, siendo éstos los siguientes:

- Plataformas de trabajo.
- Sujeta-tablones.
- Rodapiés.
- Barandillas.

#### 4.1.4.3 Plataformas de Trabajo

Las condiciones que han de tener las plataformas de trabajo nos las indica la Ordenanza General en su artículo 20, apartado 1, que dice: "Las plataformas de trabajo, fijas o móviles, estarán constituidas de materiales sólidos, y su estructura y resistencia será proporcional a las cargas fijas o móviles que hayan de soportar". Y el mismo artículo en su apartado 2: "Los pisos y pasillos de las plataformas serán antideslizantes, se mantendrán libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos.

El ancho de la plataforma de trabajo viene determinada por el artículo 221 de la Ordenanza de la Construcción, cuyo párrafo siguiente dice: "El ancho de la andamiada será como mínimo de tres tablones de 20 cm. de ancho y 5 cm. de grueso, de madera bien sana, sin nudos saltadizos ni otros defectos que puedan producir roturas".

Respecto a la resistencia de la madera a emplear, la Ordenanza de la Construcción, en su artículo 198 nos indica que: "La madera empleada en andamios y demás medios auxiliares ofrecerá la resistencia suficiente para el objeto a que se destine pudiendo incluso haber sido utilizada anteriormente en

otros usos, siempre que su estado, a juicio de la Dirección Técnica de la obra o persona responsable, delegado de la misma, sea tal que se encuentre apta para realizar los esfuerzos a que esté sometida, estableciéndose una carga de trabajo que resulte aceptable". Y las uniones, según el artículo 221 de la Ordenanza de la Construcción: "Los empalmes del piso de las andamiadas se efectuarán siempre sobre los puentes correspondientes".

Estos puentes a los que se refiere la Ordenanza, serán los tubos de diámetro 42 de los SUPLEMENTOS DE ALTURA, en el andamio en el cual nos estamos refiriendo. Por lo tanto, la plataforma de trabajo se montará unida y exclusivamente sobre los tubos más gruesos de los SUPLEMENTOS DE ALTURA.

En el uso de los andamios tipo G-100 la Colocación de la plataforma de trabajo podrá ser de la forma siguiente:

Para evitar hundimientos de la plataforma de trabajo la Ordenanza de la Construcción, en su artículo 189, párrafo 2 dice: "Se procurará no cargar los pisos más que en la medida indispensable para la ejecución de los trabajos, procediendo a la elevación de los materiales de acuerdo con estas necesidades".

Lo indica también en el artículo 208: "No se almacenarán sobre los andamios más materiales que los necesarios para asegurar la continuidad de los trabajos, se procurará que sea mínimo el peso de los que quedan depositados en ellos". Como complemento, se aconseja no fabricar morteros en los pisos de los andamios, tanto para los sobrecargas como para evitar que esté resbaladizo, tal como dice el artículo

186 de la Ordenanza de la Construcción: "Se mantendrá libre de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo".

Si por necesidad, y una vez finalizado el trabajo en una plataforma, se ha de retirar algún tablón, se quitará todo el piso.

### 4.1.4.4 Sujeta tablones

Basándonos en el artículo 206 de la Ordenanza de la Construcción, que dice:

"Los tablones que forman el piso del andamio se dispondrán de modo que no puedan moverse ni dar lugar a basculamiento, deslizamiento o cualquier otro movimiento peligroso". Y también en el artículo 242 de la misma Ordenanza, cuyo texto es el siguiente: "El piso de las andamiadas se sujetará a los tubos o perfiles metálicos mediante abrazaderas o piezas similares adecuadas, que impidan el basculamiento y hagan sujeción segura". Se hace obligatorio el uso de SUJETATABLONES. Para la sujeción de los tablones, no solo se hará uso de las cuñas de ajuste que lleva el mismo, sino que se clavará, por medio de puntas, a la plataforma, aprovechando los taladros que llevan con lo que evitaremos el deslizamiento.

### 4.1.4.5 Rodapiés

Es obligatorio la colocación de rodapié en ambos lados de la plataforma de trabajo, tal como dice el artículo 206 de la Ordenanza de la Construcción: "Todo el contorno de los andamios que ofrezca peligro de caída será protegido por los rodapiés adecuados que eviten el deslizamiento de los trabajadores, materiales y herramientas", y su altura viene especificada por el artículo 23 de la Ordenanza

General apartado 3: "Los plintos tendrán una altura mínima de 15 cm. sobre el nivel del piso".

Existen dos modelos del mismo, siendo el más sencillo el SOPORTE DERODAPIE, el cual se coloca en los pies derechos de los SUPLEMENTOS DEALTURA.

El segundo modelo se coloca en los tubos horizontales, y su uso es exclusivamente para los casos en los cuales en el anterior no es posible su colocación.

### 4.1.4.6 Barandillas

La colocación de barandillas de seguridad es obligatoria en todos los lugares en los que la plataforma de trabajo esté a una altura superior a 2 m. Tal como nos dice el artículo 20 de la Ordenanza General en su apartado 3: "Las

plataformas que ofrezcan peligro de caída desde más de 2 m., estarán protegidas en todo su contorno de barandillas y plintos, con la condición que señala el artículo 23", las condiciones de la barandilla que nos indica el artículo 23 de la misma Ordenanza, en sus apartados 1 y 2, son:

"Las barandillas y plintos o rodapiés serán de materiales rígidos y resistentes".

"La altura de las barandillas será de 90 cm. , como mínimo, a partir del nivel del piso, y el hueco existente entre el plinto y la barandilla estará protegido por una barra horizontal o Listón intermedio, o por medio de barrotes verticales, con una separación máxima de 15 cm.".

Y por último, vemos que la Ordenanza de la Construcción también nos indica la necesidad de colocar barandillas de seguridad, en el artículo 206, que dice, entre otras cosas: "Todo el contorno de los andamios que ofrezcan peligro de caída será protegido por sólidas y rígidas barandillas de madera o metálicas de 0,90 m. de altura sobre nivel del piso.

Existen diversos tipos de barandillas, según el ancho del andamio y dependiendo si la plataforma es interior del andamio o está en la cabeza del mismo.

En el caso de barandillas de plataforma interna, existen dos tipos y su colocación en los andamios dependerá de las medidas de éstos.

Cuando la plataforma de trabajo esta situada en la cabeza del andamio existen dos soluciones: Colocar la plataforma de forma que cubra todo el ancho del andamio, o limitar su anchura a lo mínimo exigido por las Ordenanzas Legales, 0,60 cm.

En el primer caso, se colocará en cada SUPLEMENTOS DE ALTURA un PIE DE BARANDILLA, por su parte exterior, fijado con una ABRAZADERA DE EMPALME, y sujetos a ellos unos TRAVESAÑOS DE BARANDILLA con TUBOS de diámetro 42 x 2 x 4.070 CON ENCHUFE, ABRAZADERA DE EMPALME y ABRAZADERA DOBLE FIJA.

Para el cierre lateral se colocarán en los extremos laterales un SUPLEMENTOS DE BARANDILLAS.

Cuando, por los motivos que sean, hemos de colocar una plataforma de menos anchura que en el SUPLEMENTO DE ALTURA la solución a adoptar para colocar la baranda será la siguiente:

Al final de la plataforma, por la parte exterior, y sujeta al último travesaño del SUPLEMENTO DE ALTURA, se colocarán BRIDAS DE ENCHUFE, y sobre ellas los PIES DE BARANDILLA fijados con una ABRAZADERA DE EMPALME, que se arriostrarán tal como se indica anteriormente, la solución para los laterales será empleando PIES DE BARANDILLA, ABRAZADERA DOBLE FIJA en el PIE DE BARANDILLA EXTERIOR y TUBOS de diámetro 24 x 2. Tampoco hay que olvidar los rodapiés y los sujeta tablones.

#### ***4.1.4.7 Resumen De Seguridad Para Andamios Tubulares***

Preparación adecuada del terreno para el apoyo de los tubos verticales. En terrenos blandos, se repartirán cargas apoyando la placa del asiento sobre durmientes de tablón perfectamente nivelados.

Utilización durante el montaje del cinturón de seguridad, éste, será homologado.

Arrastramiento para evitar desplazamientos laterales.

Periódicamente se comprobará la verticalidad del andamio.

La plataforma de trabajo será de 0,60 m. de anchura como mínimo, estará dotada de barandilla de 0,90 m. de altura y rodapié de 0,20 m.

No se considera protección la "Cruz de San Andrés" que forman las Riostras del andamio.

Los tablones que forman la plataforma de trabajo, estarán perfectamente unidos y dotados en su parte inferior de topes que impidan el deslizamiento.

Se desecharán los tablones defectuosos o con nudos. Está prohibido subir por los propios tubos del andamio.

#### ***4.1.4.8 Resumen Normas De Seguridad Andamios Con Borriquetes***

No se utilizarán para alturas superiores a 6,00 m.

Para alturas superiores a 3,00 m. irán arriostrados.

La máxima separación entre puntos de apoyo será de 3,50 m.

Para alturas de caída superiores a dos metros, dispondrán de barandilla perimetral.

La anchura mínima de plataforma de trabajo será de 0,60 m.

El conjunto será estable y resistente.

#### **4.1.4.9 Cable de sujeción del cinturón de seguridad y sus anclajes**

Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que serán sometidos de acuerdo con su función protectora.

#### **4.1.4.10 Barandillas**

Las barandillas rodearán el perímetro de riesgo. Deberán tener la suficiente resistencia para que se garantice la retención de las personas.

## **5 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LAS PRINCIPALES UNIDADES CONSTRUCTIVAS.**

Desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales, a la hora de realizar el presente Plan de Seguridad y Salud, se ha decidido hacer especial hincapié en las siguientes unidades de obra, dado que la estadística nos dice que son las de mayor riesgo contra la seguridad y salud laboral:

- Movimientos de tierra.
- Ejecución de estructuras (Viaductos, muros, o. de fábrica, etc.).

### **5.1 Movimientos de tierra**

Los trabajos de excavación se realizarán mediante medios mecánicos

#### **5.1.1 Excavación de trincheras y/o zanjas.**

Previamente a la iniciación de los trabajos se establecerá un plan de trabajo incluyendo el orden en la ejecución de las distintas fases, maquinaria a emplear en éstos, previsiones respecto a tráfico de vehículos, acceso a vertederos y condiciones de éstos y cuantas medidas sean necesarias para la adecuada ejecución de los trabajos.

Antes de iniciar los trabajos se resolverán las posibles interferencias con conducciones aéreas o enterradas que puedan afectar a las áreas de movimientos de tierras, vertidos de éstas o circulación de vehículos.

La excavación se efectuará con máquinas retroexcavadoras, bulldozers y dumpers y el compactado mediante rodillos vibrantes

Los conductores de vehículos y maquinaria deberán acreditar su capacitación para la conducción de los mismos

El número de operarios por tajo puede variar entre 3 a 10 personas, ya sea para la ejecución de zanjas o desmontes

#### **5.1.1.1 Riesgos más comunes de zanjas y taludes**

- Desprendimientos y enterramientos.
- Caídas de personas al interior.
- Atrapamientos por maquinaria.
- Interferencias con servicios.
- Inundaciones.
- Golpes por objetos.
- Caídas de objetos.

#### **5.1.1.2 Normas fundamentales de Seguridad**

- El personal estará perfectamente informado de todos los riesgos que implica este trabajo.
- El acceso y salida de la zanja se realizara mediante escalera sólida anclada en el borde superior, sobresaliente 1 m. sobre dicho borde. Estará apoyado sobre superficie sólida de reparto de carga.
- No se acopiará a menos de 2 m. de la zanja.
- Cuando la profundidad sea igual o mayor a 1.3 m., se estudiará su entibación.
- Las zanjas se señalizarán de forma clara y visible (cinta de balizamiento, líneas, etc.), protegiéndose sus bordes mediante barandillas reglamentarias a 2 m. del borde, si la profundidad de las mismas supera los 2 m.
- Si los trabajos requieren iluminación, se usarán para tal fin torretas aisladas con toma de tierra. Si la iluminación deseada es portátil, se

efectuara mediante lámparas portátiles de 24 V., Dotadas de rejilla protectora y mango aislante.

- Se puede disminuir la entibación si se desmocha en bisel a 45° del borde del talud.
- Si los taludes deben permanecer estables largo tiempo, se tenderá una malla galvanizada sobre su superficie, firmemente sujetas al terreno con redondos, o bien se juntarán.
- Se deberá revisar el estado de cortes frecuentemente.
- Achicar el agua de inundaciones lo más rápidamente posible mediante bombas sumergibles.

### **5.1.1.3 Equipos de protección personal recomendables**

- Cascos y calzado de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Ropa y calzado impermeable.
- Cinturones de seguridad.
- Guantes de cuero y de goma.
- Protectores oculares y auditivos.
- Protecciones colectivas adecuadas según casos.

## **5.1.2 Terraplenes y/o rellenos**

### **5.1.2.1 Riesgos principales**

- Accidentes de vehículos por causas diversas (exceso de carga, mal mantenimiento, terrenos defectuosos, etc.).
- Interferencias entre vehículos por señalización defectuosa.
- Atropellos.
- Caídas de material desde las cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde las cajas y carrocerías de los vehículos.
- Accidentes por conducción en ambientes pulverulentos, de poca visibilidad.

- Accidentes por conducción sobre terrenos encharcados o embarrados.
- Caídas de los vehículos desde el borde de los terraplenes.

### 5.1.2.2 Medidas de Seguridad

- Se asegurará la pericia de conductores de vehículos y maquinaria.
- Los conductores de vehículos y maquinaria deberán acreditar su capacitación para la conducción de los mismos
- Las máquinas serán objeto de un riguroso mantenimiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante
- Los accesos y salidas de los tajos a cualquier vía de circulación estarán debidamente señalizados.
- No se sobrecargarán los vehículos, que lleven adecuadamente indicado su P.M.A., tara, etc.
- No se portará personal en los vehículos fuera de las cabinas.
- Un Jefe de Equipo coordinará las maniobras de cada equipo de carga.
- Es conveniente regar periódicamente los tajos. Para disminuir la presencia de polvo.
- Es conveniente señalar y balizar convenientemente los accesos de la obra, así como sus salidas a vías públicas.
- Se colocarán topes de limitación de recorrido en los bordes de los terraplenes, para el vertido en retroceso.
- Los vehículos y maquinaria deberán portar indicadores ópticos y auditivos de marcha atrás.
- Los vehículos deberán estar en posesión de póliza de responsabilidad civil ilimitada.
- Se recomienda que la maquinaria y los vehículos pesados, posean cabinas antivuelco.
- Los taludes a emplear son los siguientes.- Desmontes 1/1 a 1/ 2.5

### **5.1.2.3 Equipos de protección personal**

- Cascos y calzado de seguridad.
- Cinturones de seguridad y anti vibratorio.
- Mascarillas y filtros.
- Protectores oculares y auditivos.
- Chalecos reflectantes.
- Guantes de cuero y goma.
- Equipos impermeables.
- Protecciones colectivas adaptadas a cada caso.

### **5.1.3 Desmontes**

#### **5.1.3.1 Riesgos principales**

- Derrumbes de taludes por diversas causas, (no emplear el talud adecuado, variación de humedad, filtraciones acuosas, por soportar cargas próximas al borde de talud, por fallo de entibaciones, por bajo nivel freático. etc.)
- Deslizamientos del terreno, por defectos en el talud, o por presencia de agua.
- Caídas desde bordes de terraplenes (de máquinas de personas.)
- Caídas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos.
- Problemas de circulación interna, atropellos.
- Embarramiento de los caminos de la obra.

#### **5.1.3.2 Medidas de Seguridad**

- Antes del inicio de las labores pertinentes, es necesario un minucioso estudio del terreno, para determinar su naturaleza y ver si existen posibles grietas o movimientos de terreno.

- El frente de la excavación realizado mecánicamente, no sobrepasará en más de un metro, la altura máxima de ataque del brazo de la máquina.
- Se prohibirá el acopio de materias o tierras a menos de dos metros de los frentes de excavación.
- El saneo de taludes (tierra o roca), mediante palanca o pértiga, se ejecutará provisto del cinturón de Seguridad, anclado a un "punto fuerte".
- Las coronaciones de taludes permanentes a los que deban acceder las personas, se protegerán con barandillas adecuadas. (listón intermedio, superior y rodapié).
- Se detendrá cualquier trabajo al pie del talud si no reúne las garantías de seguridad necesarias, definidas por un nivel de estabilidad adecuada.
- Se inspeccionarán las entibaciones antes del inicio de cualquier trabajo en la coronación o base.
- Deben prohibirse los trabajos en la proximidad de los postes eléctricos, de telégrafo o telefónicos, cuya estabilidad no quede garantizada antes del inicio de las labores.
- Deben eliminarse los matorrales y arbustos o árboles cuyas raíces han quedado al descubierto.
- Es necesario tratar adecuadamente los taludes que, por su dudosa estabilidad, así lo requieran. (bulonado, gunitado, bermas o entibación).
- Se recomienda evitar en lo posible los barrizales, en prevención de accidentes.
- Se prohíbe permanecer al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de que se proceda a su saneo.
- Es conveniente el uso de testigos que delaten movimientos peligrosos del terreno.
- Se señalará mediante una línea de yeso o cal, la distancia de seguridad mínima de aproximación al borde de la excavación.

- La circulación de vehículos debe realizarse a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3-4m.
- Los conductores de vehículos y maquinaria deberán acreditar su capacitación para la conducción de los mismos
- Se conservarán los caminos de circulación interna, cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorra o escorias.
- Los accesos y salidas de los tajos a cualquier vía de circulación serán debidamente señalizados
- No permanecer al pie de un frente de excavación reciente, sin un saneo previo del mismo.

### **5.1.3.3 Equipos de protección personal**

- Ropa de trabajo adecuada.
- Cascos y calzado de seguridad.
- Cinturones de seguridad y anti vibratorio.
- Mascarillas y filtros.
- Protectores oculares y auditivos.
- Chalecos reflectantes.
- Guantes de cuero y goma.
- Equipos impermeables.
- Protecciones colectivas adaptadas a cada caso.

## **5.2 Firmes**

Los trabajos consisten en el extendido y compactado de zahorras en tongadas, para la formación de la sub-base y de la base, terminando con el extendido y compactado de aglomerado asfáltico elaborado con betunes derivados del petróleo mediante extendedoras y su posterior compactado

La maquinaria a emplear en el extendido de la sub base y la base es la misma que la empleada en los terraplenes (Camiones, volquetes, motoniveladoras, palas, bulldozers y rodillos vibrantes. Del mismo modo para el extendido del aglomerado se utilizara maquinaria de extendido y compactado (extendedoras, camiones, compactadores de ruedas o rodillo)

### 5.2.1 Riesgos principales

- Caídas al mismo o distinto nivel.
- Ambientes pulvígeno.
- Atropellos.
- Colisiones de la maquinaria y/o vehículos.
- Quemaduras.
- Explosiones o incendios.
- Sobreesfuerzos.
- Salpicaduras en ojos
- Lesiones en la piel por quemaduras
- Incursión de terceros en las zonas de trabajo

### 5.2.2 Normas Básicas De Seguridad

- Riegos adecuados con cisternas.
- Señalización provisional adecuada y revisada en cada jornada y tajo.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria y vehículos que intervengan en estas operaciones de acuerdo con las indicaciones del fabricante de la maquina.(Ver Cap. II).
- Los conductores de la maquinaria empleada en estas labores serán especialistas en el manejo de la misma. (Camiones, volquetes, moto traíllas, palas, bulldozers y rodillos vibrantes)
- Los conductores de rodillos vibrantes serán profesionales de probada destreza, además deben poner siempre la máxima atención, ya que, la monotonía de este trabajo y la confianza que se adquiere debida a la relativa lentitud de estos vehículos. puede causar accidentes por choque o atropello.
- Todos los vehículos recibirán el adecuado mantenimiento y las necesarias revisiones, de forma periódica.
- Todos los vehículos de transporte de material llevarán siempre la "Tara" y la "Carga máxima" debidamente señaladas. Las medidas anteriores deben ser respetadas.

- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas.
- Se prohíbe la presencia en un radio no inferior a 5 m. alrededor de las máquinas de extendido y compactación.
- Toda la maquinaria de compactación y relleno, dispondrá de avisadores de marcha atrás.
- Las maquinaria móvil a utilizar tendrá cabinas antivuelco, específicas para cada modelo, y que no deben mostrar signos de haber actuado en un vuelco anterior.
- Se prohibirá terminantemente el abandono del rodillo en marcha.
- También el transporte de personas ajenas a la máquina sobre la misma.
- Se prohíbe el acceso a la conducción del anterior con vestimenta sin ceñir, cadenas, pulseras, anillos, relojes; pueden engancharse en los salientes o controles.
- Todas las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por un mando intermedio.
- Se establecerán a lo largo de la obra letreros indicativos del riesgo que implican estas labores
- Se señalizarán adecuadamente los accesos a las vías públicas.
- Empleo de EPI adecuados: Mono, calzado de seguridad, mascarillas, protección ocular guantes y casco (En función del tipo de trabajo a realizar).
- Uso de avisadores ópticos y/o acústicos en la maquinaria y vehículos que intervengan en estas labores.(Ver Cap. II)
- Limitación de velocidad máxima a 40 km/h. para los vehículos y camiones.
- Los conductores de vehículos pesados y maquinaria habrán de emplear cinturones antivibratorios.
- Instalación y revisión de señalización de prohibición de acceso a terceros a las zonas de obra.

### 5.2.3 Equipos De Protección Individual

- Cascos
- Botas de seguridad
- Botas de seguridad con suela anti calórica para extendido aglomerado
- Guantes de cuero o P.V.C.
- Ropa de trabajo
- Gafas contra proyección de partículas
- Cinturones antibibratorios
- Protección auditiva

## 6 MAQUINARIA

Normas y condiciones de seguridad

### 6.1 Bulldozers

- La hoja deberá estar bajada para desplazarse con seguridad, tanto hacia delante como hacia atrás.
- Cuando la máquina esté aparcada o durante la revisión, la hoja deberá descansar sobre el suelo.
- No se empleará innecesariamente la alta velocidad, especialmente cuando no haya buena visibilidad, o cuando las condiciones del terreno sean adversas.
- En general, se utilizarán velocidades moderadas.
- No se trabajará en pendientes excesivamente pronunciadas susceptibles de producir vuelco.
- Cuando se quiten obstáculos como troncos de árboles, piedras de gran tamaño, etc. no se cargará contra ellos a alta velocidad, se eliminarán haciendo la excavación a modo de palanca.
- Cuando se trabaje en un vertedero no se llegará nunca hasta el borde, se utilizarán topes de frenado.

### 6.2 Cargadoras

- Se inspeccionará el terreno en que ha de trabajar la máquina, ante el peligro de posibles agujeros, surcos, hierros o encofrados
- Se desconectará el motor cuando se aparque y siempre sobre terreno firme y llano. Si existiese una pequeña inclinación no es suficiente con aplicar los frenos, se colocarán calzos en las ruedas o en las cadenas.
- Se llevará ropa adecuada.
- Se revisará el funcionamiento de todos los elementos de la máquina antes de empezar cada turno, especialmente luces, frenos, claxon. Se vigilará que no haya derrame de aceites o combustibles.
- Cuando las revisiones se lleven a cabo en el lugar de trabajo porque no haya ningún foso de inspección disponible, lo normal es levantar la máquina con la pala de un extremo, permitiendo así el poderse situar debajo de la máquina. Cuando se hace esta operación la máquina debe estar bloqueada en la posición elevada, por ejemplo utilizando traviesas de ferrocarril.
- No se excavará de manera que se forme un saliente.
- No se circulará nunca con la cuchara en alto, tanto si está llena como vacía.
- No se subirán pendientes marcha atrás con el cucharón lleno.
- Se irá siempre hacia delante.

### 6.3 Retroexcavadoras

- Cuando no están trabajando, deben estar paradas con los frenos puestos.
- Las máquinas con ruedas deben tener estabilizadores.
- Se colocarán de manera que las ruedas o las cadenas estén a 90 grados respecto a la superficie de trabajo, siempre que sea posible. Esto permite mayor estabilidad y un rápido retroceso.

- Si se utiliza la retroexcavadora sobre cadenas, con pala frontal, deben quedar las ruedas cabillas detrás, para que no puedan sufrir ningún daño, debido a la caída fortuita de materiales.
- En operaciones con pala frontal, sobre masas de una cierta altura, se empezará atacando las capas superiores para evitar derrumbamientos.
- Cuando haya varias máquinas trabajando a diversos niveles, se hará que la máquina ensanche suficientemente su corte antes de comenzar otro más bajo, esto impide que caigan sobre la máquina inferior rocas o tierras. Se evitará que la situada en la parte inferior excave bajo la plataforma superior.
- Cuando sea necesario trabajar en una pendiente, se hará hacia arriba, así el agua no se introducirá en la excavación.
- Cuando se suba o baje por un camino con una pendiente pronunciada, es necesario situar la cuchara a una altura que no choque con los posibles obstáculos, pero lo suficientemente baja como para actuar de soporte de la máquina en caso de que ésta fuese a volcar.
- Otro método, cuando se sube por una pendiente, será llevar el brazo y la cuchara hacia delante y baja, actuando así de contrapeso.
- La cuchara no debe usarse nunca para golpear rocas, especialmente si están medio desprendidas.
- Cuando se circula con retroexcavadora de orugas deben de actuar las ruedas cabillas en la parte trasera para que las cadenas, en contacto con el suelo, estén en tensión.
- Por la razón antes mencionada cuando se usa cucharón retroexcavador, las ruedas cabillas deben estar en la parte delantera (extremo de trabajo).
- Se debe cargar el material en los camiones de manera que la cuchara nunca pase por encima de la cabina del camión o del personal de tierra.

- Cuando se realice la carga, el conductor del vehículo debe estar fuera de la cabina, alejado del alcance de la posible pérdida de material y en un punto de buena visibilidad para que pueda actuar de guía. Si el vehículo tiene una cabina de seguridad, estará mejor dentro de ella.
- Si se instalan en la retroexcavadora una extensión y un gancho grúa, se alteran las características de trabajo.
- Siempre que se cambien accesorios, nos aseguraremos que el brazo esta abajo y parado. Cuando sea necesario, en algunas operaciones de mantenimiento por ejemplo, trabajar con el brazo levantado, utilizaremos puntales para evitar que vuelque. Esta advertencia también es válida para las palas cargadoras.
- Se descargará la tierra a una distancia prudencial del borde de la zanja.

### 6.4 Rodillos

- Se solicitara al operador la instrucción necesaria, si con anterioridad no ha manejado maquinas de la misma marca y tipo.
- Antes de subir a la máquina para iniciar la marcha, se comprobara que no hay nadie en las inmediaciones, así como la posible existencia de manchas que indiquen perdidas de fluidos.
- Se atenderá siempre al sentido de la marcha.
- No se transportara pasajero alguno.
- Cundo se tenga que circular por superficies inclinadas, se hará siempre según la línea de máxima pendiente.
- Se comunicara a los responsables del Parque de Maquinaria, cualquier anomalía observada y se hará constar en el parte de trabajo.
- Al abandonar la maquina se dejara en horizontal, frenada con el motor parado.
- Para abrir el tapón del radiador, se eliminara previamente la presión interior y se tomaran precauciones para evitar quemaduras.

- Se efectuaran todas las normas indicadas en el manual de mantenimiento.
- No se realizaran revisiones o reparaciones con el motor en marcha.

### **6.5 Moto niveladoras**

- Preparación adecuada del operador de la maquina.
- Se cuidara especialmente la visibilidad, se mejorara el rendimiento y se evitaran accidentes.
- El maquinista dispondrá de casco de seguridad.
- La motoniveladoras es para mover materiales ligeros y efectuar refinós. No debe emplearse como si fuera un bulldozer.
- Se comprobara frecuentemente el correcto funcionamiento de los indicadores de la maquina.
- Se atenderá escrupulosamente las normas dictadas por el fabricante para el mantenimiento de la motoniveladoras.
- Dispondrán de dispositivo de aviso sonoro.
- Dispondrán de luz indicadora de marcha atrás.
- No se transportaran personas.
- Dispondrá de extintor en cabina.
- Se podrá bloquear la caja de marchas o dirección cuando se este parado.
- Dispondrá de cartel adhesivo indicativo de "Prohibido permanecer en el radio de acción de esta máquina"

### **6.6 Camiones**

- Las maniobras de marcha atrás, al estar el conductor invadiendo zonas que no ve, son causas de accidentes graves.
- Se puede evitar mediante señalización acústica y óptica que actúe automáticamente, al colocar la palanca de cambio en la posición de marcha atrás.
- Deberá existir una persona que facilite las maniobras señaladas anteriormente, así como aquellas de aproximación al vaciado o borde

de excavación, independiente de la colocación de topes que impidan de una manera efectiva la caída del camión o de la máquina.

- Se colocará en la máquina cartel de "PROHIBIDO PERMANECER EN EL RADIO DE ACCION DE LA MAQUINA".
- Se comprobará frecuentemente el estado de los frenos.
- Se podrá bloquear la dirección cuando se este parado.
- Se comprobará periódicamente todos sus mandos y luces.
- Perfecta visibilidad del conductor.
- Uso de casco.
- Disponer de extintor.
- Se comprobará antes de poner en marcha la máquina que no hay personas ni obstáculos en su alrededor.
- No transportar a personas en las máquinas.
- El operario estará dotado de cinturón antivibratorio.
- Se conservarán adecuadamente las vías de servicio.
- Se colocarán carteles de "PRECAUCION MOVIMIENTO DE MAQUINAS PESADAS".
- No se cargará por encima de la cabina.
- En caso de reparación se parará primero el motor.

### 6.7 Camión grúa

- Todas las indicadas en el punto anterior.
- Durante la elevación, la grúa ha de estar bien asentada sobre terreno horizontal, con todos los gatos extendidos adecuadamente, para que las ruedas queden en el aire. De existir barro o desniveles, los gatos se calzaran convenientemente.
- Durante el desarrollo de los trabajos, el operador vigilara atentamente la posible existencia de líneas eléctricas aéreas próximas.
- En caso de contacto con una línea eléctrica, el operador permanecerá en la cabina sin moverse hasta que no exista tensión en la línea o se haya deshecho el contacto.
- Si fuese imprescindible bajar de la maquina lo hará de un salto.

- En los trabajos de montaje y desmontaje de tramos de pluma, se evitara situarse debajo de ella.
- A fin de evitar atrapamientos entre la parte giratoria y el chasis, nadie deberá permanecer en el radio de acción de la maquina.
- El desplazamiento de la grúa con carga es peligroso. Si el realizarlo fuera imprescindible, deberán observarse minuciosamente las siguientes reglas:
  - Poner la pluma en la dirección del desplazamiento.
  - Evitar las paradas y arranques repentinos.
  - Usar la pluma más corta posible.
  - Guiar la carga por medio de cuerdas.
  - Llevar recogidos los gatos.
  - Mantener la carga lo más baja posible.

### **6.8 Camión bomba de hormigón**

- El operador utilizara gafas protectoras.
- Se revisara la tubería, principalmente el tramo de goma.
- En los casos que la tubería sea de enchufe rápido, se tomaran medidas para evitar la apertura intempestiva de los pestillos.
- Se asentaran los gatos en terreno firme, calzándolos con tablones en caso necesario.
- Se tendrá especial cuidado cuando haya que evolucionar en presencia de líneas eléctricas aéreas en carga, manteniéndose en todo momento las distancias de seguridad.
- Se vigilara frecuentemente los manómetros, un aumento de presión indicaría que se ha producido un atasco.
- Con la maquina en funcionamiento, no manipular en las proximidades de las tajaderas.
- No intentar nunca actuar a través de la rejilla de la tolva receptora. En caso ineludible, parar el agitador.
- -Para deshacer un atasco no emplear aire comprimido.

- Al terminar el bombeo limpiar la tubería con la pelota de esponja, poniendo la rejilla en el extremo.
- Si una vez introducida la bola de limpieza y cargado el compresor, hubiera que abrir la compuerta antes de efectuar el disparo, se eliminaría la presión previamente.
- Se comunicara cualquier anomalía detectada y se reflejara en el parte de trabajo.

### 6.9 Dumpers

- Dispondrán de señalización óptica conectada con la marcha atrás. En los casos que se haga necesario, se conectará también una señal acústica.
- En las maniobras de aproximación a vaciados o bordes de excavación se dispondrá de una persona que auxiliará al conductor, independientemente de la colocación de topes que impidan de una manera efectiva la caída de la máquina.
- Se colocará en la máquina cartel de "Prohibido permanecer en el radio de acción".
- Se comprobará frecuentemente el estado de los frenos.
- Se podrá bloquear la dirección cuando se esté parado.
- Se comprobarán periódicamente todos los mandos y luces.
- Perfecta visibilidad del conductor.
- Uso del casco.
- Disposición de extintor en cabina.
- Se comprobará antes de poner la máquina en marcha que no hay personas ni obstáculos a su alrededor.
- No se transportará persona alguna.
- El conductor estará dotado de cinturón antivibratorio.
- La operación de carga no se realizará por encima de la cabina
- En caso de reparación se parará primero el motor.

### 6.10 Compresores

- Solamente estarán encargados de su mantenimiento, limpieza, manipulación y desplazamiento los operarios instruidos y aleccionados de los riesgos propios de los distintos aparatos.
- Nunca se engrasarán, limpiarán o echará aceite a mano, a elementos que estén en movimiento, ni se efectuarán trabajos de reparación, registro, control, etc.
- Tampoco se utilizarán cepillos, trapos y, en general, todos los medios que puedan ser enganchados llevando tras de si un miembro a la zona de peligro.
- El engrase debe hacerse con precaución, ya que un exceso de grasa o de aceite puede ser, por elevación de temperatura, capaz de provocar su inflamación, pudiendo ser origen de una explosión.
- El filtro del aire debe limpiarse diariamente.
- La válvula de seguridad no debe regularse a una presión superior a la efectiva de utilización. Este reglaje debe efectuarse frecuentemente.
- Se llevará un control de toda clase de perdidas.
- Las protecciones y dispositivos de seguridad no deben quitarse ni ser modificados por los encargados de los aparatos: solo podrán autorizar un cambio de estos dispositivos los jefes responsables, adoptando inmediatamente medios preventivos del peligro a que pueden dar lugar y reducirlos al mínimo. Una vez cesados los motivos del cambio, deben colocarse de nuevo las protecciones y dispositivos con la eficiencia de origen.
- Las poleas, correas, volantes, árboles y engranajes situados a una altura de 2,50 m. deberán estar protegidos. Estas protecciones habrán de ser desmontables para los casos de limpieza, reparaciones, engrase, sustitución de piezas, etc.
- Estarán dotados, en el caso de motores eléctricos de toma de tierra y en caso de motores de gasolina de cadenas, para evitar la acumulación de corriente estática.

- Debe proveerse de un sistema de bloqueo para detener el aparato. El modo más simple es afianzarlo con un sistema de candado, cuya llave la deberá poseer la persona destinada al manejo de estos.
- Si el motor esta provisto de batería, que es lo usual, hay que tener en cuenta los siguientes riesgos:
  - . El personal que manipule baterías deberá utilizar gafas protectoras.
  - . En las proximidades de baterías se prohíbe fumar, encender fuego, etc.
  - Utilizar herramientas aislantes con el fin de evitar cortocircuitos.
  - . Siempre que sea posible se emplearán baterías blindadas que lleven los bornes intermedios totalmente cubiertos.
  - . Cuando se pretenda arrancar una máquina con la batería descargada utilizando otra batería conectada a la primera, se cuidará que la conexión de los polos sea del mismo signo y que la tensión de la batería sea idéntica.

### 6.11 Perforadoras

- Se vigilara que permanezcan en posición correcta los frenos anclajes y guiadora de barrena durante las operaciones de barrenado.
- Dispondrán de adecuados captadores de polvo.
- Se cuidara que el arranque de motores no sea indebido. Por ejemplo, la puesta en marcha del equipo de perforación sin poner el cambio en punto muerto.
- Se evitara el traslado indebido de la maquina, para ello, al realizar el desplazamiento, se dispondrá en condiciones de transporte.
- Se estudiara detenidamente el correcto emplazamiento de la maquina
- Se le dará la utilización debida, cuidando que los aparatos de control dispongan de fácil acceso.
- El operador deberá situarse en los lugares donde no pueda ser alcanzado por una barra en el caso de que se rompa o atranque.
- Las reparaciones se realizaran con la maquina parada.

- Se cuidará especialmente que no se produzca contacto alguno de la ropa con elementos giratorios susceptibles de provocar Atrapamientos.
- Se dispondrá de puesta a tierra en las máquinas que utilicen energía.
- En perforadoras accionadas por aire comprimido, se revisará frecuentemente el estado de mangueras y acoplamientos.
- -Falta de visibilidad provocada por exceso de polvo.
- Control y reposición de los elementos protectores de las piezas móviles.
- Elementos de protección personal: casco, gafas de seguridad, ropa que se ajuste al cuerpo, mascarillas y protectores auditivos.

### 6.12 Motovolquetes

- Su manejo estará reservado a especialistas, debiendo procurarse que el conductor posea permiso de conducción de vehículos.
- No se transportará a personas a no ser que se disponga de un sillón transportador con cinturón de seguridad incorporado.
- Se revisará el estado de frenos y dirección periódicamente.
- Uso del casco.

### 6.13 Rúa automotoras

- Se instalarán letreros o avisos en las cabinas indicando las cargas máximas admisibles para los distintos ángulos de inclinación.
- Las cabinas estarán provistas de una puerta a cada lado y las plataformas serán de materiales antideslizantes.
- Existirá un espacio mínimo de 35 cm. entre los cuerpos giratorios y los elementos fijos, con el fin de evitar el aprisionamiento de los trabajadores entre ambos.
- Estarán equipadas con medios de iluminación y dispositivos sonoros de aviso.

### 6.14 Extendedoras

- Cuando no esté trabajando debe estar parada con los frenos puestos.
- La carga de los camiones debe realizarse cuidando que no haya trabajadores en el área de actuación.
- Siempre que se cambien o manipulen accesorios debe hacerse con el motor parado.
- Se dispondrá una persona que facilite las operaciones de carga y extendido.
- Se colocará en la máquina cartel de "Prohibido permanecer en el radio de acción"
- Dispondrá de extintor en cabina.
- Se comprobará periódicamente el estado de mandos y luces.
- El operador dispondrá de cinturón anti vibratorio.
- Casco de seguridad.

### 6.15 Normas generales de circulación

- Dentro del recinto de la obra está vigente el código de circulación, en este punto se destacan las siguientes normas sin carácter limitativo:
- Como norma general, cuando se conduce un vehículo se debe circular por la derecha aún cuando el centro de la calzada se encuentre libre.
- La velocidad debe adaptarse en todo momento a las características de la calzada, de la visibilidad y de cualquier otra circunstancia.
- Antes de iniciarse la marcha se asegurará que las ventanillas estén limpias y que nada impida la visibilidad o dificulte el uso de los controles.
- Se ajustarán los espejos retrovisores.
- Al iniciar la marcha se comprobará que se puede realizar sin dificultar el paso de los vehículos que se aproximen.
- Una vez estacionado el vehículo se adoptarán las medidas necesarias para que no pueda ponerse accidentalmente en movimiento.
- Antes de realizar las operaciones de carga y descarga se asegurará que el vehículo está en terreno firme.

- La carga se acondicionará a la caja del vehículo, no debiendo sobresalir por el borde del mismo.
- Está prohibido cargar carburante con el motor en funcionamiento.
- No se transportarán pasajeros a menos que el vehículo esté provisto de un asiento adecuado. Es responsabilidad del conductor evitar que persona algún viaje en estribo, guardabarros o defensas del mismo.
- Es obligatorio el uso del casco.
- En camiones de gran tonelaje el conductor estará dotado de cinturón anti vibratorio.
- En las proximidades de zonas peligrosas es imprescindible que otra persona ayude al conductor a realizar las evoluciones. Esta, no se situará a menos de 6 metros, no colocándose en zona de posible evolución.
- En zonas de terraplenes o zanjas no circularán ni se estacionarán vehículos a menos de 2 metros del borde.
- Cuando se carguen materiales pesados, el conductor permanecerá fuera de la cabina del vehículo mientras dure la operación, siendo responsable de la adecuada distribución de la misma.

### **6.16 Circulación de maquinaria en obra**

- Prever accesos de maquinaria a obra separándolos de la entrada de personal.
- Las pendientes máximas autorizadas no serán superiores al 12% en tramos rectos y al 8% en tramos curvos.
- Toda la máquina de obra cumplimentará la siguiente normativa, que será entregada a los operadores con acuse de recibo.
- Cualquier elemento de la máquina, metálico o no, guardará una distancia mínima de 5,00 metros con respecto a las líneas eléctricas de tensión superior a 66.000 voltios y 3,00 metros para tensión inferior a 66.000 voltios.
- Colocar en todas las máquinas, en lugar visible, el cartel de

- "PROHIBIDO PERMANECER EN EL RADIO DE ACCION DE LA MAQUINA".
- Las máquinas estarán dotadas con medios de iluminación y dispositivos sonoros de aviso.
- Está prohibido el estacionamiento bajo las cargas durante la elevación
- Durante un trabajo con equipo de empuje, es necesario vigilar para no exponerse a derrumbamientos peligrosos. Por esta razón se desaconseja utilizar toda la altura de ataque de la pala.
- Durante un trabajo de equipo de retro, es necesario hacer retroceder la máquina en cuanto la cuchara comience a excavar por debajo del chasis.
- Cuando las máquinas trabajen en zona peligrosa, se colocarán balizas que indiquen claramente la zona donde pueden evolucionar.
- Nunca rebasar las velocidades aconsejables.
- Evitar curvas excesivamente cerradas que puedan producir vuelco.
- Cuando se esté realizando una reparación en la máquina -se tomarán las oportunas medidas que eviten que accidentalmente puedan ponerse en marcha atrapando al operario.
- Todo el personal hará uso de casco de seguridad.
- Las maniobras que representen riesgo para el operario y estabilidad de la máquina, serán auxiliadas y dirigidas por otra persona.
- Se podrá bloquear la caja de mandos-cambios y la dirección cuando se esté parado.
- Nunca transportar personas en la máquina.
- No emplear la pala como grúa.
- Proveer a la máquina de cadenas para evitar la corriente estática, sobre todo si son de gasolina.
- Nunca emplear las cuchillas como frenos.
- Al aparcar las máquinas de cazo o cuchillas, bajar éstas hasta el suelo.
- Al realizar una reparación o control, parar primero el motor.
- Nunca utilizar las máquinas para transportar explosivos o materiales inflamables.

- Nunca rebasar las cargas máximas.
- Esta totalmente prohibido desconectar o inutilizar los aparatos y accesorios de control y seguridad o trabajar deliberadamente con ellos estropeados.
- Los operarios encargados de manipular vehículos y máquinas tendrán edad de al menos, 18 años. Dispondrán, en cada caso, de las autorizaciones dispuestas por las Normas en España.

## **7 DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HIGIENE Y BIENESTAR**

El número máximo de trabajadores en la obra se estima en 15 personas.

La obra dispondrá de locales para vestuario, servicio higiénico y comedor debidamente dotado.

El vestuario y aseos tendrán como mínimo dos metros cuadrados por persona y el primero dispondrá de taquillas individuales con llave, asientos e iluminación.

Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha por cada 10 trabajadores, con agua fría y caliente, y un WC por cada 25 trabajadores, disponiendo de espejos e iluminación.

El comedor con una superficie de aproximadamente 45 m<sup>2</sup> dispondrá de mesas, asientos, pila lavavajillas, calienta comidas e iluminación. Se dispondrá de recipiente para las basuras.

Se ventilarán oportunamente los locales, manteniéndolos además en buen estado de limpieza y conservación por medio de un trabajador que podrá compatibilizar este trabajo con otros de la obra.

## **8 ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA**

### **8.1 Personas y servicios responsables.**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, en el ámbito de los órganos de representación previstos en las normas vigentes. En el caso que nos ocupa y por hallarse un número de trabajadores inferior a 50, será preceptiva la existencia de un único

Delegado de prevención.

Se constituirá el Comité de Seguridad y salud en aquellos casos en el que el número de trabajadores supere los 50, lo cual no es el caso, no siendo por tanto necesario.

### **8.2 Libro de incidencias.**

En el centro de trabajo existirá un libro de incidencias con el fin del control y seguimiento del plan de seguridad, el cual constará con hojas por duplicado. Será facilitado por el colegio profesional del Técnico que haya aprobado el Proyecto de

Seguridad y Salud o por la oficina de supervisión de la Administración que haya supervisado el Proyecto.

### **8.3 Botiquín y urgencias.**

Se realizarán los reconocimientos médicos reglamentarios, así como psicotécnicos para los que manejen maquinaria móvil.

Se analizará el agua destinada al consumo de los trabajadores.

Se realizarán las mediciones de gases, ruidos, polvos, etc., necesarios.

La obra dispondrá de botiquín para primeros auxilios en la zona de instalaciones y repartidos por los diversos tajos.

Se expondrá la dirección y el teléfono del centro o centros asignados para urgencias, ambulancias, médicos, etc., para garantizar un rápido transporte y atención a los posibles accidentados.

#### **8.4 Formación del personal.**

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra, una formación sobre los métodos de trabajo y sus riesgos, así como las medidas de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo el personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

### **9 VALORACION DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Solo serán objeto de valoración las unidades de protección colectiva y protecciones especiales, así como las instalaciones de higiene y bienestar, medicina preventiva y formación, todas ellas indicadas en el Estudio de Seguridad y Salud de este Proyecto y las aprobadas en el Plan de Seguridad y Salud que sea aprobado para la obra.

El resto de elementos y medios de Seguridad y Salud se consideran costos indirectos de la obra, estando incluida su valoración en la parte proporcional de cada precio unitario, no siendo por tanto objeto de abono independiente.

## **ANEJO 11: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL**

### ANEJO 11: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 11: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL .....          | 263 |
| 1 INTRODUCCIÓN.....                                    | 264 |
| 2 TIPOS DE IMPACTO AMBIENTAL .....                     | 264 |
| 3 IMPACTOS AMBIENTALES POR FASE DE PROYECTO .....      | 268 |
| 3.1 IMPACTOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN.....           | 270 |
| 3.1.1 Construcción de un embalse .....                 | 271 |
| 3.1.2 Obra civil adicional .....                       | 271 |
| 3.2 Impactos en la fase de explotación.....            | 271 |
| 3.2.1 Impacto sónico.....                              | 272 |
| 3.2.2 Impacto paisajístico .....                       | 272 |
| 3.2.3 Impacto biológico .....                          | 273 |
| 4 IMPACTO DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN..... | 278 |
| 4.1 Impacto visual.....                                | 278 |
| 4.2 Impacto sobre la salud .....                       | 279 |
| 4.3 Impacto sobre las aves .....                       | 279 |
| 5 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO AMBIENTAL .....               | 280 |

## 1 INTRODUCCIÓN

El compromiso adoptado por la Unión Europea acerca de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> es únicamente alcanzable si se alteran las políticas energéticas en lo referente a las energías renovables y el incremento de las eficiencias energéticas.

Conseguir estos objetivos tendría como consecuencia una disminución de los combustibles fósiles en un 10% y dejar de emitir por ello 180 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

Los principales obstáculos que se encuentra la energía hidroeléctrica son de tipo administrativo, dado que se trata de una tecnología sumamente madura, y concretamente problemas de tipo medioambiental.

Para construir una central minihidráulica, si bien produce un impacto mínimo en el medio ambiente, existen una serie de factores que deben ser tenidos en cuenta, dado que normalmente se construyen en zonas muy sensibles. Las diferentes causas de impacto ambiental deberán ser identificadas y resueltas antes de la ejecución de una obra de estas características.

Las medidas correctoras en muchas ocasiones presentan dificultades porque están sujetas a interpretaciones muy subjetivas. La solución pasa por mantener un diálogo continuado con las instituciones, al mismo tiempo que se informa a la población de todo lo referente al proyecto

## 2 TIPOS DE IMPACTO AMBIENTAL

Los impactos derivados de la construcción de una central de este tipo varían en función de la ubicación y de la tecnología que se emplee. No es lo mismo construir una central en una llanura que en una montaña, ni tampoco se crea el mismo impacto si se emplea un embalse regulador o si la central es de agua fluyente.

Las tablas que se muestran a continuación contienen una relación genérica de los impactos ambientales que se pueden dar a lo largo de las diferentes fases de un proyecto de construcción de una instalación de electrificación

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 11: Estudio del impacto ambiental

| <b>Causa de impacto</b>                           | <b>Receptor</b>          | <b>Impacto</b>                              | <b>Importancia</b> |
|---------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|--------------------|
| <i>Construcción de caminos y tráfico generado</i> | <i>Publico general</i>   | <i>Ruidos</i>                               | <i>Baja</i>        |
|                                                   |                          | <i>Accidentes</i>                           | <i>Baja</i>        |
|                                                   | <i>Aire</i>              | <i>Efectos de las emisiones en la salud</i> | <i>Baja</i>        |
|                                                   |                          | <i>Emisiones de vehículos</i>               | <i>Baja</i>        |
|                                                   | <i>Cambio climático</i>  | <i>Emisiones de vehículos</i>               | <i>Baja</i>        |
|                                                   | <i>Animales salvajes</i> | <i>Ruidos</i>                               | <i>Baja</i>        |
|                                                   |                          | <i>Accidentes</i>                           | <i>Media</i>       |
|                                                   | <i>Bosque</i>            | <i>Acceso más sencillo</i>                  | <i>Media</i>       |
|                                                   |                          | <i>Perdida de producción futura</i>         | <i>Baja</i>        |
| <i>Accidentes</i>                                 | <i>Trabajadores</i>      | <i>Heridas leves</i>                        | <i>Media</i>       |
|                                                   |                          | <i>Heridas graves</i>                       | <i>Alta</i>        |
|                                                   |                          | <i>Muertes</i>                              | <i>Alta</i>        |
| <i>Creación de empleo</i>                         | <i>Publico general</i>   | <i>Beneficios para la localidad</i>         | <i>Alta</i>        |
|                                                   |                          | <i>Beneficios a nivel nacional</i>          | <i>Media</i>       |

### Impactos en la construcción de instalaciones de generación de electricidad

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 11: Estudio del impacto ambiental

| Causa de impacto         | Receptor                           | Impacto                      | Importancia    |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------|
| Ruidos                   | Trabajadores                       | Sobre su salud               | Media          |
|                          | Habitantes                         | Sobre su salud               | Media          |
| Cambio en caudal del río | Peces                              | Perdida de hábitat           | Alta           |
|                          | Plantas acuáticas                  | Perdida de hábitat           | Media          |
|                          | Aves                               | Perdida de hábitat           | Media          |
|                          | Fauna                              | Perdida de hábitat           | Media          |
|                          | Calidad del agua                   | Contaminantes                | Baja           |
| Por embalses y presas    | Publico general                    | Estéticos                    | Alta           |
|                          | Agricultura                        | Culturales y arqueológicos   | Alta           |
|                          | Forestal                           | Perdida de cascadas          | Alta           |
|                          |                                    | Pérdida de terreno           | Alta           |
|                          |                                    | Perdida de producción futura | Alta           |
|                          |                                    | Perdida de hábitat           | Alta           |
|                          | Ecosistema acuático                | Clima local                  | Insignificante |
|                          | Publico general                    | Calentamiento global         | No probado     |
|                          | Calidad del agua                   | Eutrofización                | Baja           |
|                          | Objetos culturales y arqueológicos | Perdida de objetos           | Alta           |

### Impactos en la explotación de instalaciones de generación de electricidad

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 11: Estudio del impacto ambiental

| Causa de impacto                | Receptor        | Impacto                              | Importancia |
|---------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------|
| Accidentes                      | Trabajadores    | Accidentes leves                     | Media       |
|                                 |                 | Accidentes graves                    | Alta        |
|                                 |                 | Muertes                              | Alta        |
| Aumento de los ingresos locales | Publico general | Empleo, efectos locales y nacionales | Alta        |

### Impactos en la construcción de instalaciones de transmisión de electricidad

| Causa de impacto                         | Receptor        | Impacto                      | Importancia    |
|------------------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------|
|                                          | Forestal        | Perdida de producción futura | Media          |
| Presencia física                         | Publico general | Intrusión visual             | Media          |
|                                          | Aves            | Heridas y muertes            | Media          |
| Campos electromagnéticos                 | Publico general | Cáncer                       | Inexistente    |
| Accidentes                               | Publico general | Leves                        | Insignificante |
|                                          |                 | Graves                       | Insignificante |
|                                          |                 | Muertes                      | Insignificante |
| Accidentes de mantenimiento Trabajadores | Trabajadores    | Leves                        | Insignificante |
|                                          |                 | Graves                       | Insignificante |
|                                          |                 | Muertes                      | Insignificante |

### Impactos en la explotación de instalaciones de transmisión de electricidad

### 3 IMPACTOS AMBIENTALES POR FASE DE PROYECTO

A continuación se muestra la relación de impactos previsibles en cada fase del proyecto, así como los receptores y la importancia de dichos impactos.

| GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD               |                   |                                     |             |
|------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------|
| Fase de construcción                     |                   |                                     |             |
| Gravamen                                 | Receptor          | Impacto                             | Importancia |
| Construcción de caminos y tráfico rodado | Público general   | Ruidos                              | Baja        |
|                                          |                   | Accidentes                          | Baja        |
|                                          |                   | Efecto de las emisiones en la salud | Baja        |
|                                          | Aire              | Emisiones de vehículos              | Baja        |
|                                          | Cambio climático  | Emisiones de vehículos              | Baja        |
|                                          | Animales salvajes | Ruidos                              | Baja        |
|                                          |                   | Accidentes de colisión              | Media       |
|                                          | Bosque            | Mejor acceso                        | Media       |
|                                          |                   | Pérdida de producción futura        | Baja        |
| Accidentes                               | Trabajadores      | Heridas leves                       | Media       |
|                                          |                   | Heridas graves                      | Alta        |
|                                          |                   | Muertes                             | Alta        |
| Creación de empleo                       | Público general   | Beneficios para la localidad        | Alta        |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

### Anejo 11: Estudio del impacto ambiental

| GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD  |                    |                                               |       |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|-------|
| Fase de explotación         |                    |                                               |       |
| Ruidos                      | Trabajadores       | Sobre su salud                                | Media |
|                             | Habitantes         | Sobre su salud                                | Media |
| Por modificación del caudal | Peces              | Pérdida de hábitat                            | Alta  |
|                             | Plantas acuáticas  | Perdida de hábitat                            | Media |
|                             | Aves               | Pérdida de hábitat                            | Media |
|                             | Fauna              | Pérdida de hábitat                            | Media |
|                             | Calidad de agua    | Dilución de contaminantes                     | Baja  |
|                             | Público en general | Efectos culturales, estéticos arquitectónicos | Alta  |

| TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD   |                 |                                                  |             |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------|-------------|
| Fase de construcción          |                 |                                                  |             |
| Gravamen                      | Receptor        | Impacto                                          | Importancia |
| Accidentes                    | Trabajadores    | Leves                                            | Media       |
|                               |                 | Graves                                           | Alta        |
|                               |                 | Muerte                                           | Alta        |
| Aumento de ingenieros locales | Publico general | Creación de empleo, efectos locales y nacionales | Alta        |

| TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD |                 |                              |                 |
|-----------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| Fase de explotación         |                 |                              |                 |
| Presencia física            | Forestal        | Pérdida de producción futura | Media           |
|                             | Público genera  | Instrucción visual           | Media           |
|                             | Aves            | Heridas y muertes            | Media           |
| Campos electromagnéticos    | Público general | Cáncer                       | Inexistente     |
| Accidentes                  | Público general | Leves                        | Insignificativa |
|                             |                 | Graves                       | Insignificativa |
|                             |                 | Muerte                       | Insignificativa |
| Accidentes en mantenimiento | Trabajadores    | Leves                        | Insignificativa |
|                             |                 | Graves                       | Insignificativa |
|                             |                 | Muerte                       | Insignificativa |
| Creación de empleo          | Público general | Beneficio local              | Insignificativa |

### 3.1 IMPACTOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

El menor impacto ambiental al construir este tipo de instalaciones se da cuando se emplea un embalse ya construido, un canal de riego o una instalación de agua potable. Esto se debe a que únicamente hay que construir la casa de maquinas y el canal de descarga, cuyos impactos son mucho más reducidos que los que genera la construcción de la presa o el canal.

Por otro lado, son las centrales minihidráulica de agua fluyente las que producen un mayor impacto ambiental.

#### **3.1.1 Construcción de un embalse**

En el presente proyecto no existirá un impacto muy destacado asociado a este hecho, pues parte de esta construcción y conducciones ya existe.

Entre los impactos que crea la construcción de un embalse destacan la pérdida del suelo por el terreno que queda inundado, la construcción de nuevos caminos, plataformas de trabajo, movimiento de tierras o la fabricación de hormigón, que requeriría una cantera de áridos.

La nueva presa crea una barrera cuyas consecuencias deberán ser estudiadas antes de su construcción.

Todos los impactos ambientales descritos ya tienen una serie de medidas diseñadas para mitigarlos. Serían similares a la construcción de una infraestructura.

#### **3.1.2 Obra civil adicional**

El posible aumento de la turbidez de las aguas hace que sea recomendable realizar las obras en épocas de escasez de lluvias. Esto supone una ventaja, pues será entonces cuando menos posibilidades de explotar el recurso haya.

Deberá hacerse una reforestación en el terreno tan pronto como sea posible. Se realizara con especies autóctonas y su selección y adquisición formara parte de las fases del proyecto.

La contratación de trabajadores supone un impacto positivo para el entorno siempre que no se trate de un espacio natural protegido.

Los transportes producen ruidos y emisiones que pueden perturbar el entorno de la central. Los desplazamientos deberán ser planificados de cara a evitar recorridos innecesarios.

### **3.2 Impactos en la fase de explotación**

Los impactos en la fase de explotación son los más críticos, dado que a diferencia de los que se encuentran en la fase de construcción, estos perduran en el tiempo.

#### 3.2.1 Impacto sónico

La principal fuente de ruidos de una central minihidráulica viene de la turbina y el reductor en caso de que exista.

Para mitigar los efectos del ruido se emplean tolerancias ajustadas para los engranajes, mantas aislantes y la posibilidad de una refrigeración por agua en lugar de por aire. El edificio se dotara de aislantes acústicos y absorbentes en los aislamientos térmicos, de forma que se minimice el ruido que sale al exterior.

Deberá optimizarse el funcionamiento de la turbina para evitar las vibraciones que se producen, especialmente en las Francis cuando funcionan a baja carga.

Si se refrigera por aire se pueden limitar su velocidad por los conductos, contruidos con materiales absorbentes, e instalar silenciadores en las chimeneas.

Actualmente se tiende a aumentar los caudales de ventilación para disminuir la cantidad de cobre empleada en los generadores y sustituir la fundición por otros materiales menos absorbentes de vibración. Estos procedimientos aumentan las emisiones de ruido y deberían ser evitados en la medida de lo posible.

#### 3.2.2 Impacto paisajístico

Se debe a un rechazo generalizado a cambios en el entorno, especialmente acentuado en las zonas montañosas o las urbanas de carácter histórico. Se trata de un impacto de vital importancia en la actualidad y gran parte de los proyectos son abandonados por esta razón.

Se minimiza empleando pinturas no reflectantes o construyendo presas con materiales que simulan rocas del entorno. Por otra parte, se debe evitar que la casa de maquinas parezca un edificio industrial.

También se puede incluir la subestación en el edificio de maquinas y emplear conductores enterrados.

En el caso de la minicentral hidráulica de los Obesos, el impacto paisajístico es poco importante, dado que se va a construir al pie de la presa y aprovechando parte de una construcción ya existente.

### **3.2.3 Impacto biológico**

#### ***3.2.3.1 Impacto biológico en el embalse***

Al construir un embalse se introduce en la zona un tipo de fauna que compite con la ya existente. Se minimiza construyendo barreras para impedir que dicha fauna remonte el cauce del río.

Turbinar el agua intermitentemente provoca en ocasiones fluctuaciones del nivel del río aguas abajo. En el caso de “Los Obeso” esto no se producirá, pues cuando no funcione la central el agua seguirá fluyendo, dado que aprovecha el caudal que se dirige a la estación de tratamiento de agua potable y el caudal ecológico del río.

#### ***3.2.3.2 Impacto biológico en el cauce del río***

En las centrales de agua fluyente existe un tramo del río que está sometido a grandes variaciones de caudal dependiendo de si se está turbinando o no. Este tramo es el comprendido entre la toma de agua y la central hidroeléctrica. Si se turbinara la totalidad del río dicho tramo quedaría completamente seco.

La fauna piscícola que vive a las orillas del río en el tramo considerado es la principal perjudicada por este hecho.

#### ***3.2.3.3 Caudal ecológico***

Existen dos métodos para determinar el caudal permanente que debe fluir por un río:

- Métodos hidrológicos:

Se basan en el análisis de los históricos disponibles de los caudales o en el empleo de porcentajes fijos, entre los que se encuentran los siguientes:

- Emplear un porcentaje sobre el caudal medio del río.

- Emplear la formula de Matthey basada en los caudales superados durante la mayoría de un año.
- Emplear el método de Tennant, que propone el uso de porcentajes que varían con la época del año.
- Métodos hidrobiológicos:

Análisis de datos de campo obtenidos para cada río que consideran Parámetros hidráulicos y bióticos.

- Método de análisis de hábitat.
- Método del perímetro mojado.
- Análisis incremental.
- Método del micro hábitats de Bovee y Milhous.
- Método de conservación de hábitats de Nehring.
- Métodos MDDDR y DBR.
- Método DGB.
- Método de anchura ponderada útil.

Los métodos hidrológicos son más simples, pero se encuentran faltos de rigor científico y sus resultados pueden ser interpretados de forma arbitraria.

Los métodos de simulación requieren largos periodos de estudio que únicamente valen para un río y además pueden resultar igualmente arbitrarios.

El caudal mínimo ecológico en la Unión Europea se determina normalmente por un porcentaje del caudal medio interanual.

La Minicentral de los “Obesos” respetara el caudal ecológico, siendo este de  $0,26\text{m}^3/\text{s}$

Se deben tener en cuenta las migraciones de los peces río arriba, que se verán interrumpidas cuando se construya un embalse o una central.

La solución mas común es construir estanques sucesivos comunicados entre sí. De esta forma se minimiza el efecto que tiene la mano del hombre en estos hábitats tan sensibles.

El tamaño y desnivel de los estanques dependerán de las especies implicadas.

En desniveles de pequeño tamaño se emplean pasos con tabiques de tipo vertical, mientras que si el desnivel es grande deberá recurrirse a dispositivos de captura y transporte.

Unas rejas impedirán que los peces entren en el canal de salida de la turbina.

#### **3.2.3.4 Pasos ascendentes**

Un curso de agua es ante todo un biótomo específico, sede sobre todo de una vida piscícola que se demuestra muy frágil ante la acción del hombre, no solo como consecuencia de la construcción de aprovechamientos hidroeléctricos. Para poder garantizar su ciclo vital, un pez debe acceder a tres tipos de hábitat generalmente bien diferenciados:

- Zona de reproducción.
- Zona de crecimiento de los juveniles.
- Zona de crecimiento de los genitores.

Para las especies residentes, estos tres hábitats suelen encontrarse en una zona restringida. Por el contrario para los migratorios, estas zonas están muy diferenciadas y la supervivencia de la especie exige que pueda desplazarse fácilmente de una a otra. Dentro de los peces migratorios hay que diferenciar especie como el salmón, cuyos desplazamientos tienen lugar entre el agua dulce y el mar, y otras, como la trucha, cuya migración se limita al propio curso del río.

El comportamiento de estas especies no es homogéneo. Los grandes salmones superan con facilidad una barrera de tres metros de altura, incluso despreciando las facilidades ofrecidas por un paso ubicado delante de la misma. En el caso de azudes de hasta tres metros, con paramento aguas abajo verticales, y suficiente profundidad de agua al pie del azud para que puedan impulsarse, la circulación de los salmones está garantizada, siempre que en su borde superior exista una escotadura por la que desborde una lámina de agua de suficiente espesor. Si se trata de un azud con paramento aguas abajo inclinado, la lámina de agua será en general de poco espesor, e imposibilitará el paso del salmón en periodos de aguas bajas. Estos pasos naturales, no satisfacen a las autoridades medioambientales, pero hay un gran número de

pasos, como el paso con estanques sucesivos, sin duda el más utilizado, que divide la altura a salvar mediante una serie de estanques comunicados entre sí por tabiques con vertederos, orificios o escotaduras verticales. Los estanques poseen un doble papel: crear zonas de descanso para los peces y disipar la energía cinética del agua que desciende por el paso.

#### **3.2.3.5 Pasos descendentes**

Una gran parte de los peces migratorios en su viaje aguas abajo y muchos de los peces residentes que son arrastrados por la corriente pasarán por las turbinas si no se toman las debidas precauciones. Los peces, al pasar por las turbinas, están sujetos a choques con los componentes fijos y móviles de las mismas, a aceleraciones y deceleraciones, a variaciones bruscas de presión y a cavitación.

Hoy en día existe una amplia variedad de dispositivos para evitar la entrada de los peces en la turbina. Estos dispositivos pueden clasificarse en tres categorías:

- Sistemas de barrera física.
- Sistemas de guía por comportamiento.
- Sistemas de recogida y liberación.

#### **Sistemas de barrera física**

Hay en el mercado gran número de sistemas de barrera física: pantallas fijas, verticales o inclinadas, cintas continuas verticales, tambores horizontales giratorios y pantallas cilíndricas. Todas utilizan un dispositivo provisto de aberturas lo suficientemente pequeñas como para que no puedan pasar por ellas los peces que queremos excluir. En principio se utilizan aberturas de 12,5 x 12,5 mm para evitar el paso de salmones juveniles de 11 mm de longitud. La pantalla en sí misma puede ser una malla, tejida con alambre de acero inoxidable o galvanizado o con monofilamento sintético, una chapa de acero o de aluminio perforado o una rejilla construida con perfiles de acero inoxidable. Con frecuencia se acude a la chapa perforada, generalmente de 2 mm de espesor con agujeros de 4 mm de diámetro y una separación entre ejes de 5 mm, que es barata y se limpia fácilmente con cepillos mecánicos. La malla de

monofilamento es demasiado flexible para los cepillos mecánicos aunque puede limpiarse invirtiendo el flujo de agua o con chorros de aire comprimido.

La solución para evitar la mortalidad consiste en impedir su entrada utilizando rejillas, con espaciado suficientemente pequeño para que no puedan atravesarlas los peces. Estas rejillas trabajan enviando el rechazo a un paso alternativo, lo que se consigue con mayor eficacia colocando las rejillas inclinadas, con el canal alternativo situado aguas debajo de la rejilla.

Además, la rejilla debe tener una superficie lo suficientemente amplia como para reducir la velocidad con la que llega la corriente, de modo que los peces puedan escapar nadando sin chocar en ella.

#### Sistemas de guía de comportamiento

El guiado por comportamiento está basado en la respuesta de los peces a determinados estímulos, ya sean de repulsión o de atracción: o bien se repele a los peces para que no entren en la toma de agua o se los atrae hacia un punto situado fuera de ella. En los últimos años se han ensayado gran número de estímulos: campos eléctricos, lámparas de mercurio y estroboscópicas, sonidos, chorros de agua, y cortinas de burbujas de aire.

Obteniéndose como resultado que los estímulos acústicos son los más eficaces. Para que un pez sea repelido por un sonido es necesario que este sea lo suficientemente fuerte como para destacar sobre el ruido de fondo, sobre todo si la barrera se sitúa en las cercanías de máquinas como turbinas o bombas

#### Sistemas de recogida y liberación

Utilizan conceptos similares a los de los dispositivos utilizados en los trayectos ascendentes: recoger los peces antes de que alcancen la toma de agua para, posteriormente, ser transportados por camión o sistema equivalente. Sin embargo la labor de recogida resulta más complicada que en el caso de los pasos ascendentes, en que los peces acuden a un punto de concentración, atraídos por la contracorriente. Aquí hay que emplear mallas muy finas de monofilamento, como si fuesen redes de pesca. Los peces recogidos muestran síntomas de estrés y heridas superficiales, por lo que el

sistema no es muy recomendable. Estos sistemas son los únicos que garantizan la exclusión de huevos y larvas, aunque se ha demostrado que, con turbinas de reacción los huevos y las larvas no resultan prácticamente dañados.

#### ***3.2.3.6 Impacto biológico sobre la fauna de tierra***

Los canales suponen un obstáculo para el movimiento de las diferentes especies de tierra. Este impacto se minimiza cubriendo los canales.

#### ***3.2.3.7 . Impacto biológico sobre las aves***

Existe un riesgo de que las aves se electrocuten con los cables que salen de la central hidráulica. Para minimizar este riesgo se recomienda que en las zonas de especial importancia para las aves las líneas se sitúen en la base de los riscos o próximas a las pantallas de los arboles, de forma que las aves se vean obligadas a volar a una altura mayor.

#### ***3.2.3.8 Impacto sobre objetos culturales y arqueológicos***

Al construir un embalse quedara anegada una amplia zona, por lo que es importante tener en cuenta si existirán objetos culturales o arqueológicos que vayan a desaparecer.

## **4 IMPACTO DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN**

### **4.1 Impacto visual**

Las líneas eléctricas y los corredores correspondientes, tienen un impacto estético negativo sobre el paisaje. Estos impactos pueden mitigarse adaptando la línea al paisaje, o en casos extremos, enterrándola.

La solución óptima de una línea eléctrica, estudiada desde una óptica técnica y financiera, es en general la que producirá los impactos más negativos. Efectivamente, para conseguir una mayor separación, los pilones se

ubican en lo alto de las colinas, con lo que la línea se convierte en un elemento dominante del paisaje. Aunque a priori no puede decirse que una línea quebrada se comporta mejor desde el punto de vista visual que una línea recta, en general estas últimas resultan más impactantes.

#### **4.2 Impacto sobre la salud**

Además del impacto visual provocado por las líneas eléctricas, hay un aspecto que preocupa aún más a los residentes en las cercanías de la línea, esto es, los riesgos sobre la salud de las radiaciones electromagnéticas.

Tras varios años de informes contradictorios, los expertos aseguran ahora que residir en áreas cercanas a líneas eléctricas no incrementa el riesgo de cáncer. Dada la tensión empleada en las minicentrales, en general menor de

66 kV, los campos electromagnéticos generados son inferiores a los generados por algún electrodoméstico.

#### **4.3 Impacto sobre las aves**

Aunque las aves están adaptadas morfológica y aerodinámicamente para moverse en el aire, existen límites en lo que respecta a su habilidad para salvar obstáculos artificiales. Las líneas eléctricas que pasen cerca de áreas claves desde el punto de vista ornitológico, deberán ubicarse cerca de la base de los riscos, o próximas a las pantallas de arboles, para que obliguen a las aves a volar por encima de los cables. El peligro de electrocución (para electrocutarse un ave tiene que tocar simultáneamente dos fases - o una fase y un neutro) es prácticamente nulo para líneas a más de 130 kV, y muy bajo para el resto si se utilizan aisladores suspendidos en lugar de rígidos. En nuestro caso no se considera la ubicación en un paso migratorio de aves o área clave ornitológica y por lo tanto su impacto será muy bajo.

## 5 CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO AMBIENTAL

Se ha comprobado que la central minihidráulica que se va a instalar en el molino de los “Obesos” crea un impacto ambiental muy reducido.

Al estar el molino construido previamente, se eliminan los efectos negativos que suponen una obra de estas características, y dado que la central va a estar situada al pie de la presa no crea ningún impacto paisajístico.

El impacto sónico es reducido al ser una central de poca potencia y estar confinada en un edificio fabricado en materiales absorbentes, y el impacto biológico se evita con la instalación de las rejillas adecuadas a la entrada del tubo de aspiración y en el canal de salida.

Por todo lo dicho en este apartado de síntesis y en los anteriores de este estudio se concluye que se trata de una instalación ecológicamente sostenible, que ayudara a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del empleo de otras fuentes de Energía.

## **ANEJO 12: PLANIFICCIÓN DE LAS OBRAS**

### ANEJO 12: PLANIFICACIÓN DE OBRAS

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 12: PLANIFICACIÓN DE OBRAS .....          | 284 |
| 1 ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA OBRA .....      | 285 |
| 1.1 Plazo de ejecución .....                    | 285 |
| 1.2 Número de trabajadores.....                 | 285 |
| 1.3 Planificación provisional del trabajo ..... | 285 |
| 2 COMENTARIOS FINALES .....                     | 287 |

## **1 ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA OBRA**

### **1.1 Plazo de ejecución**

El plazo total de desarrollo del proyecto será de 36 meses, desde el inicio del desarrollo de la ingeniería básica hasta la puesta en marcha de la central. Este periodo de tiempo incluye la obtención de las concesiones y licencias pertinentes, así como la compra de turbo maquinaria.

El periodo de construcción propiamente dicho abarca un periodo de tiempo de 18 meses.

### **1.2 Número de trabajadores**

Durante la ejecución de las obras se estima la presencia en las obras de 10 trabajadores aproximadamente.

### **1.3 Planificación provisional del trabajo**

A continuación se muestra un diagrama de Gantt en el que muestra la duración de cada una de las tareas necesarias para la consecución del presente proyecto.

| AÑO           |                                       | 2015 |    |    | 2016 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2017 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | 2018 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---------------|---------------------------------------|------|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Actividad/mes |                                       | 10   | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1             | INGENIERÍA BÁSICA                     |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 2             | OBTENCIÓN DE CONCESIONES              |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 3             | INGENIERÍA DE DETALLE                 |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 4             | GESTIÓN Y COMPRA DE TERRENOS          |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 5             | COMPRA DE TURBOMAQUINARIA             |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 6             | LLAMADA A CONCURSO DE CONSTRUCCIÓN    |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 7             | REVISIÓN DE PROPUESTAS Y ADJUDICACIÓN |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 8             | INICIO DE FAENAS                      |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 9             | CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE ACCESO     |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 10            | EXCAVACIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRA     |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 11            | OBRA DE B.T                           |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 12            | AZUD                                  |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 13            | CANAL DE DERIVACIÓN                   |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 14            | CASA DE MÁQUINAS                      |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 15            | INSTALACIÓN DE TURBINA Y CONTROL      |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 16            | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN              |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 17            | PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA             |      |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |

## 2 COMENTARIOS FINALES

Este estudio permite evaluar la prefactibilidad económica de un proyecto de una minicentral hidroeléctrica. A partir de datos reales de caudales y de disposición física del emplazamiento, es posible estimar los valores de producción, teniendo en cuenta aspectos medioambientales y técnicos para su producción.

Se puede ver que el óptimo técnico o punto de mayor producción de energía para un determinado caudal de equipamiento, no es coincidente con los valores de óptimos económicos, ya que al considerar los costes de inversión de la central el VAN y TIR varían con respecto a los valores de producción y retornos esperados (considerando un escenario económico predecible en los años de operación de la central).

En este estudio se observa que los factores que definen principalmente si el proyecto es viable o no es por una parte el precio de venta de la energía y por otra parte, la producción de energía de la minicentral que se encuentra determinada principalmente por la hidrología del canal o río. El precio de venta es un aspecto regulado por los decretos y en esto influye mucho las decisiones políticas y económicas. No está demás decir que el enfoque de un país hacia las energías renovables es preponderante a la hora de evaluar este tipo de proyectos debido a que marca las políticas de incentivos y fomento a la producción con este tipo de energía.

Para finalizar, podríamos destacar que el factor más importante en este estudio corresponde a una buena estimación del recurso hídrico. Esto nos lleva a la conclusión de que deben existir fuentes fiables que proporcionen estos datos lo que dará mayor seguridad a las conclusiones y valores estimados de producción. La energía hidroeléctrica es muy rentab.

## **ANEJO 13: TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA**

## ANEJO 13: TRAMITACIONES ADMINISTRATIVAS

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ANEJO 13: TRAMITACIONES ADMINISTRATIVAS .....                                                           | 288 |
| 1 INTRODUCCIÓN .....                                                                                    | 289 |
| 2 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE CONCESIONES DE AGUA PARA<br>APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS ..... | 289 |
| 2.1 Pasos más importantes que contiene el procedimiento .....                                           | 291 |
| 3 PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS<br>Y LÍNEAS .....                 | 292 |
| 4 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL RECONOCIMIENTO DE INSTALACIÓN DE<br>RÉGIMEN ESPECIAL .....              | 293 |
| 5 RESUMEN DE TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA.....                                                            | 295 |

## 1 INTRODUCCIÓN

Los procedimientos administrativos a seguir para desarrollar una central hidráulica son largos y complejos. Estos procedimientos engloban la concesión de aguas, los permisos de implantación, las autorizaciones de construcción y, la recepción y puesta en marcha de la central. La descentralización, al introducir más organismos en el proceso de autorización, a su vez contribuye a retrasar y dificultar los procedimientos.

## 2 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE CONCESIONES DE AGUA PARA APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

En el Texto Refundido de la Ley de Aguas y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico se establece el carácter público del agua sea cual sea su origen, constituyendo un recurso unitario subordinado siempre al interés general.

El plazo para resolver y notificar, desde la entrada en vigor de la Ley 46/1999 de modificación de la Ley de Aguas, es de 18 meses, en procedimientos relativos a concesiones del Dominio Público Hidráulico, aunque en el caso de aprovechamientos hidroeléctricos no se cumple por las dificultades del procedimiento administrativo, resultando plazos de entre 2 y 3 años.

El otorgamiento de concesiones y resoluciones de adjudicación de concursos de los aprovechamientos hidroeléctricos cuya potencia sea superior a 5.000 KVA corresponderá al Ministerio de Medio Ambiente. En el resto de aprovechamientos, dicha competencia corresponde al Organismo de Cuenca.

- Concesión de aguas: para realizar un uso público del agua se requiere una concesión de aguas, en la que se fija su finalidad, plazo y caudal máximo concedido, además de las características técnicas de los equipos y la longitud del tramo ocupado.

- Plazos concesionales: conforme a la Ley de Aguas, las concesiones se otorgarán según las previsiones de los Planes Hidrológicos, con carácter temporal y plazo no superior a 75 años.
- Cambio de titularidad: al cambiar el titular de una concesión, el nuevo titular deberá solicitar la oportuna inscripción de transferencia en el Registro de Aguas.
- Modificaciones de características de las concesiones: toda modificación de las características de una concesión requerirá previa autorización administrativa del órgano competente. En algunos supuestos no es necesaria nueva competencia de proyectos en la tramitación de la modificación como, por ejemplo, cuando las modificaciones no supongan alteración del destino de aguas, del caudal o del tramo del río ocupado por el aprovechamiento.
- Revisión de las concesiones: las concesiones pueden ser revisadas por modificación de los supuestos determinantes de su otorgamiento, causa de fuerza mayor a petición del concesionario o exigencia de la adecuación a los Planes Hidrológicos.
- Extinción de las concesiones: el derecho al uso privativo de las aguas puede extinguirse por el término del plazo concesional, la caducidad de la concesión, la expropiación forzosa y la renuncia del concesionario.
- Al extinguirse el derecho concesional, revertirán al Estado gratuitamente y libre de cargas, cuantas obras hubieran sido construidas dentro del dominio público hidráulico para su explotación.
- Registros de aguas: los Organismos de cuenca poseen un Registro de Aguas en el que se inscriben de oficio las concesiones de agua, así como los cambios autorizados que se produzcan en su titularidad o en sus características. Dado el carácter público del Registro de Aguas, cuantos tengan interés podrán examinar sus libros, tomar notas y solicitar certificación sobre su contenido.
- La inscripción registral es prueba de la existencia y situación de la concesión.

- Protección del dominio público hidráulico: toda tramitación de concesiones y autorizaciones que afecten al dominio público hidráulico y pudieran implicar riesgos para el medio ambiente, será preceptiva la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental.
- Tramitación del expediente: se realiza a través del Organismo de cuenca en cuya demarcación se encuentra el aprovechamiento, donde se presentará toda la documentación necesaria.

### **2.1 Pasos más importantes que contiene el procedimiento**

1. Presentación de una instancia en el Organismo de cuenca solicitando la concesión.
2. Anuncio de la solicitud en el Boletín Oficial de la provincia donde van a realizarse las obras.
3. Presentación de la documentación requerida y proyectos en competencia.
4. Examen por la Comisaría de Aguas de la documentación presentada.
5. Informe de compatibilidad con los planes hidrológicos.
6. Publicación del anuncio en el Boletín Oficial de la Provincia.
7. Remisión de expediente a la Comunidad Autónoma para que ésta emita informe en las materias de su competencia, y se solicitan otros informes preceptivos a otros organismos.
8. Remisión por parte de los Ayuntamientos a la Comisaría de Aguas de las reclamaciones presentadas, que a su vez remite al Órgano de Industria las de su competencia.
9. Se informa al peticionario de las reclamaciones para que pueda contestarlas ante el Órgano correspondiente.
10. Confrontación del proyecto sobre el terreno por la Comisaría de Aguas con los afectados.
11. Informe de la Comisaría de Aguas sobre el proyecto de aprovechamiento, proponiendo las modificaciones necesarias para la concesión.
12. Informe del Órgano competente en materia de industria y energía.

13. Audiencia de los reclamantes.
14. Informe de la abogacía del Estado.
15. Notificación al peticionario de las condiciones bajo las cuales puede otorgarse la concesión, si es procedente.
16. Respuesta del interesado a las condiciones
17. Publicación en el B.O.P de la concesión.

De acuerdo con el Artículo 14.1 del RD 249/1988, de 18 de marzo, se prescindirá del trámite de competencia de proyectos para los titulares de concesiones de aprovechamientos hidroeléctricos en períodos de ejecución o explotación, que pretendan realizar una ampliación o modernización de los mismos, siempre que la potencia total no exceda de 5.000 KVA.

### **3 PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS Y LÍNEAS**

Es necesario tramitar la autorización de la instalación electromecánica y línea eléctrica paralelamente a la tramitación correspondiente a la concesión de aguas, ante los correspondientes órganos competentes de las

Comunidades Autónomas en materia de industria y energía, según procedimiento regulado por RD 1955/2000, de 1 de diciembre.

- Solicitud: instancia acompañada de la documentación que acredite la capacidad legal, técnica y económica del solicitante y el proyecto o anteproyecto electromecánico y de la línea.
- Aprobación: una vez obtenida la autorización de la instalación y aprobado el proyecto para su ejecución, se pueden iniciar la ejecución de las instalaciones electromecánicas.
- Conexión a la red de distribución: es necesario cumplir con el procedimiento establecido para la conexión a la red de distribución de energía eléctrica, según lo previsto en la Orden Ministerial de
- 05/09/85. Este trámite depende mucho de la compañía eléctrica distribuidora en la zona, aunque básicamente consiste:

- Solicitud del titular de la central a la empresa eléctrica del punto de interconexión, los datos y las condiciones técnicas para poder realizar la conexión a la red.
- La elección del punto de conexión se hará tratando de que la inversión sea lo más reducida posible. Si hay desacuerdo entre las partes, se estará a lo que decida el Órgano Competente de la Administración.
- Según el RD 661/2007, de 25 de mayo, la empresa distribuidora tendrá obligación de suscribir un contrato de compraventa de energía, incluso aunque no se produzcan excedentes eléctricos en la instalación, en un plazo máximo de un mes desde el momento en que quede determinado el punto y las condiciones de conexión.
- Realizadas la instalación de interconexión, el titular solicitará de la empresa eléctrica la conexión a la red, verificando antes de su puesta en marcha la corrección de las instalaciones.

#### **4 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL RECONOCIMIENTO DE INSTALACIÓN DE RÉGIMEN ESPECIAL**

En la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico, se enumeran las características de aquellas instalaciones que pueden acogerse al Régimen Especial.

La condición de instalación en régimen especial será otorgada por el Organismo competente en materia energética de la Comunidad Autónoma en la que se encuentre ubicada la instalación.

La solicitud debe ir acompañada de:

- Una memoria resumen de la instalación con las principales características técnicas y de funcionamiento.
- Una evaluación cuantificada de la energía eléctrica que va a ser transferida a la red de servicio público.
- Una memoria con los datos de identificación y situación económica de la entidad peticionaria.

La inscripción en el Registro General de Instalaciones de Producción de Régimen Especial del Ministerio de Industria y Energía, y de las

Comunidades Autónomas, es un requisito imprescindible para el adecuado seguimiento de las instalaciones y para la aplicación a dicha instalación del régimen especial.

El procedimiento de inscripción en este registro constará de una fase de inscripción previa y de una fase de inscripción definitiva. La inscripción previa en este registro se producirá de oficio una vez haya sido otorgada la condición de instalación de producción acogida al régimen especial.

La solicitud de inscripción definitiva se dirigirá al órgano correspondiente de la Comunidad Autónoma competente acompañada de:

- Contrato con la empresa distribuidora.
- Documento de opción de venta de la energía producida, que puede ser a tarifa o a mercado libre.
- Certificado emitido por el encargado de la medida (compañía distribuidora), que acredite el cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento de puntos de medida.

El contrato deberá reflejar los puntos:

- Punto de conexión y medida, características de los equipos de control, seguridad y medida.
- Características cuantitativas y a cualitativas de la energía cedida.
- Causas de recesión o modificación del contrato.
- Condiciones económicas.
- Condiciones de explotación de la interconexión.
- Cobro del importe correspondiente a la energía suministrada, que deberá producirse dentro del periodo de 30 días posteriores a la recepción de la factura.

## 5 RESUMEN DE TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA

En la tabla a continuación se puede observar a modo de resumen los distintos organismos a los que es preciso dirigirse:

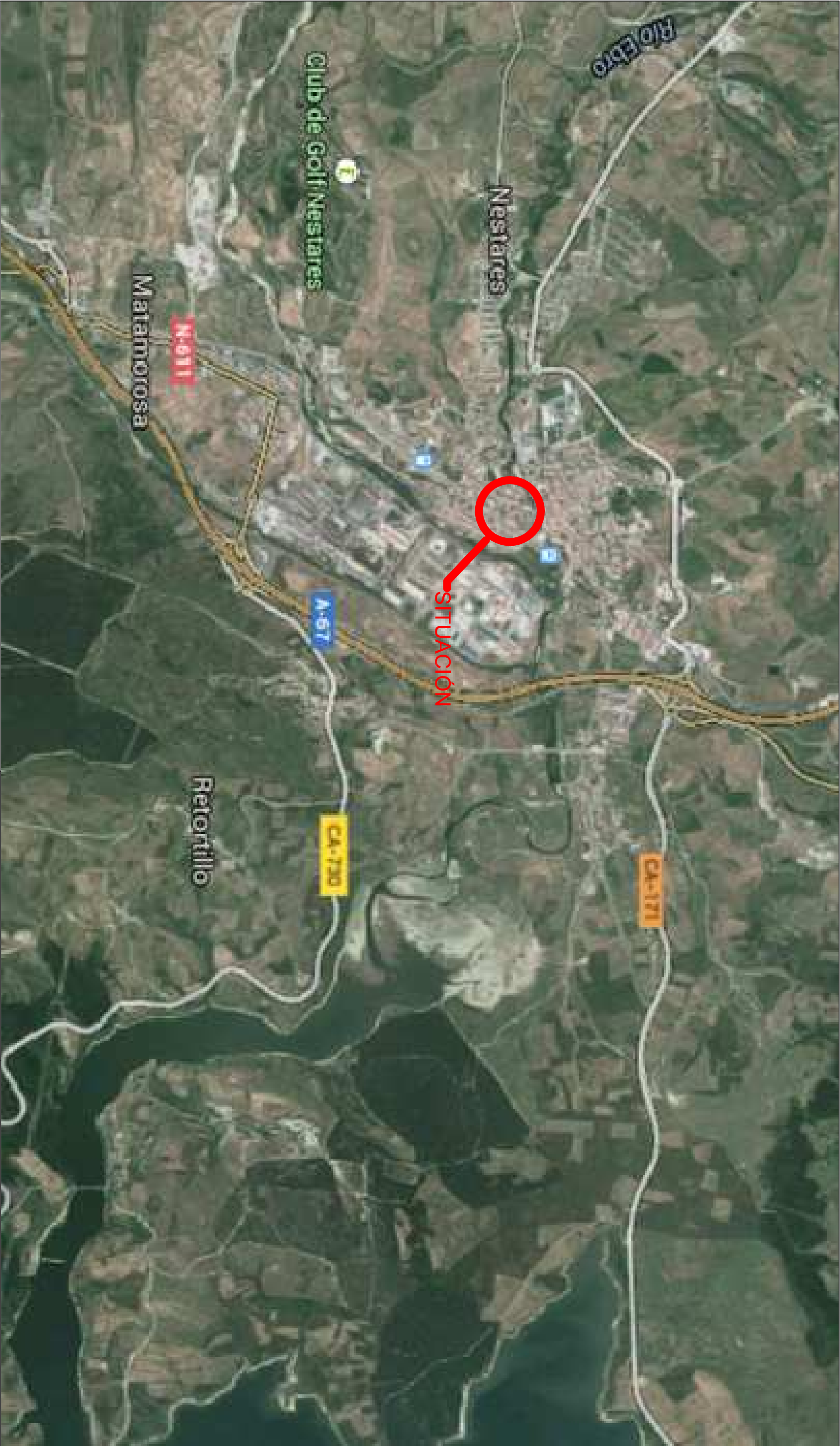
| TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA |                                                                         |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Central                    | Concesión de aguas(Confederación u Organismo de Cuenca)                 |
|                            | Procedimiento reglado de impacto ambiental(DGCEA)                       |
|                            | Autorización administrativa de industria(Consejería de Industria)       |
|                            | Régimen Especial(Consejería de Industria)                               |
|                            | Licencia de obras( Ayuntamientos y Consejería de Urbanismo)             |
|                            | Licencia de Actividad(Ayuntamientos y Consejería de Medio Ambiente)     |
| Línea                      | Autorización y reserva del punto de conexión                            |
|                            | Procedimiento reglado de impacto( Consejería de Medio Ambiente o DGCEA) |
|                            | Autorización administrativa de industria(Consejería de Industria)       |
|                            | Licencia de obras(Ayuntamientos y Consejería de Urbanismo)              |
| Crecimiento expropiatorio  | Utilidad pública                                                        |
|                            | Acuerdos de terrenos                                                    |
|                            | Declaración de la urgente ocupación                                     |

## **DOCUMENTO N°2: PLANOS**

---

## DOCUMENTO N°2: PLANOS.

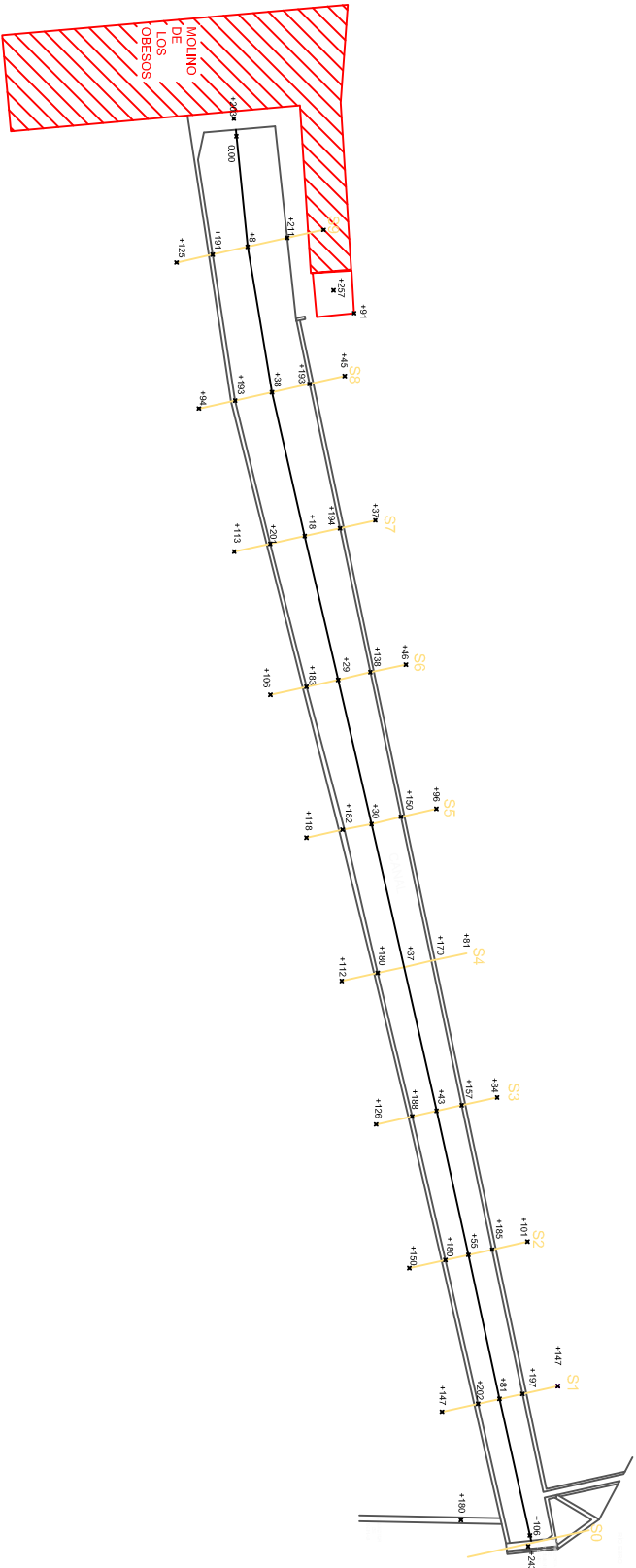
|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| DOCUMENTO N°2: PLANOS.....                                  | 297 |
| 1 SITUACIÓN MOLINO LOS OBESOS.....                          | 298 |
| 2 VISTA PÁJARO MOLINO LOS OBESOS.....                       | 299 |
| 3 CANAL 2D .....                                            | 300 |
| 4 DETALLE DE LAS SECCIONES DEL CANAL .....                  | 301 |
| 5 CANAL 3D .....                                            | 302 |
| 6 CROQUIS DEL MOLINO DE LOS OBESOS.....                     | 303 |
| 7 CENTRO DETRANSFORMACIÓN.....                              | 304 |
| 8 GENERADOR ASINCRONO CON ROTOR EN CORTOCIRCUITO .....      | 305 |
| 9 PERFILES DEL EDIFICIO .....                               | 306 |
| 10 AZUD y compuerta .....                                   | 307 |
| 11 DETALLE DEL CANAL.....                                   | 308 |
| 12 COMPUERTA .....                                          | 309 |
| 13 TURBINA .....                                            | 310 |
| 14 CASA DE ,AQUINAS .....                                   | 311 |
| 15 ESQUEMA UNIFILAR .....                                   | 312 |
| 16 MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO DE LAS PALAS DEL RODETE..... | 313 |



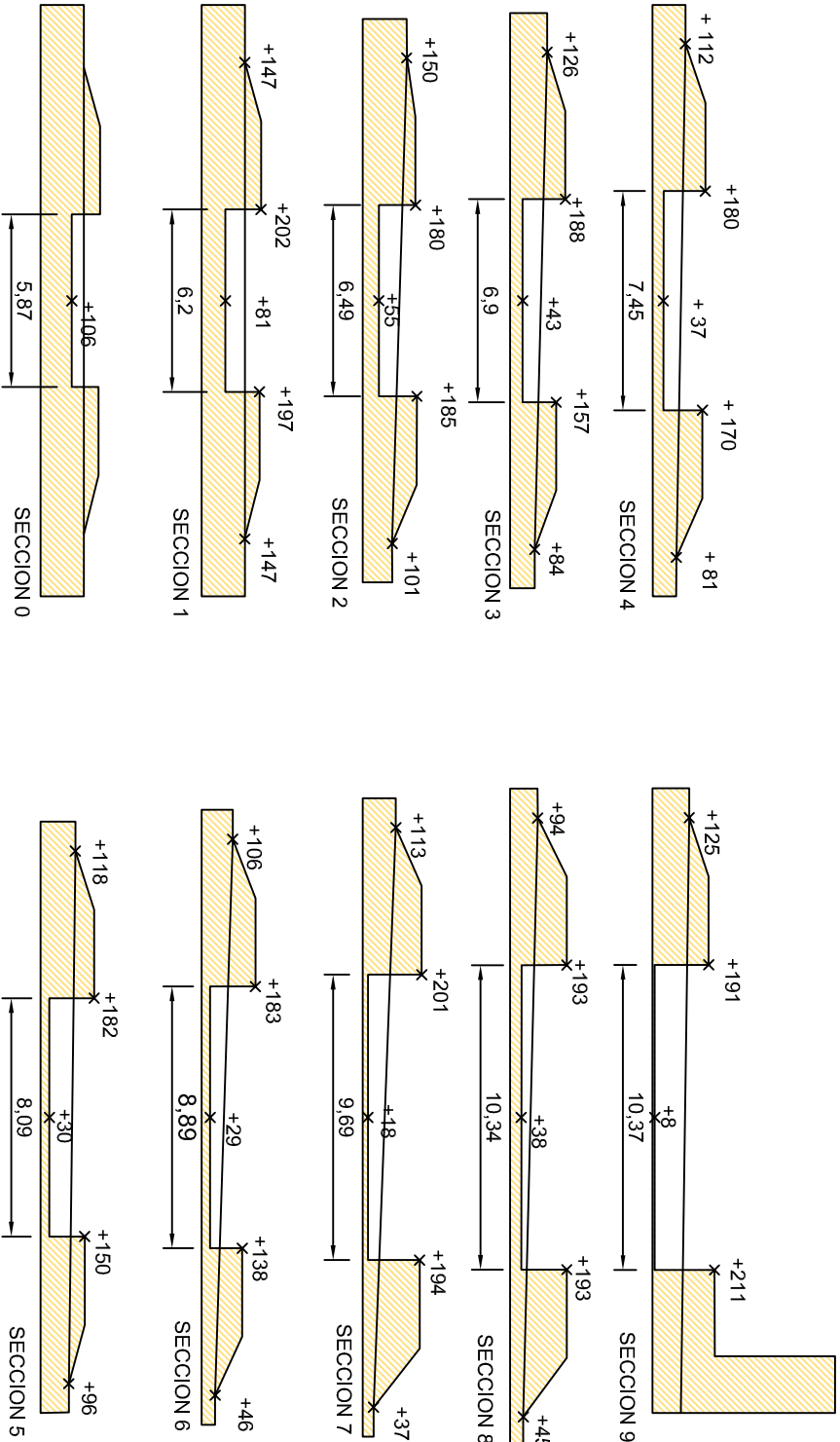
|                                                                                    |  |                                                        |                  |                                                     |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------|------|--|
|                                                                                    |  | Departamento responsable<br>Ing.Eléctrica y Energética |                  | Proyecto:<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |      |  |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES<br>Y DE TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>SITUACIÓN MOLINO<br>LOS OBESOS              |                  | Creado por :<br>NievesFernández Sainz               |      |  |
|                                                                                    |  |                                                        |                  |                                                     |      |  |
|                                                                                    |  | Escala                                                 | Fecha de edición | Idioma                                              | Hoja |  |
|                                                                                    |  | 1:20000                                                | 18/06/2015       | es                                                  | 1    |  |



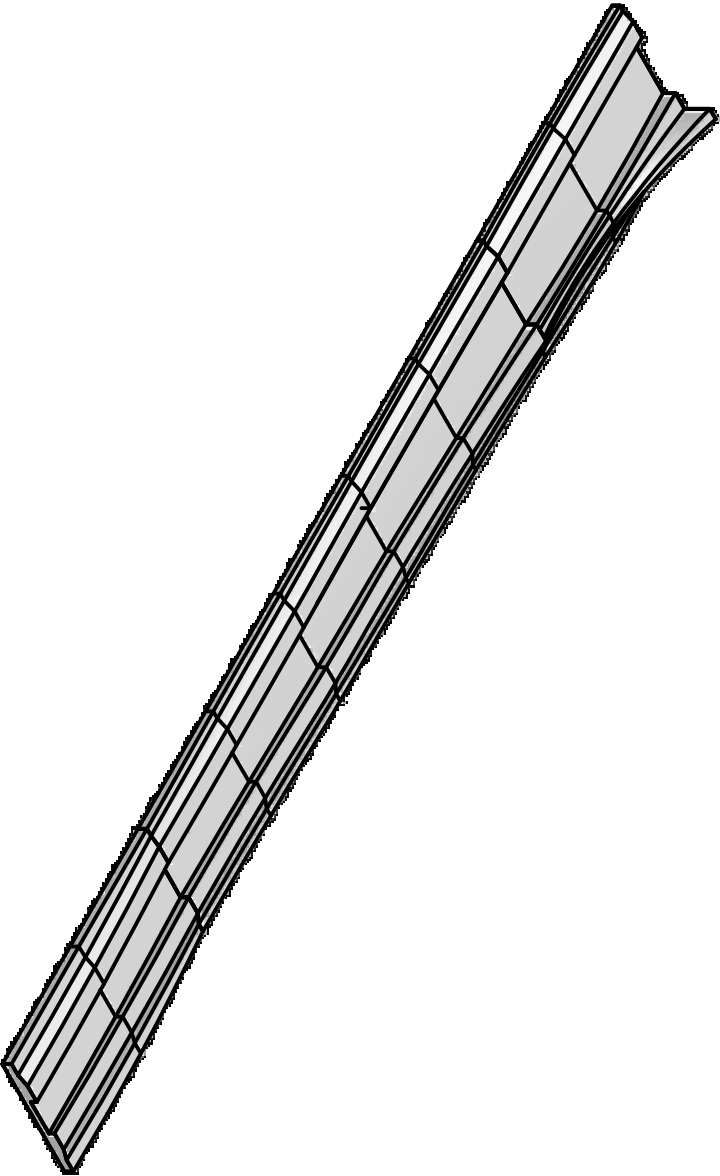
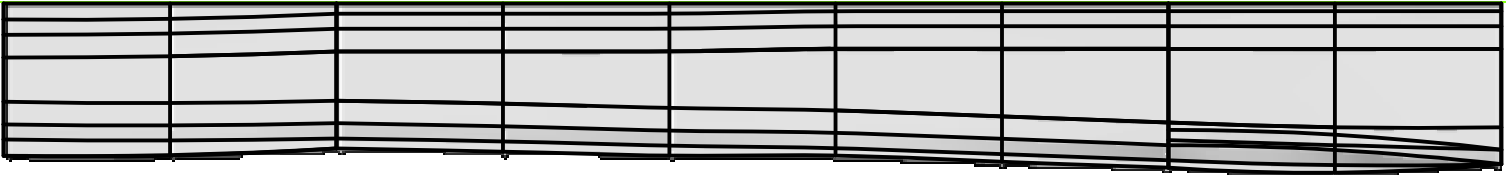
|                                                                                    |  |                                                      |                                  |                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electr ica y Energética                            |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                  |                                       |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>VISTA PÁJARO<br>MOLINO LOS<br>OBESOS      |                                  | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |
|                                                                                    |  | Escala<br>1:1000                                     | Fecha de edición<br>18 /06 /2015 | Idioma<br>es                          |
|                                                                                    |  |                                                      |                                  | Hoja<br>2                             |



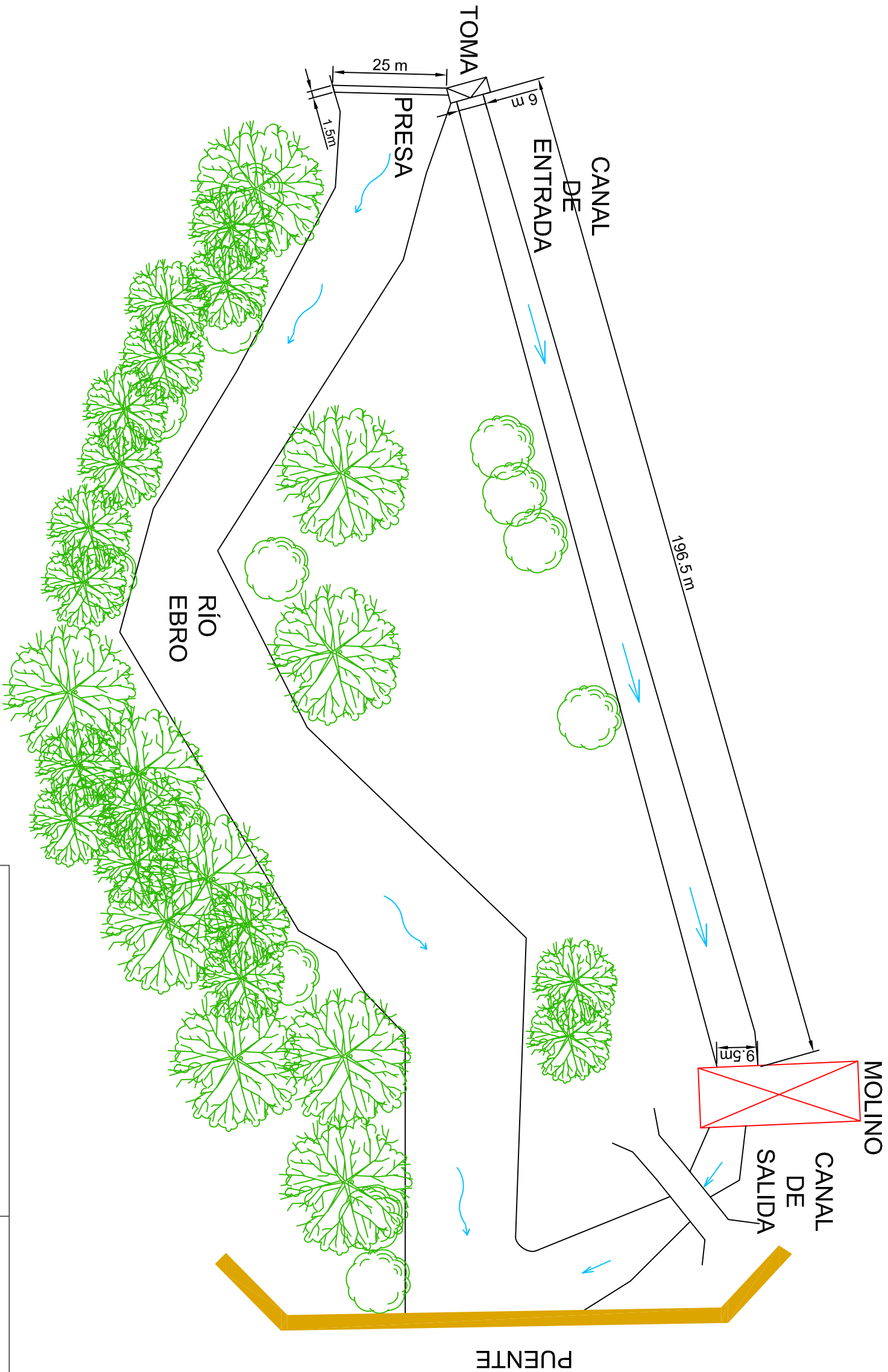
|                                                                                    |  |                                                      |                                |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electr tica y Energética                           |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                |              |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>CANAL 2D                                  |                                |              |
| Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz                                              |  | Escala<br>1:1000                                     | Fecha de edición<br>18/06/2015 | Idioma<br>es |
|                                                                                    |  |                                                      |                                | Hoja<br>3    |



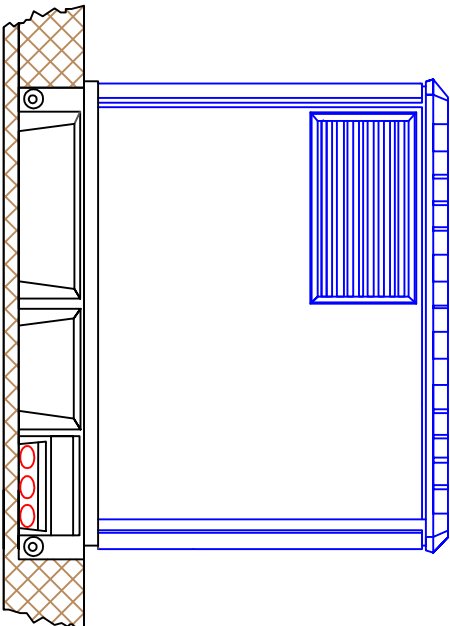
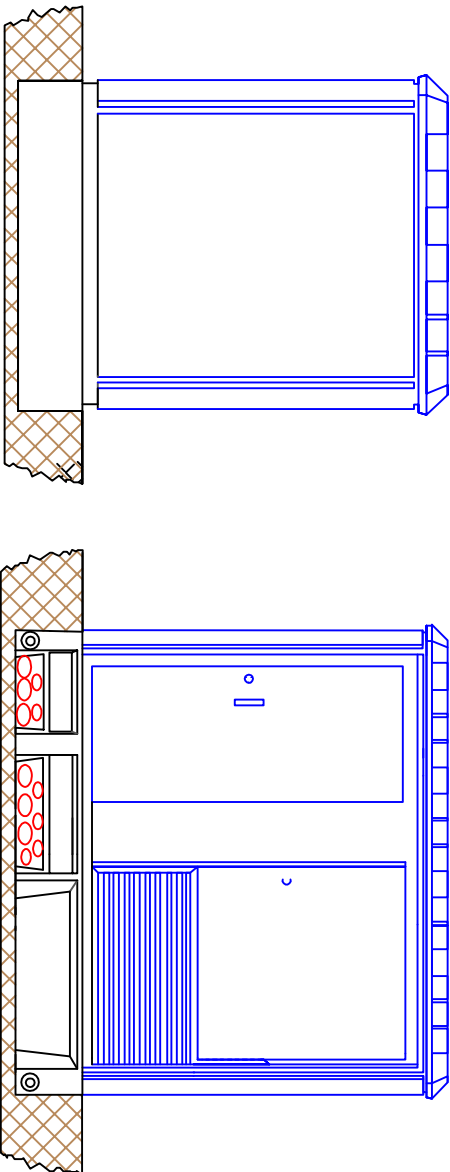
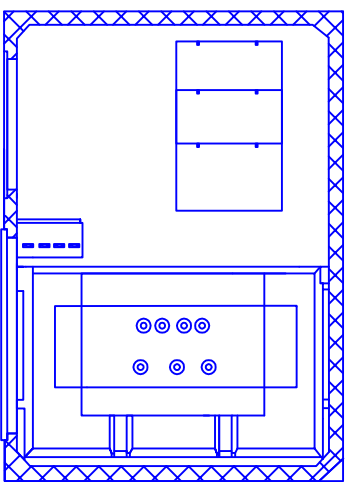
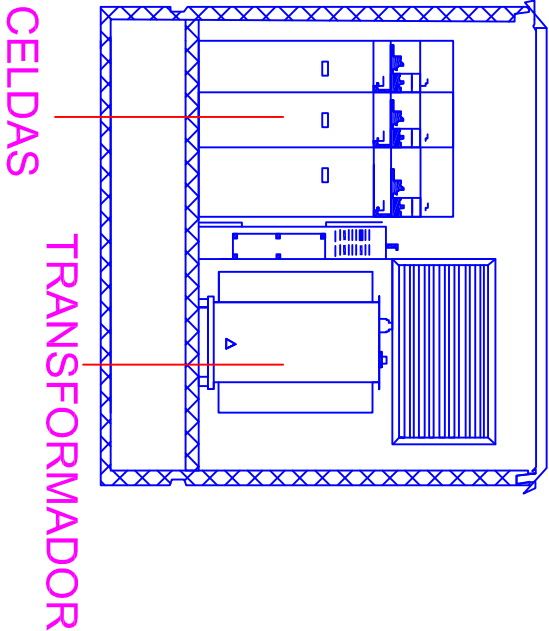
|                                                                                    |  |                                                      |                                 |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electr tica y Energética                           |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                 |              |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>DETALLE DE LAS<br>SECCIONES DEL<br>CANAL  |                                 |              |
|                                                                                    |  | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz                |                                 |              |
|                                                                                    |  | Escala<br>1:250                                      | Fecha de edición<br>18/06/ 2015 | Idioma<br>es |
|                                                                                    |  | Hoja<br>4                                            |                                 |              |



|                                                                                    |  |                                        |                                       |                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Eléctrica y Energética                             |  | REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                       |                               |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO:<br><br>CANAL 3D                 | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |                               |
|                                                                                    |  |                                        | Escala<br>1:1000                      | Fecha de edición<br>18/6/2015 |
|                                                                                    |  |                                        | Idioma<br>es                          | Hoja<br>5                     |

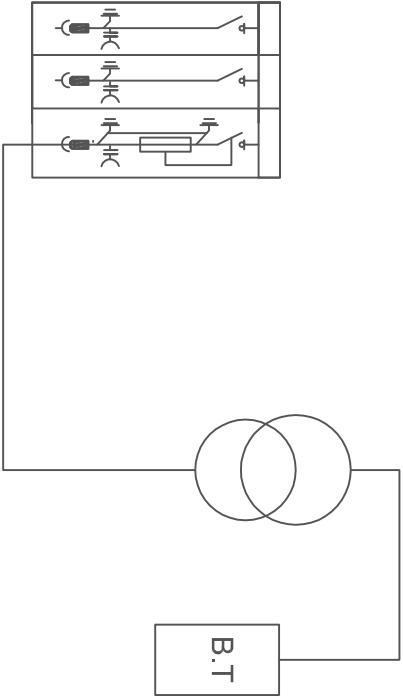


|                                                                                    |  |                                                      |                                |                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electrónica y Energética                           |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                |                                       |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>CROQUIS MOLINO LOS<br>OBESOS              |                                | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |
|                                                                                    |  | Escala<br>1:1000                                     | Fecha de edición<br>18/06/2015 | Idioma<br>es                          |
|                                                                                    |  | Hoja<br>6                                            |                                |                                       |

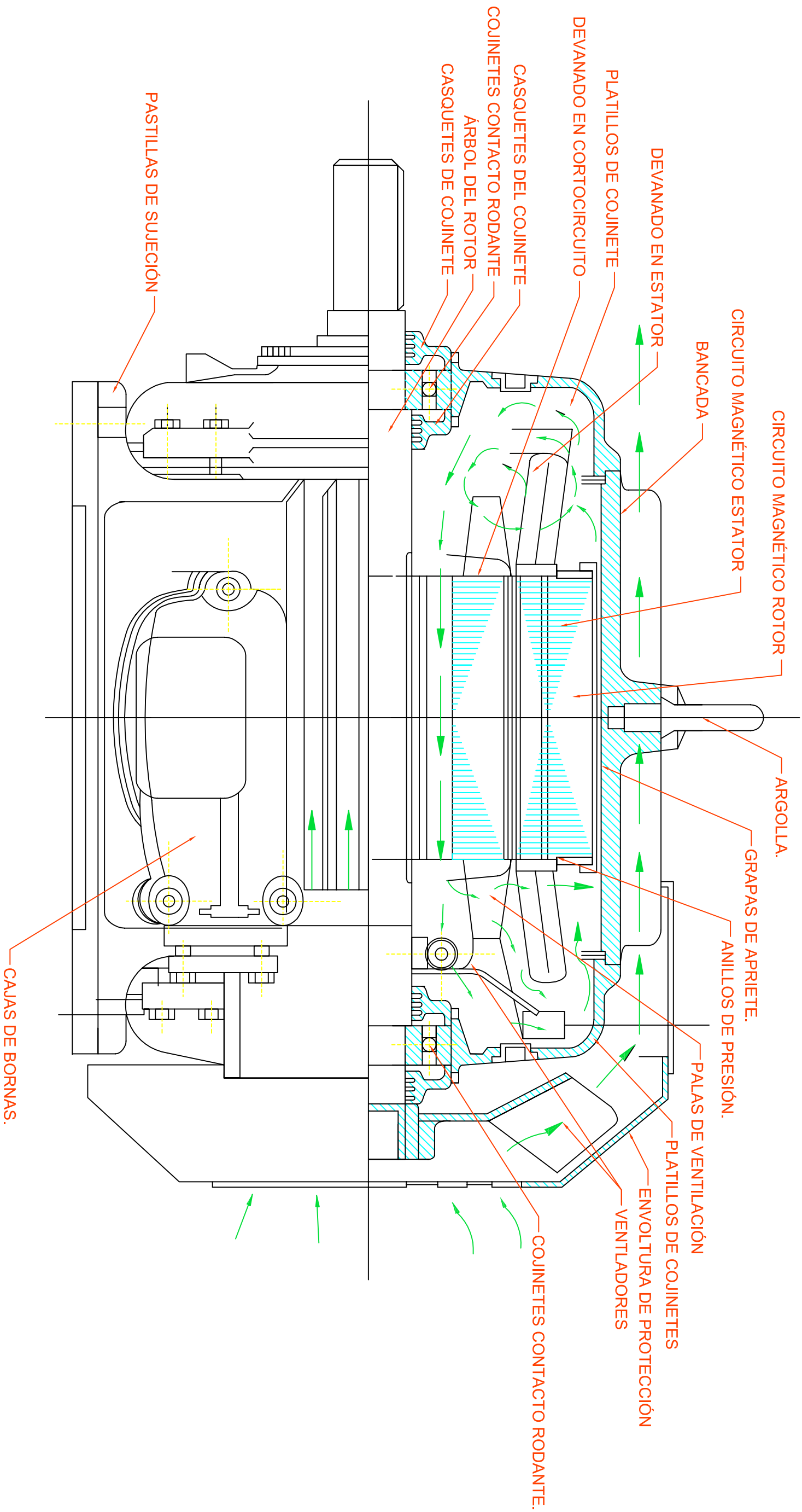


Arena de nivelación

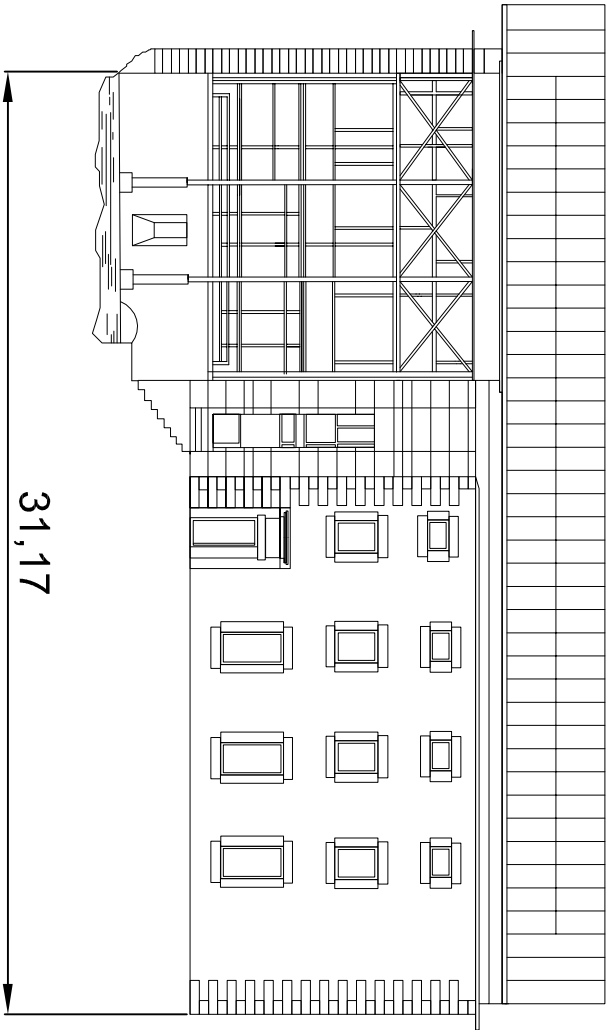
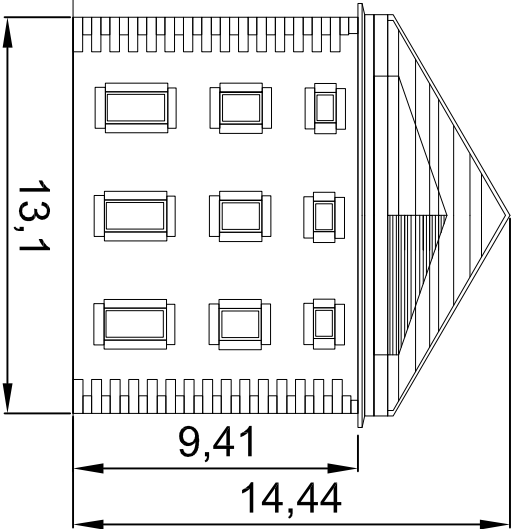
DIMENSIONES DE LA EXCAVACIÓN  
5.26 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profundidad.



|                                                                                    |  |                                                      |                                       |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Departamento responsable<br>Ing. Eléctrica y Energética                            |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                       |              |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>CENTRO DE<br>TRANSFORMACIÓN               | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |              |
|                                                                                    |  | Escala<br>1:100                                      | Fecha de edición<br>18/06/2015        | Idioma<br>es |
|                                                                                    |  |                                                      |                                       | Hoja<br>7    |

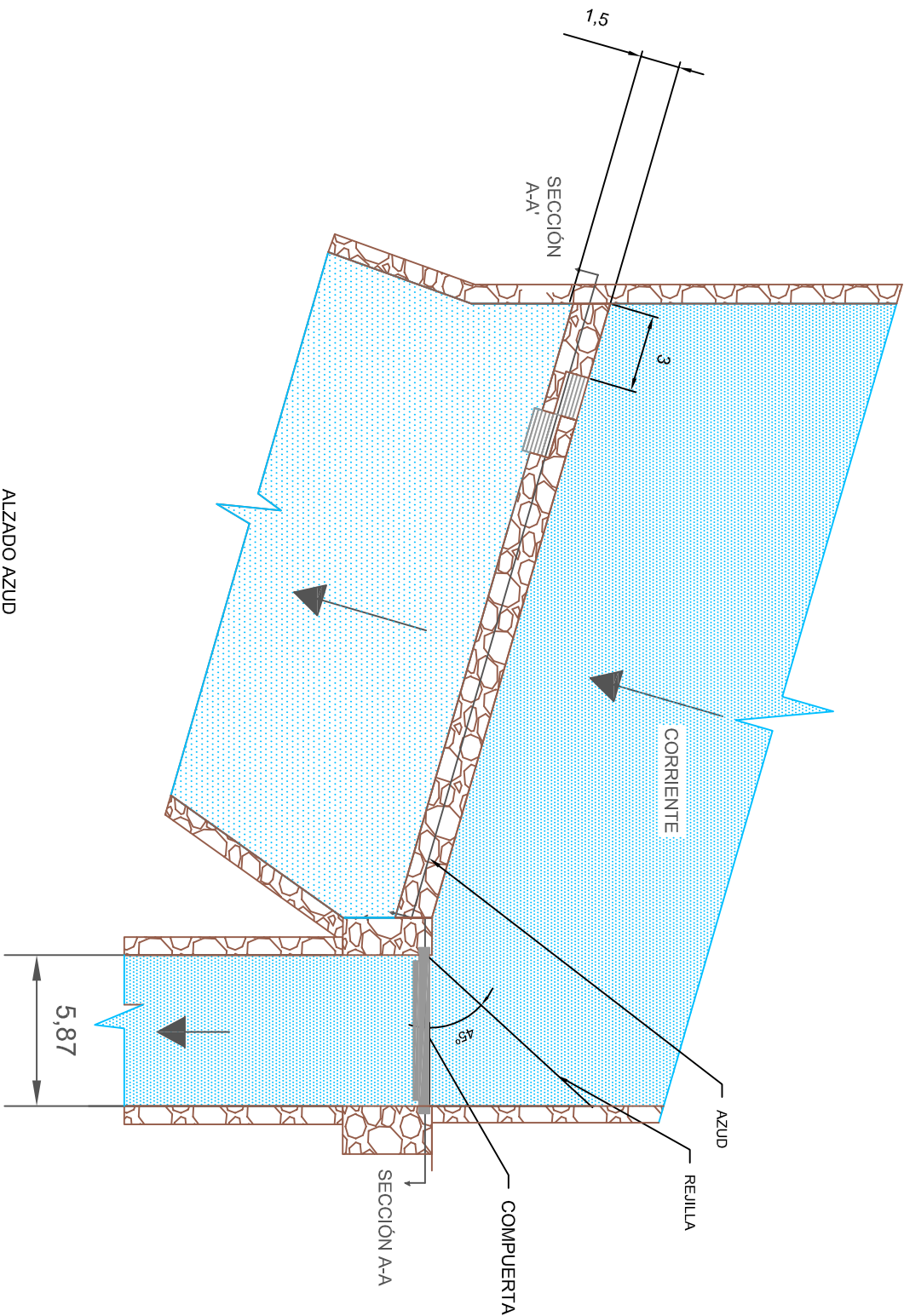


|                                                                                    |  |                                                                     |                                       |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electrónica y Energética                           |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS'                |                                       |              |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>GENERADOR<br>ASINCRONO CON<br>ROTOR EN<br>COORTOCIRCUITO | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |              |
|                                                                                    |  | Escala<br>-                                                         | Fecha de edición<br>18/06/2015        | Idioma<br>es |
|                                                                                    |  |                                                                     |                                       | Hoja<br>8    |

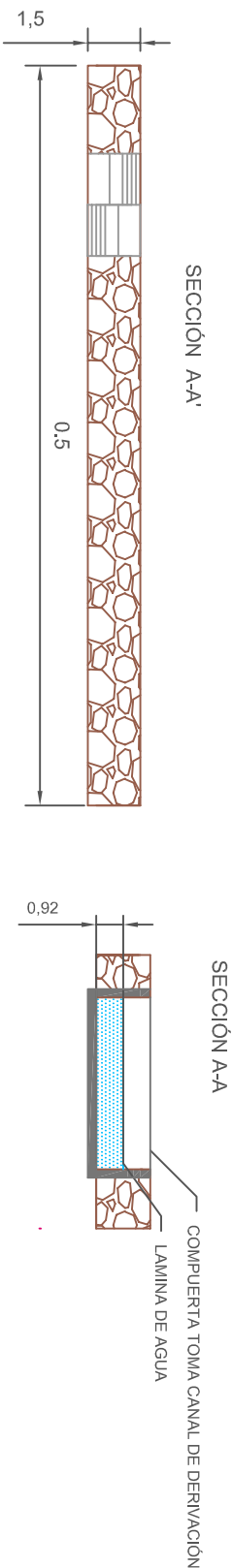


|                                                                                    |  |                                                          |                                |                                       |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electrica y Energética                             |  | Proyecto :<br><br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                |                                       |           |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :                                                  |                                | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |           |
|                                                                                    |  | PERFILES DEL EDIFICIO                                    |                                |                                       |           |
|                                                                                    |  | Escala<br>1:250                                          | Fecha de edición<br>18/06/2015 | Idioma<br>es                          | Hoja<br>9 |

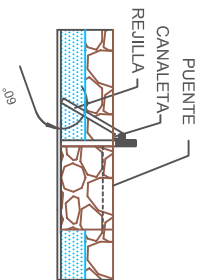
PLANTA AZUD



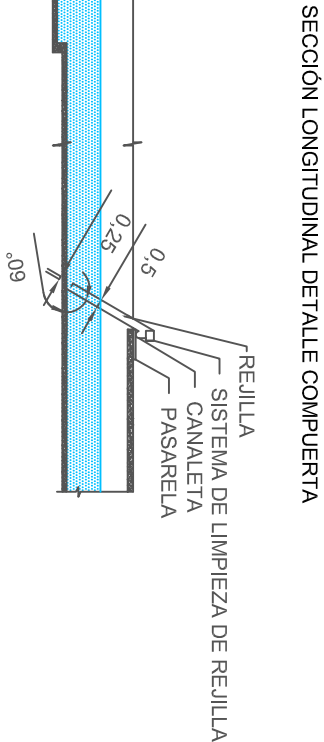
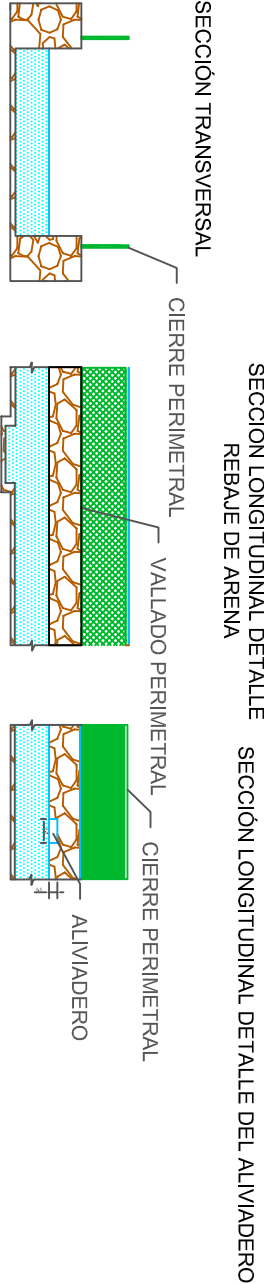
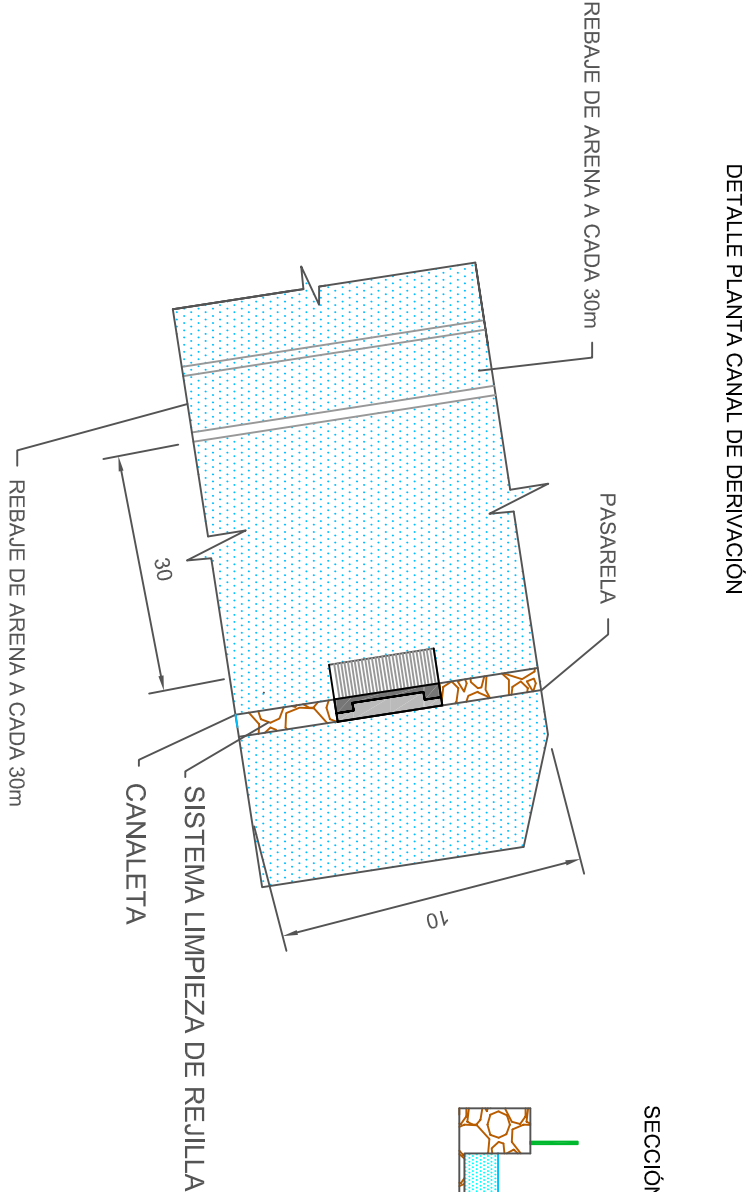
ALZADO AZUD



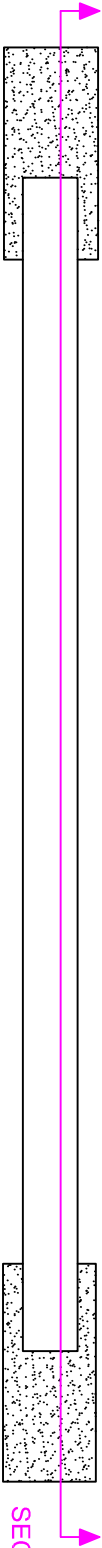
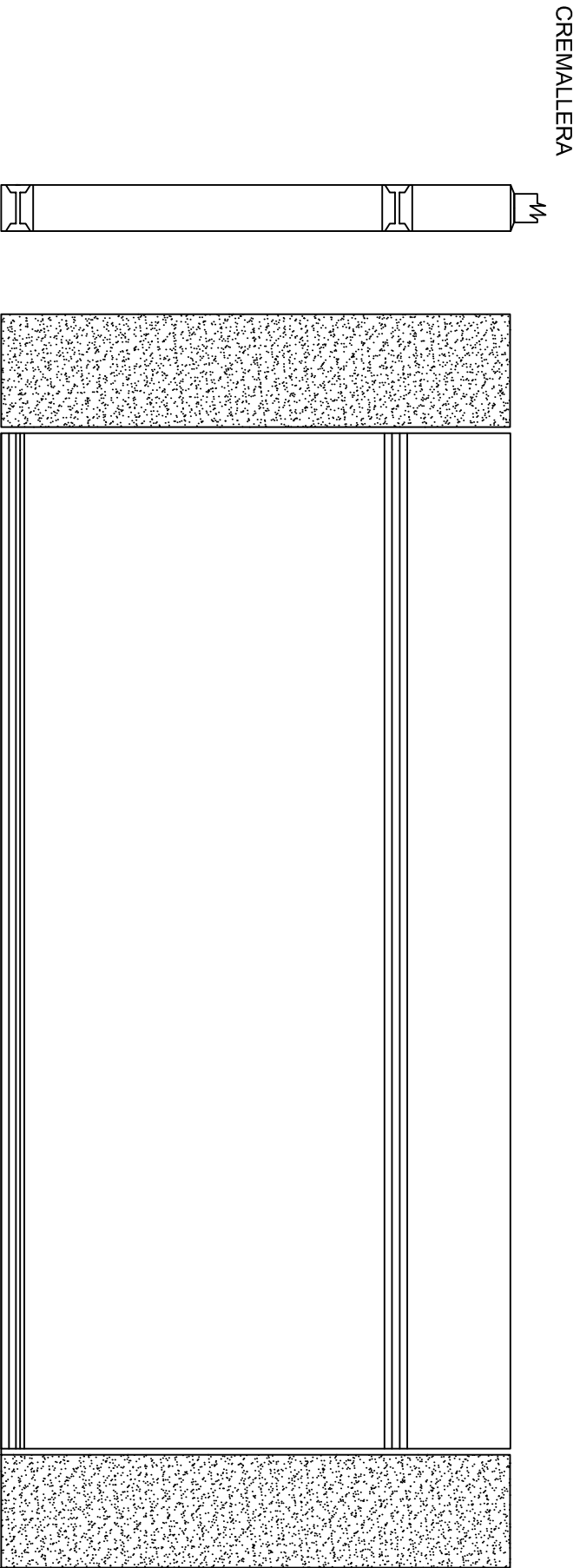
SECCIÓN LONGITUDINAL POR CANAL DE DERIVACIÓN



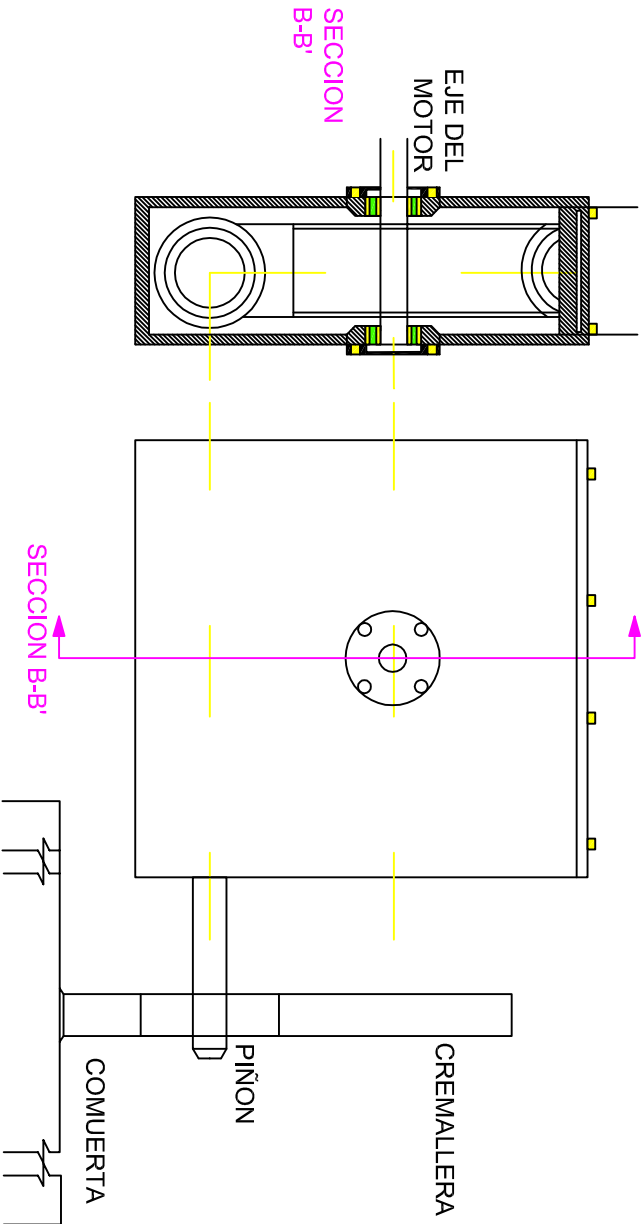
|                                                                                    |  |                                                      |                                       |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electrónica y Energética                           |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                       |              |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>AZUD Y COMPUERTA                          | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |              |
|                                                                                    |  | Escala<br>1:250                                      | Fecha de edición<br>18/06/2015        | Idioma<br>es |
|                                                                                    |  |                                                      |                                       | Hoja<br>10   |



|                                                                                    |                                |                                                      |                                       |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Departamento responsable<br>Ing.Electr tica y Energética                           |                                | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                       |  |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |                                | PLANO :<br>DETALLES DEL CANAL                        | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |  |
| Escala<br>1:250                                                                    | Fecha de edición<br>18/06/2015 | Idioma<br>es                                         | Hoja<br>11                            |  |

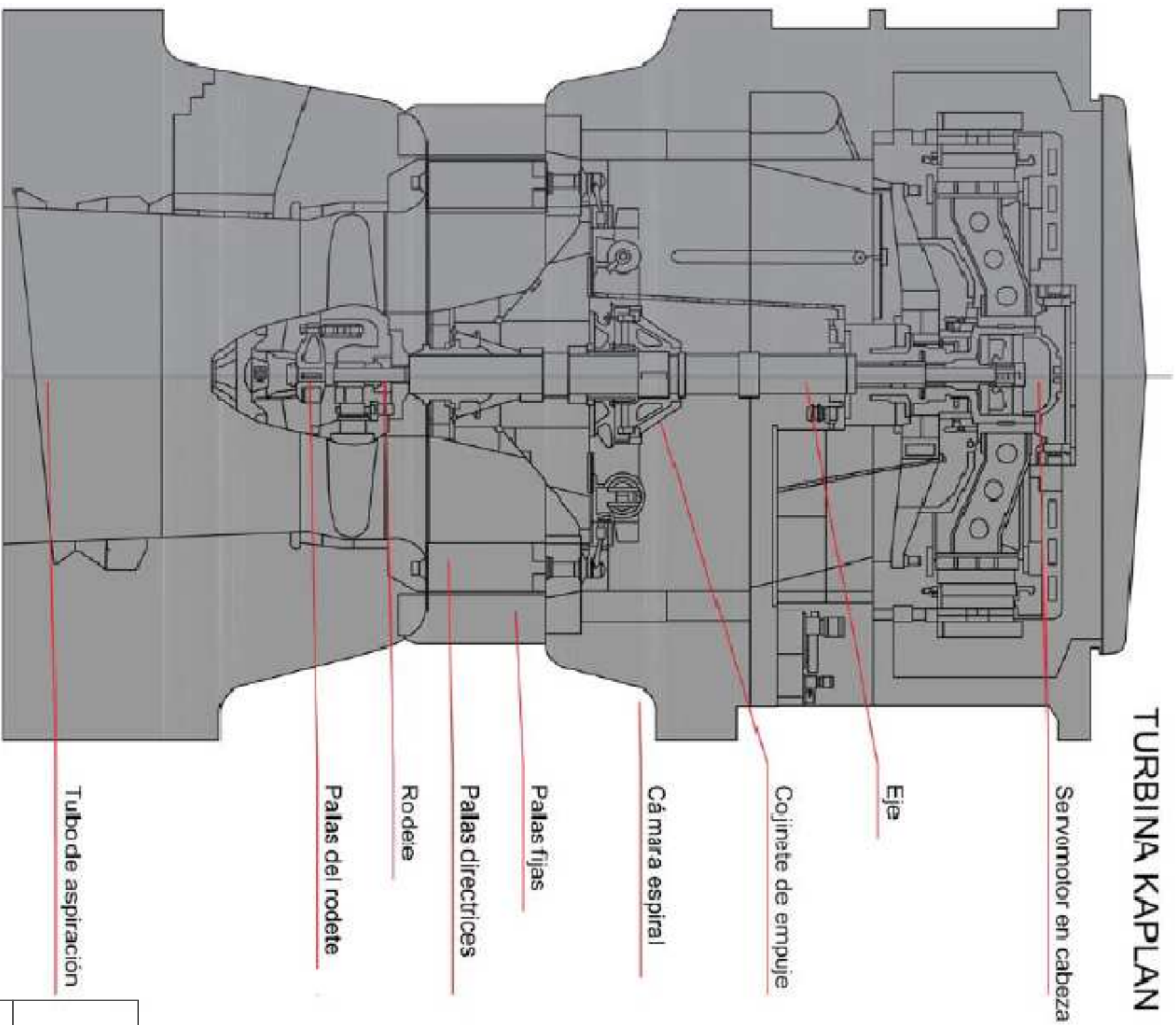


SALIENTE DE MURO

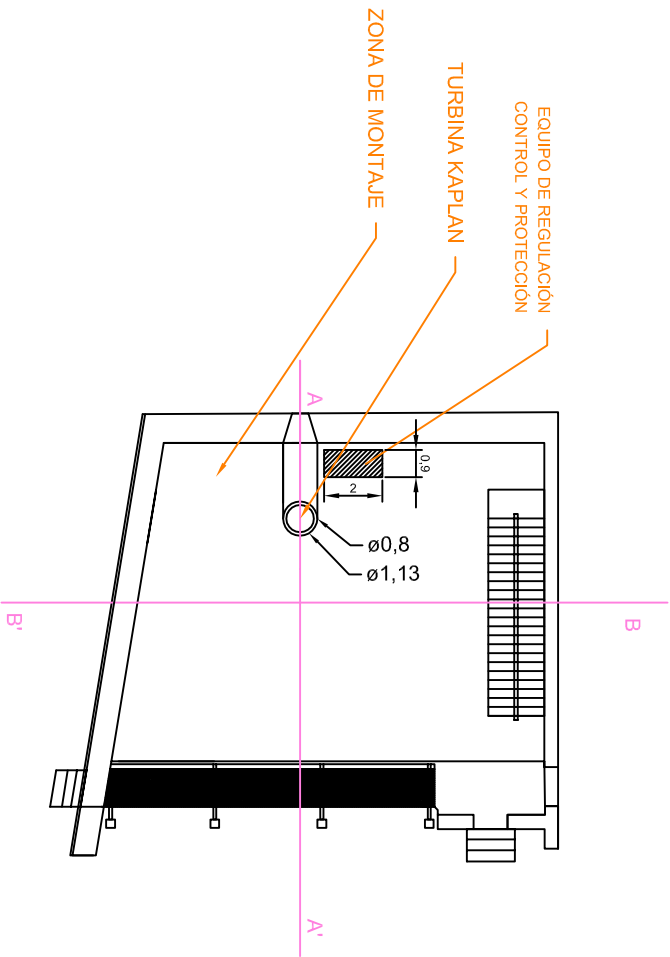
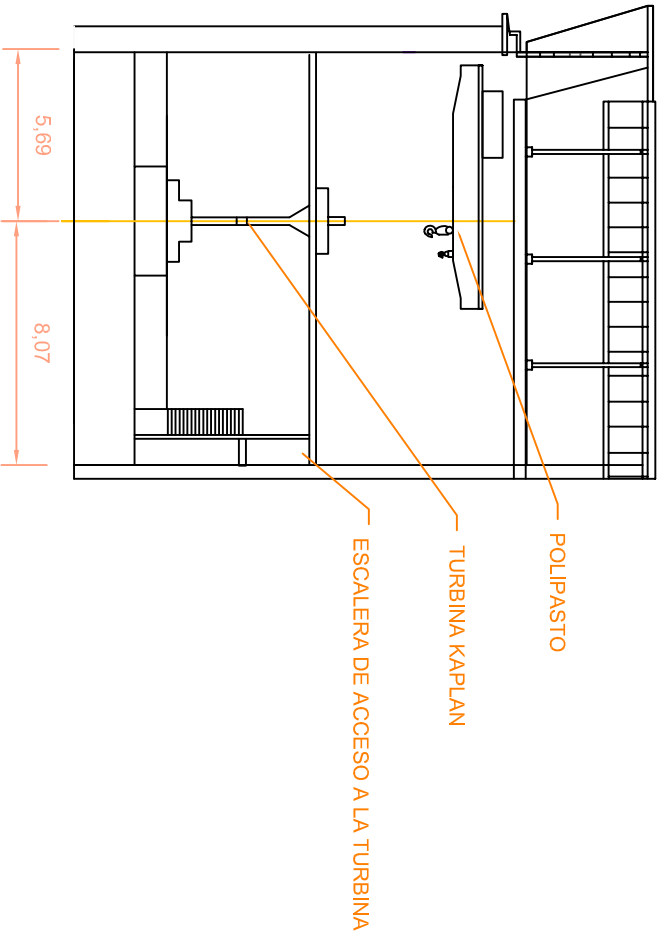
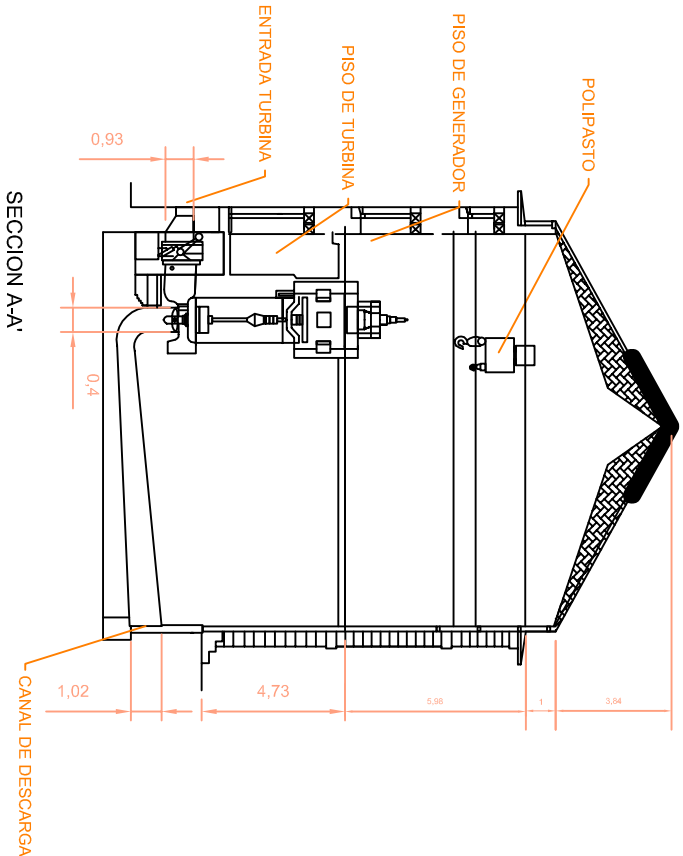


| DENOMINACIÓN Y OBSERVACIONES                   | MATERIAL Y DIM |
|------------------------------------------------|----------------|
| Compuerta de regulación 2.15x3.5               | A52-b          |
| Eje rueda sinfín                               | C 15           |
| Tornillo sinfín d1=63, m=6.3, z1=1, zL=10s/DIN | GZ-Sn Bz 12    |
| Rueda sinfín d1=63, m=6.3, z=1, zL=10s/DIN     | Gz-Sn Bz 12    |
| Carcasa reductor sinfín                        | St42           |
| Cremaillera m=5,s/DIN                          | C15            |
| Piñón recto z=20, m=5,s/DIN                    | C15            |

|                                                                                 |  |                                                      |                  |        |
|---------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------|------------------|--------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electrónica y Energética                        |  | Proyecto :<br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                  |        |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br>COMPUERTA                                 |                  |        |
|                                                                                 |  | Escala                                               | Fecha de edición | Idioma |
|                                                                                 |  | -                                                    | 18/06/2015       | es     |
|                                                                                 |  | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz                |                  | Hoja   |
|                                                                                 |  |                                                      |                  | 12     |

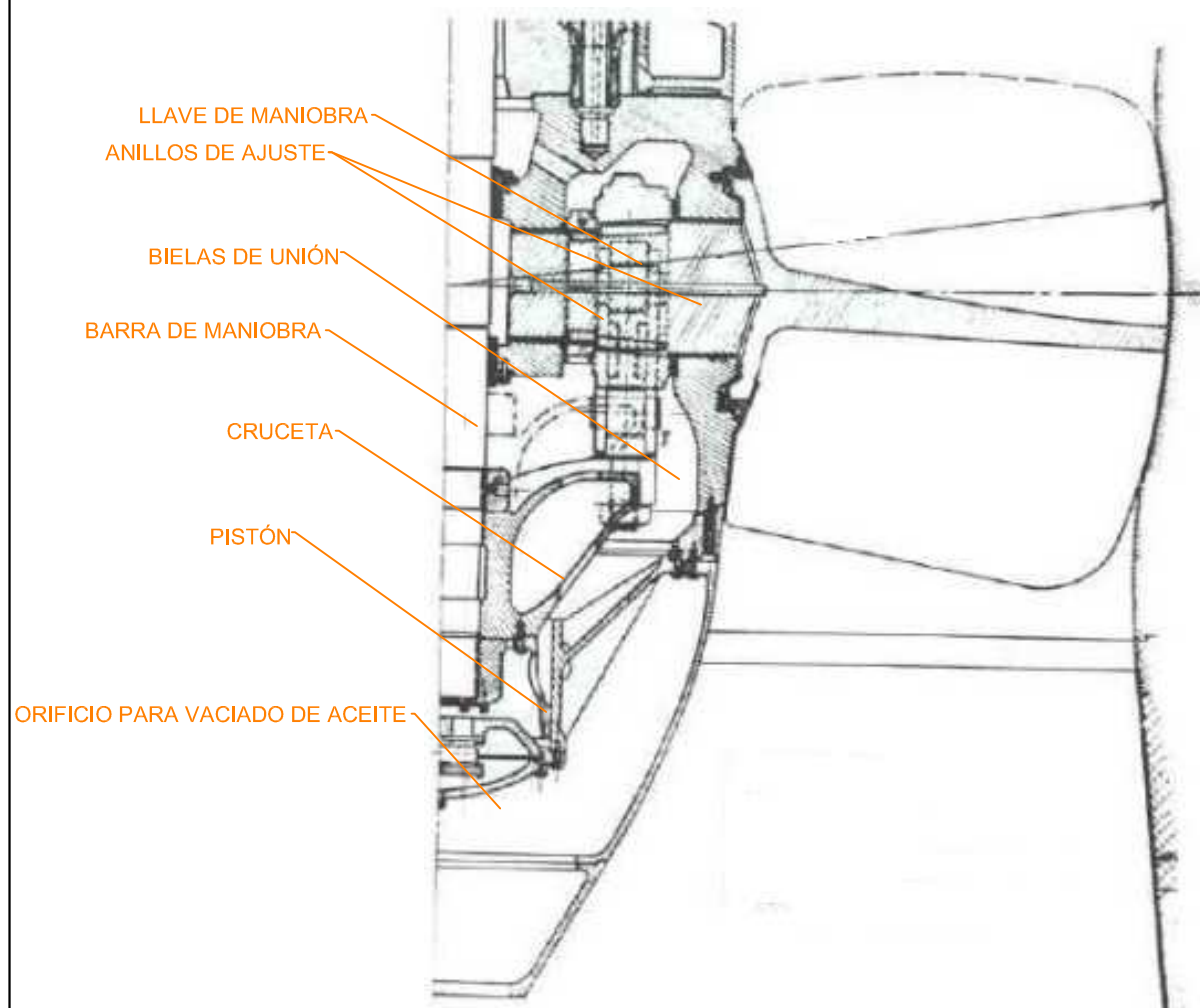


|                                                                                    |  |                                                          |        |                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Eléctrica y Energética                             |  | Proyecto :<br><br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |        |                                       |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :                                                  |        | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |
|                                                                                    |  | TURBINA KAPLAN                                           |        |                                       |
| Escala                                                                             |  | Fecha de edición                                         | Idioma | Hoja                                  |
| -                                                                                  |  | 23/06/2015                                               | es     | 13                                    |



|                                                                                    |  |                                                          |                                |                                       |            |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------|
| Departamento responsable<br>Ing.Electrica y Energética                             |  | Proyecto :<br><br>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS' |                                |                                       |            |
| UNIVERSIDAD DE CANTABRIA<br>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE<br>TELECOMUNICACIÓN |  | PLANO :<br><br>CASA DE MAQUINAS                          |                                | Creado por:<br>Nieves Fernández Sainz |            |
|                                                                                    |  | Escala<br>1:250                                          | Fecha de edición<br>18/06/2015 | Idioma<br>es                          | Hoja<br>14 |





|                                                                                                                  |                                                                                    |                                               |                                        |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| <p>Departamento responsable<br/>Ing.Eléctrica y Energética</p>                                                   | <p>Proyecto:<br/>REHABILITACIÓN DEL MOLINO 'LOS OBESOS'</p>                        |                                               |                                        |                                      |
| <p><b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b><br/><b>E.T.S INGENIEROS INDUSTRIALES</b><br/><b>Y DE TELECOMUNICACIÓN</b></p> | <p>PLANO :<br/>MECANISMOS DE<br/>ACCIONAMIENTO DE<br/>LAS PALAS DEL<br/>RODETE</p> | <p>Creado por :<br/>NievesFernández Sainz</p> |                                        |                                      |
|                                                                                                                  |                                                                                    | <p>Escala<br/>-</p>                           | <p>Fecha de edición<br/>18/06/2015</p> | <p>Idioma<br/>es<br/>Hoja<br/>16</p> |

**DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE  
CONDICIONES**

---

## DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES .....                                                                                    | 315 |
| 1 CONDICIONES GENERALES .....                                                                                                 | 317 |
| 1.1 Objeto del presente documento .....                                                                                       | 317 |
| 1.2 Documentación aplicable .....                                                                                             | 317 |
| 1.3 Obras a realizar .....                                                                                                    | 318 |
| 1.4 Disposiciones generales .....                                                                                             | 319 |
| 1.4.1 Dirección de obra.....                                                                                                  | 319 |
| 1.4.2 Organización, representación y personal del Contratista.....                                                            | 320 |
| 1.4.3 Órdenes al contratista .....                                                                                            | 321 |
| 1.4.4 Documentación a entregar al contratista.....                                                                            | 323 |
| 1.5 Iniciación de las obras.....                                                                                              | 324 |
| 1.5.1 Plazo de ejecución de las obras .....                                                                                   | 324 |
| 1.5.2 Programa de trabajos .....                                                                                              | 324 |
| 1.5.3 1.5.3. Orden de iniciación de las obras .....                                                                           | 325 |
| 1.6 Desarrollo y control de la obra.....                                                                                      | 327 |
| 1.6.1 Replanteo.....                                                                                                          | 327 |
| 1.6.2 Instalaciones, medios y obras auxiliares.....                                                                           | 330 |
| 1.6.3 Desarrollo y control de la calidad de las obras .....                                                                   | 331 |
| 1.6.4 Materiales .....                                                                                                        | 332 |
| 1.6.5 Vertederos, acopios, yacimientos y préstamos .....                                                                      | 333 |
| 1.6.6 Acceso a las obras.....                                                                                                 | 334 |
| 1.6.7 Modificaciones de obra .....                                                                                            | 339 |
| 1.6.8 Conservación de las obras ejecutadas durante el plazo de garantía .....                                                 | 340 |
| 1.6.9 Limpieza final de las obras .....                                                                                       | 340 |
| 1.7 Responsabilidad del contratista.....                                                                                      | 341 |
| 1.7.1 Permisos y licencias.....                                                                                               | 341 |
| 1.7.2 Seguros .....                                                                                                           | 341 |
| 1.7.3 Reclamaciones de terceros.....                                                                                          | 341 |
| 1.8 Medición y abono .....                                                                                                    | 342 |
| 1.8.1 Abono de las obras .....                                                                                                | 342 |
| 1.8.2 Precios contradictorios .....                                                                                           | 348 |
| 1.8.3 Gastos por cuenta del contratista .....                                                                                 | 348 |
| 1.9 Oficina de obra.....                                                                                                      | 348 |
| 1.9.1 Oficina de la Administración en obra.....                                                                               | 348 |
| 1.10 Desvíos y señalización.....                                                                                              | 349 |
| 1.10.1 Desvíos provisionales.....                                                                                             | 349 |
| 1.10.2 Señalización y balizamiento de las obras .....                                                                         | 351 |
| 1.10.3 Consideraciones especiales sobre cruces de cauces de ríos y arroyos, calles, ferrocarriles, gas y otros servicios..... | 353 |
| 1.10.4 Carteles y anuncios .....                                                                                              | 354 |

|        |                                                                            |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.11   | Recepción y certificación final .....                                      | 354 |
| 1.11.1 | Proyecto de liquidación.....                                               | 354 |
| 1.11.2 | Recepción de las obras .....                                               | 355 |
| 1.11.3 | Periodo de garantía, responsabilidad del contratista .....                 | 355 |
| 1.11.4 | Certificación final.....                                                   | 356 |
| 2      | CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS<br>356 |     |
| 2.1    | Objeto .....                                                               | 356 |
| 2.2    | Partes implicadas .....                                                    | 357 |
| 2.3    | Especificaciones técnicas generales de recepción.....                      | 357 |
| 2.3.1  | Disposiciones generales.....                                               | 357 |
| 2.3.2  | Especificaciones de calidad .....                                          | 364 |
| 2.3.3  | Eliminación de defectos.....                                               | 365 |
| 2.3.4  | Garantía .....                                                             | 368 |
| 2.4    | Verificaciones a efectuar.....                                             | 369 |
| 2.4.1  | Verificación de la composición química de la colada.....                   | 369 |
| 2.4.2  | Verificación de las características mecánicas .....                        | 370 |
| 2.5    | Tratamientos de protección contra la corrosión .....                       | 370 |
| 2.5.1  | Procedimiento .....                                                        | 370 |
| 2.5.2  | Normativa y pinturas a emplear.....                                        | 371 |
| 2.6    | Controles a realizar en cada pieza.....                                    | 374 |
| 2.6.1  | Controles a realizar en la carcasa.....                                    | 374 |
| 2.6.2  | Controles a realizar en el rodete .....                                    | 375 |
| 2.6.3  | Controles a realizar en el eje.....                                        | 376 |
| 3      | CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA OBRA CIVIL .....                  | 377 |
| 3.1    | Movimiento de tierras .....                                                | 377 |
| 3.1.1  | Desbroce del terreno.....                                                  | 377 |
| 3.1.2  | Excavación de la explanación.....                                          | 378 |
| 3.1.3  | Rellenos todo-uno.....                                                     | 381 |
| 3.2    | Cimentaciones y estructuras.....                                           | 381 |
| 3.2.1  | Hormigones .....                                                           | 381 |
| 3.2.2  | Encofrados y moldes .....                                                  | 382 |
| 3.2.3  | Armaduras a emplear en hormigón armado.....                                | 383 |
| 3.3    | Cerramientos .....                                                         | 384 |
| 3.3.1  | Ejecución .....                                                            | 384 |
| 3.3.2  | Medición y abono .....                                                     | 384 |

## 1 CONDICIONES GENERALES

### 1.1 Objeto del presente documento

El presente Pliego de Condiciones del Proyecto tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, a sus técnicos y encargados, al Arquitecto y al Aparejador o Arquitecto Técnico, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

### 1.2 Documentación aplicable

En la ejecución de las unidades de obra descritas en este Pliego se cumplirá lo especificado en la siguiente documentación:

- Planos.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Durante la ejecución del presente proyecto se aplicarán en su totalidad las pertinentes normas legales vigentes en la fecha de su aprobación y que se encuentran recogidas en Disposiciones y Reglamentos, entre las que se encuentran:
  - Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
  - Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias.
  - Código Técnico de la Edificación.
  - Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

En caso de discrepancia entre lo especificado en dicha documentación, salvo manifestación expresa en contrario en el presente Proyecto, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en alguna disposición se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

Además, serán de aplicación las siguientes disposiciones sobre protección del entorno o Impacto Ambiental:

- Reales Decretos de traspaso al Gobierno de Cantabria de funciones y servicios en materia ambiental.
- Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de Julio. Ley 46/1999, de 13 de Diciembre, de Aguas. Título V: de la protección del dominio público hidráulico y de calidad de las aguas continentales, capítulo I, II, V.
- Ley 16/1985, de 25 de Junio, del Patrimonio Histórico Español
- Ley 20/1986, de 14 de Mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental.
- Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de Conservación de las Especies Naturales y de Flora y Fauna Silvestres
- Real Decreto 439/1990, de 30 de Marzo, por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de Septiembre de 2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Ley 16/2002, de 1 de Julio de 2002, de prevención y control integrados de la contaminación.

Cuantas disposiciones oficiales existan sobre la materia de acuerdo con la legislación vigente que guarde relación con la misma, con sus instalaciones auxiliares o con trabajos necesarios para ejecutarlas.

### **1.3 Obras a realizar**

El presente proyecto se basa en la instalación de una central minihidráulica con una potencia de 25 kW en la localidad de Reinosa.

El emplazamiento de las obras se detalla en los Planos del Proyecto.

### **1.4 Disposiciones generales**

#### **1.4.1 Dirección de obra**

El Director de Obra es la persona con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras contratadas.

Las funciones del Director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras que fundamentalmente afectan a sus relaciones con el

Contratista, son las siguientes:

- Exigir al Contratista, directamente o a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que este Pliego de
- Condiciones deja a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas

operaciones o trabajos en curso; para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.

- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.
- Participar en la recepción de la obra y redactar la liquidación de la misma, conforme a las normas legales establecidas.

Las atribuciones asignadas en el presente Pliego al Director de Obra y las que le asigne la legislación vigente, podrán ser delegadas en su personal colaborador, de acuerdo con las prescripciones establecidas, pudiendo exigir el Contratista que dichas atribuciones delegadas se emitan explícitamente en orden que conste en el correspondiente "Libro de

Órdenes" de la obra.

Cualquier miembro del equipo colaborador del Director de Obra, incluido explícitamente el órgano de Dirección de Obra, podrá dar en caso de emergencia, a juicio del mismo, las instrucciones que estime pertinentes dentro de las atribuciones legales, que serán de obligado cumplimiento por el Contratista.

### 1.4.2 Organización, representación y personal del Contratista

El Contratista con su oferta incluirá un Organigrama designando el personal que compromete en la realización de los trabajos, incluyendo como mínimo las funciones que más adelante se indican independientemente de que puedan ser asumidas varias de ellas por una misma persona.

El Contratista está obligado a adscribir con carácter exclusivo y con residencia a pie de obra un **Ingeniero Industrial** sin perjuicio de que cualquier otro tipo de Técnicos tengan las misiones que le corresponden, quedando aquél como representante de la contrata ante la Dirección de las Obras.

El Contratista antes de que se inicien las obras comunicará por escrito el nombre de la persona que haya de estar por su parte al frente de las obras para representarle como "Delegado de Obra", este debe de ser un "Ingeniero Jefe de Obra", según lo dispuesto en el pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado y Pliegos de Licitación.

Este representante con plena dedicación a la obra tendrá la titulación de Ingeniero Industrial y la experiencia profesional suficiente a juicio de la

Dirección de Obra, debiendo residir en la zona donde se desarrollen los trabajos y no podrá ser sustituido sin previo conocimiento y aceptación por parte de aquélla.

El Contratista deberá contar con una asesoría cualificada o persona con titulación adecuada; Ingeniero Agrónomo o de Montes, o Ingeniero

Técnico Agrícola o Forestal, directamente responsable en temas medioambientales y procedimientos de revegetación.

El Propietario, o el Director de Obra, comunicará el nombre del Coordinador en materia de Seguridad y Salud responsable de la misma.

El Contratista incluirá con su oferta los curriculum vitae del personal de su organización que asignaría a estos trabajos, hasta el nivel de encargado inclusive, en la inteligencia de que cualquier modificación posterior solamente podrá realizarse previa aprobación de la Dirección de Obra o por orden de ésta.

Antes de iniciarse los trabajos, la representación del Contratista y la Dirección de Obra, acordarán los detalles de sus relaciones estableciéndose procedimientos para comunicación escrita entre ambos, transmisión de órdenes, así como la periodicidad y nivel de reuniones para control de la marcha de las obras. Las reuniones se celebrarán cada quince días salvo orden escrita de la Dirección de Obra.

### **1.4.3 Órdenes al contratista**

El Delegado y Jefe de Obra será el interlocutor del Director de la Obra, con obligación de recibir todas las comunicaciones verbales y/o escritas, que dé la Dirección directamente o a través de otras personas; debiendo cerciorarse, en este caso, de que están autorizadas para ello y/o verificar el mensaje y confirmarlo, según su procedencia, urgencia e importancia.

Todo ello sin perjuicio de que el Director pueda comunicar directamente con el resto del personal oportunamente, que deberá informar seguidamente a su Jefe de Obra.

El Delegado es responsable de que dichas comunicaciones lleguen fielmente hasta las personas que deben ejecutarlas, y de que se ejecuten.

Es responsable a su vez, de que todas las comunicaciones escritas de la Dirección de Obra estén custodiadas, ordenadas cronológicamente y disponibles en obra para su consulta en cualquier momento. Se incluye en este concepto los planos de obra, ensayos, mediciones, etc.

El Delegado deberá acompañar al Ingeniero Director en todas sus visitas de inspección a la obra, y transmitir inmediatamente a su personal las instrucciones que reciba del Ingeniero Director, incluso en presencia suya, si así lo requiere dicho Director.

El Delegado tendrá obligación de estar enterado de todas las circunstancias y marcha de la obra e informar al Director a su requerimiento en todo momento, o sin necesidad de requerimiento si fuese necesario o conveniente.

Lo expresado vale también para los trabajos que efectuasen subcontratistas o destajistas, en el caso de que fuesen autorizados por la Dirección.

Se entiende que la comunicación Dirección de Obra/Contratista se canaliza entre el Ingeniero/Arquitecto Director y el Delegado Jefe de Obra, sin perjuicio de que para simplificación y eficacia especialmente en casos urgentes o rutinarios, pueda haber comunicación entre los respectivos personales; pero será en nombre de aquellos y teniéndoles informados puntualmente, basadas en la buena voluntad y sentido común, y en la forma y materias que aquellos problema de interpretación o una decisión de mayor importancia, no valdrá sin la ratificación por los indicados Director y Delegado, acorde con el Comité de cada uno.

Se abrirá el "Libro de Órdenes" por el Ingeniero Director y permanecerá custodiado en obra por el Contratista, en lugar seguro y de fácil disponibilidad consigo al acompañar en cada visita al Ingeniero Director, se cumplirá respecto al "Libro de Órdenes" lo dispuesto en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales.

### **1.4.4 Documentación a entregar al contratista**

Los documentos, tanto del Proyecto como otros complementarios que la Dirección de Obra entregue al Contratista, pueden tener un valor contractual o meramente informativo.

#### Documentos contractuales

Será de aplicación lo dispuesto en el Reglamento General de Contratación, en adelante RGC y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, en adelante PCAG, así como los incluidos en el presente Proyecto.

El Contratista deberá necesariamente conservar en ella copia autorizada de los documentos contractuales del proyecto o proyectos base del contrato y el "Libro de Órdenes"; a tales efectos, la Administración suministrará a aquel una copia de aquellos documentos antes de la fecha en que tenga lugar la comprobación del replanteo.

#### Documentos informativos

Los datos que se incluyen en la Memoria, son documentos informativos. Dichos documentos representan una opinión fundada de la

Administración. Sin embargo, ello no supone que se responsabilice de la certeza de los datos que se suministra; y, en consecuencia, deben aceptarse tan solo como complementos de la información que el Contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios.

Por tanto, el Contratista será responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o negligencia en la consecución de todos los datos que afecten al Contrato, al planeamiento y a la ejecución de las obras.

El Contratista no podrá proceder al cambio o traslado de la oficina de obras sin previa autorización de la dirección.

### **1.5 Iniciación de las obras**

#### **1.5.1 Plazo de ejecución de las obras**

Las obras, a que se refiere el presente Pliego de Prescripciones

Técnicas Particulares, deberán quedar terminadas en el plazo que se señala en las condiciones de la licitación para la ejecución por contrata, o en el plazo que el Contratista hubiese ofrecido con ocasión de dicha licitación y fuese aceptado por el contrato subsiguiente. Lo anteriormente indicado es asimismo aplicable para los plazos parciales si así se hubieran hecho constar.

Todo plazo comprometido comienza al principio del día siguiente al de la firma del acta o del hecho que sirva de punto de partida a dicho plazo.

Cuando se fija en días, éstos serán naturales y el último se computará como entero.

Cuando el plazo se fije en meses, se contará de fecha a fecha salvo que se especifique de qué mes del calendario se trata. Si no existe la fecha correspondiente en la que se finaliza, éste terminará el último día de dicho mes.

#### **1.5.2 Programa de trabajos**

El Contratista está obligado a presentar un programa de trabajos de acuerdo con lo que se indique respecto al plazo y forma en los Pliegos de

Licitación, o en su defecto en el anexo del plan de obra de la petición de oferta.

Este programa deberá estar ampliamente razonado y justificado, teniéndose en cuenta las interferencias con instalaciones y conducciones existentes, los plazos de llegada a la obra de materiales y medios auxiliares, y la interdependencia de las distintas operaciones, así como la incidencia que sobre su desarrollo hayan de tener las circunstancias climatológicas, estacionales, de movimiento de personal y cuantas de carácter general sean estimables según cálculos probabilísticos de posibilidades, siendo de obligado ajuste con el plazo fijado en la licitación o con el menor ofertado por el Contratista, si fuese éste el caso, aún en la línea de apreciación más pesimista.

La Dirección de Obra y el Contratista revisarán conjuntamente, y con una frecuencia mínima quincenal, la progresión real de los trabajos contratados y los programas parciales a realizar en el período siguiente, sin que estas revisiones eximan al Contratista de su responsabilidad respecto de los plazos estipulados en la adjudicación.

La maquinaria y medios auxiliares de toda clase que figuren en el programa de trabajo lo serán a efectos indicativos, pero el Contratista está obligado a mantener en obra y en servicio cuantos sean precisos para el cumplimiento de los objetivos intermedios y finales, o para la corrección oportuna de los desajustes que pudieran producirse respecto a las previsiones, todo ello en orden al exacto cumplimiento del plazo total y de los parciales contratados para la realización de las obras.

Las demoras que en la corrección de los defectos que pudiera tener el programa de trabajo propuesto por el Contratista, se produjeran respecto al plazo legal para su ejecución, no serán tenidas en cuenta como aumento del concedido para realizar las obras, por lo que el Contratista queda obligado siempre a hacer sus previsiones y el consiguiente empleo de medios de manera que no se altere el cumplimiento de aquél.

### **1.5.3 Orden de iniciación de las obras**

La fecha de iniciación de las obras será aquella que conste en la notificación de adjudicación y respecto de ella se contarán tanto los plazos parciales como el total de ejecución de los trabajos.

El Contratista iniciará las obras tan pronto como reciba la orden del

Director de Obra y comenzará los trabajos en los puntos que se señalen, para lo cual será preceptivo que se haya firmado el Acta de Comprobación de Replanteo, se haya aprobado el Programa de Trabajos y se haya elaborado y aprobado el Plan de Seguridad y Salud, recogiendo todo ello dentro del Acta de Inicio de Obras.

### **1.5.3.1 Examen de las propiedades afectadas por las obras**

Es obligación del Contratista la recopilación de información apropiada sobre el pueden ser afectadas por las mismas, o causa de posibles reclamaciones de daños (recomendándose la realización de un informe a presentar a la

Entidad Contratante y a la Dirección de las Obras).

El Contratista informará al Director de Obra de la incidencia de los sistemas constructivos en las propiedades próximas.

El Director de Obra de acuerdo con los propietarios establecerá el método de recopilación de la información sobre el estado de las propiedades y las necesidades de empleo de actas notariales o similares.

### **1.5.3.2 Servicios afectados**

La situación de los servicios y propiedades que se indican en los

Planos ha sido definida con la información disponible pero no hay garantía sobre la total exactitud de estos datos. Tampoco se puede garantizar que no existan otros servicios y propiedades que no hayan podido ser detectados, por lo que el Contratista se pondrá en contacto con el Ayuntamiento y con todos los entes públicos o privados de Servicio Público.

El Contratista consultará a los afectados antes del comienzo de los trabajos sobre la situación exacta de los servicios existentes y adoptar sistemas de construcción que eviten daños.

El Contratista tomará medidas para el desvío o retirada de servicios que puedan exigir su propia conveniencia o el método constructivo. En este caso requerirá previamente la aprobación del afectado y del Director de Obra.

Si se encontrase algún servicio no señalado en el Proyecto el Contratista lo notificará inmediatamente por escrito al Director de Obra.

El programa de trabajo aprobado y en vigor suministra al Director de Obra la información necesaria para organizar todos los desvíos o retiradas de servicios previstos en el Proyecto en el momento adecuado para la realización de las obras.

### **1.5.3.3 Vallado de terrenos y accesos provisionales a propiedades**

Tan pronto como el Contratista tome posesión de los terrenos procederá a su vallado si así estuviera previsto en el Proyecto o lo exigiese la Dirección de Obra y/o el Coordinador de Seguridad y Salud. El Contratista inspeccionará y mantendrá el estado del vallado y corregirá los defectos y deterioros con la máxima rapidez. Se mantendrá el vallado de los terrenos hasta que se terminen las obras en la zona afectada.

Antes de cortar el acceso a una propiedad, el Contratista, previa aprobación del Director de Obra, informará con quince días de antelación a los afectados y proveerá un acceso alternativo.

El Contratista ejecutará los accesos provisionales que determine el Director de Obra a las propiedades adyacentes cuyo acceso sea afectado por los trabajos o vallados provisionales.

## **1.6 Desarrollo y control de la obra**

### **1.6.1 Replanteo**

Como acto inicial de los trabajos, la Dirección de Obra y el Contratista comprobarán e inventariarán las bases de replanteo que han servido de soporte para la realización del Proyecto. Solamente se considerarán como inicialmente válidas aquellas marcadas sobre monumentos permanentes que no muestren señales de alteración.

#### **1.6.1.1 Elementos que se entregarán al contratista**

Mediante un acta de reconocimiento, el Contratista dará por recibidas las bases de replanteo que se hayan encontrado en condiciones satisfactorias de conservación. A partir de este momento será responsabilidad del Contratista la conservación y mantenimiento de las bases, debidamente referenciadas y su reposición con los correspondientes levantamientos complementarios.

### **1.6.1.2 Plan de replanteo**

El Contratista, en base a la información del Proyecto, e hitos de replanteo conservados, elaborará un plan de replanteo que incluya la comprobación de las coordenadas de los hitos existentes y su cota de elevación, colocación y bases complementarias y programa de replanteo y nivelación de puntos de alineaciones principales, secundarias y obras de fábrica.

Este programa será entregado a la Dirección de Obra para su aprobación e inspección y comprobación de los trabajos de replanteo.

### **1.6.1.3 Replanteo y nivelación de puntos de alineación principales**

El Contratista procederá al replanteo y estaquillado de puntos característicos de las alineaciones principales partiendo de las bases de replanteo comprobadas y aprobadas por la Dirección de Obra como válidas para la ejecución de los trabajos. Asimismo, ejecutará los trabajos de nivelación necesarios para asignar la correspondiente cota de elevación a los puntos característicos.

La ubicación de los puntos característicos se realizará de forma que pueda conservarse dentro de lo posible en situación segura durante el desarrollo de los trabajos.

### **1.6.1.4 Replanteo y nivelación de los restantes ejes y obras de fábrica**

El Contratista situará y construirá los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle de los restantes ejes y obras de fábrica. La situación y cota quedará debidamente referenciada respecto a las bases principales de replanteo.

### **1.6.1.5 Comprobación del replanteo**

La Dirección de Obra comprobará el replanteo realizado por el Contratista, incluyendo como mínimo el eje principal de los diversos tramos de obra y de las obras de fábrica así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle.

El Contratista transcribirá y el Director de Obra autorizará con su firma el texto del Acta de Comprobación del Replanteo y el Libro de Órdenes. Los datos, cotas y puntos fijados se anotarán en un anejo al acta.

### **1.6.1.6 Responsabilidad del replanteo**

Será responsabilidad del Contratista la realización de los trabajos incluidos en el plan de replanteo, así como todos los trabajos de topografía precisos para la ejecución de las obras, conservación y reposición de hitos, excluyéndose los trabajos de comprobación realizados por la Dirección de Obra.

Los trabajos, responsabilidad del Contratista, anteriormente mencionados, serán a su costa y por lo tanto se considerarán repercutidos en los correspondientes precios unitarios de adjudicación.

### **1.6.1.7 Equipos y maquinaria**

Los equipos y maquinaria necesarios para la ejecución de todas las unidades de obra deberán ser justificados previamente por el Contratista, de acuerdo con el volumen de obra a realizar y con el programa de trabajos de las obras, y presentados a la Dirección de Obra para su aprobación.

Dicha aprobación de la Dirección de Obra se referirá exclusivamente a la comprobación de que el equipo mencionado cumple con las condiciones ofertadas por el Contratista y no eximirá en absoluto a éste de ser el único responsable de la calidad y del plazo de ejecución de las obras.

El equipo habrá de mantenerse en todo momento, en condiciones de trabajo satisfactorias y exclusivamente dedicadas a las obras del contrato, no pudiendo ser retirado sin autorización escrita de la Dirección de Obra, previa justificación ejecución se había previsto.

### **1.6.2 Instalaciones, medios y obras auxiliares**

#### ***1.6.2.1 Proyecto de instalaciones y obras auxiliares***

El Contratista queda obligado a proyectar y construir por su cuenta todas las edificaciones auxiliares para oficinas, almacenes, cobertizos, instalaciones sanitarias y demás de tipo provisional.

Será asimismo de cuenta del Contratista el enganche y suministro de energía eléctrica y agua (tanto abastecimiento como saneamiento) para la ejecución de las obras, las cuales deberán quedar realizadas de acuerdo con los reglamentos vigentes y las normas de la Compañía Suministradora.

Los proyectos de las obras e instalaciones auxiliares deberán ser sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra.

#### ***1.6.2.2 Ubicación y ejecución***

La ubicación de estas obras, cotas e incluso el aspecto de las mismas cuando la obra principal así lo exija, están indicadas en el Plan de Seguridad y Salud. Será de aplicación asimismo, lo indicado en el apartado sobre ocupación temporal de terrenos.

#### ***1.6.2.3 Retirada de instalaciones y obras auxiliares***

El Contratista al finalizar las obras, o con antelación en la medida en que sea posible, retirará por su cuenta todas las edificaciones, obras e instalaciones auxiliares y/o provisionales.

Una vez retiradas, procederá a la limpieza de los lugares ocupados por las mismas, dejando éstos, en todo caso, limpios y libres de escombros.

El Contratista procederá al tratamiento adecuado de las superficies compactadas por las instalaciones y obras auxiliares y a su posterior restauración.

### **1.6.3 Desarrollo y control de la calidad de las obras**

#### **1.6.3.1 Replanteo de detalle de las obras**

El Contratista será directamente responsable de los replanteos particulares y de detalle.

#### **1.6.3.2 Ensayos**

##### **1.1.1.1.1 Autocontrol del contratista**

El Contratista estará obligado a presentar un Plan de Aseguramiento de la Calidad de la obra para su aprobación realizando su autocontrol, de cotas, tolerancias y geométrico en general, y el de calidad, mediante ensayos de materiales, densidades de compactaciones, etc. Para la fijación del número de ensayos y su frecuencia, tanto sobre materiales como sobre unidades de obra terminadas.

Previo al comienzo de la obra el Plan de Aseguramiento de la Calidad propuesto ha de ser sometido a la aprobación del Director de las Obras.

El contratista contará en obra con un equipo de calidad y que será responsable del cumplimiento del Plan.

Se entiende que no comunicará a la Administración, representada por el Ingeniero Director de la Obra o a persona Delegada por el mismo al efecto, que una unidad de obra está terminada a juicio del Contratista para su comprobación por la Dirección de Obra (en cada tramo) hasta que el mismo Contratista, mediante su personal facultado para el caso haya hecho sus propias comprobaciones y ensayos y que se haya asegurado de cumplir las especificaciones, esto es sin perjuicio de que la Dirección de Obra pueda hacer las inspecciones y pruebas que crea oportunas en cualquier momento de la ejecución.

Para ello, el Contratista está obligado a disponer en obra de los equipos necesarios y suficientes, tanto materiales de laboratorio, instalaciones, aparatos, etc., como humanos, con facultativos y auxiliares, capacitados para dichas mediciones y ensayos. Se llamará a esta operación "autocontrol".

Los ensayos de "autocontrol" serán enteramente a cargo del Contratista, por tanto, después de que el Contratista se haya asegurado con sus ensayos y mediciones de autocontrol de que una unidad de obra esté terminada y cumpla las especificaciones, lo comunicará a la Dirección de Obra para que ésta pueda proceder a sus mediciones y ensayos de control, para los que prestará las máximas facilidades.

### 1.1.1.1.2 Control de la Dirección

Con independencia de lo anterior, la Dirección de Obra efectuará las comprobaciones, mediciones y ensayos que estime oportunos que llamaremos de "control", a diferencia del autocontrol.

El Ingeniero Director de la Obra podrá prohibir la ejecución de una unidad de obra si no están disponibles dichos elementos de autocontrol para la misma, siendo entera responsabilidad del Contratista las eventuales consecuencias de demora, costes, etc.

El importe de estos ensayos de "control" será por cuenta del Contratista de acuerdo con el Programa de Control de Calidad de este proyecto. Estas cantidades no son reducibles por el eventual coeficiente de baja en la adjudicación del Contrato.

### 1.6.4 Materiales

Todos los materiales han de ser adecuados al fin al que se destinen y serán de la mejor calidad en su clase de entre los existentes en el mercado.

Por ello, y aunque por sus características particulares o menor importancia relativa no hayan merecido ser objeto de definición más explícita, su utilización quedará condicionada a la aprobación del Director de

Obra, quien podrá determinar las pruebas o ensayos de recepción adecuados al efecto.

En todo caso los materiales serán de igual o mejor calidad que la que pudiera deducirse de su procedencia, valoración o características, citadas en algún documento del Proyecto, se sujetarán a normas oficiales o criterios de

buena fabricación del ramo, y el Director de Obra podrá exigir su suministro por firma que ofrezca las adecuadas garantías.

Las cifras que para pesos o volúmenes de materiales figuran en las unidades compuestas del cuadro de precios N°2, servirán sólo para el conocimiento del coste de estos materiales acopiados a pie de obra, pero por ningún concepto tendrán valor a efectos de definir las proporciones de las mezclas ni el volumen necesario en acopios para conseguir la unidad de éste, compactada en obra.

### **1.6.5 Vertederos, acopios, yacimientos y préstamos**

#### **1.6.5.1 Acopios**

El acopio se llevará a cabo en los lugares elegidos y de acuerdo con la Dirección de Obra, de forma que no interfieran el normal desarrollo de las obras y respetando el entorno y conforme a las instrucciones descritas en la unidad de obra correspondiente. Será aplicado lo indicado en el apartado de ubicación temporal de materiales.

El Contratista podrá buscar otros depósitos/acopios temporales si lo estima procedente, siempre que se sitúen dentro de la zona de obras y no afecten al entorno, bajo su única responsabilidad y con la aprobación de la

Dirección de Obra. Una vez retirados los acopios, la superficie afectada será tratada adecuadamente de acuerdo con las condiciones técnicas y materiales descritos en este Pliego.

El Contratista utilizará en las obras los materiales que obtenga de la excavación siempre que éstos cumplan las condiciones previstas en este

Pliego. Estará obligado a eliminar a su costa los materiales de calidad inferior a la exigida que aparezcan durante la excavación, y transportarlos a los vertederos propuestos en este proyecto.

No se afectará más superficie que la inicialmente prevista para los acondicionamientos de terreno. Los árboles que quedan contiguos al relleno y cuya persistencia se decida, deben ser protegidos evitando la compactación sobre la zona de su base correspondiente al vuelo de la copa.

### **1.6.5.2 Préstamos**

La búsqueda de préstamos y su abono a los propietarios será por cuenta y cargo del Contratista, así como las operaciones necesarias para su inicio y explotación, que quedarán bajo la aprobación y supervisión de la Dirección de Obra.

El Director de Obra dispondrá de un mes de plazo para aceptar o rehusar los lugares de préstamo propuestos por el Contratista. Este plazo se contará a partir del momento en que el Contratista notifique los acondicionamientos de terreno, préstamos y/o canteras que se propone utilizar y que por su cuenta y riesgo, realizadas calicatas suficientemente profundas, haya entregado las muestras solicitadas por el Director de Obra para comprobar la calidad y características de los materiales propuestos.

La aceptación por parte del Director de Obra de los lugares de extracción y depósito no limita la responsabilidad del Contratista, tanto en lo que se refiere a la calidad de los materiales como al volumen explotable del yacimiento y a la obtención de las correspondientes licencias y permisos.

El Contratista está obligado a eliminar a su costa los materiales de calidad inferior a la exigida que aparezca durante los trabajos de explotación del préstamo previamente autorizado.

Si durante el curso de la explotación los materiales dejan de cumplir las condiciones de calidad requeridas, o si el volumen o la producción resultaran insuficientes, por haber aumentado la proporción de material no aprovechable, el Contratista, a su cargo, deberá procurarse otro lugar de extracción siguiendo las normas dadas en párrafos anteriores y sin que el cambio de yacimiento natural le dé opción a exigir indemnización alguna.

### **1.6.6 Acceso a las obras**

#### **1.6.6.1 Construcción de caminos de acceso**

Las rampas y accesos provisionales a los diferentes tajos serán construidos por el Contratista, bajo su responsabilidad y por su cuenta. La Dirección de Obra

podrá pedir que todos o parte de ellos sean construidos antes de la iniciación de las obras.

El Contratista deberá presentar los planos taquimétricos necesarios con las plantas, perfiles longitudinales y transversales, caños, etc. de los caminos de acceso, teniendo en cuenta la mínima afección al entorno natural y deberán ser sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra.

El Contratista procederá al tratamiento adecuado de las superficies compactadas para su utilización durante la construcción y a su posterior restauración de acuerdo con las condiciones técnicas y materiales descritas en el Proyecto de Revegetación.

El Contratista quedará obligado a reconstruir por su cuenta todas aquellas obras, construcciones e instalaciones de servicio público o privado, tales como cables, aceras, cunetas, alcantarillado, etc., que se vean afectados por la construcción de los caminos, accesos y obras provisionales.

Igualmente deberá colocar la señalización necesaria en los cruces o desvíos con carreteras nacionales o locales, calles etc. y retirar de la obra a su cuenta y riesgo, todos los materiales y medios de construcción sobrantes durante la ejecución de las obras y, una vez terminadas las mismas, dejando las zonas perfectamente limpias.

Los caminos o accesos estarán situados, en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso excepcional de que necesariamente hayan de producirse interferencias, las modificaciones posteriores necesarias para la ejecución de los trabajos serán a cargo del Contratista.

### **1.6.6.2 Conservación y uso**

El Contratista conservará a su costa y en condiciones adecuadas para su utilización los accesos y caminos provisionales de obra.

En caso de utilización de carreteras y/o caminos públicos que puedan ser utilizados por terceros, los caminos se mantendrán en las debidas condiciones para el acceso de vehículos ligeros.

En el caso de caminos que han de ser utilizados por varios Contratistas, éstos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de los gastos de su construcción y conservación, que se hará en proporción al tráfico generado por cada Contratista. La Dirección de Obra, en caso de discrepancia, arbitrará el reparto de los citados gastos abonando o descontando las cantidades resultantes, si fuese necesario, de los pagos correspondientes a cada Contratista.

### **1.6.6.3 Seguridad y salud laboral**

Se define como seguridad y salud laboral a las medidas y precauciones que el Contratista está obligado a realizar y adoptar durante la ejecución de las obras para prevención de riesgos, accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de higiene y bienestar de los trabajadores.

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 del 24 de Octubre, en el presente Proyecto, el Contratista elaborará un plan de seguridad y salud ajustado a su forma y medios de trabajo.

La valoración de ese plan no será nunca inferior al del presupuesto del proyecto de seguridad y salud correspondiente a este Proyecto.

El abono del presupuesto correspondiente al proyecto de seguridad y salud se realizará de acuerdo con el correspondiente cuadro de precios que figura en el mismo, o en su caso en el plan de seguridad y salud laboral, aprobado por la Administración, y que se considera documento I contra todos dichos efectos.

### **1.6.6.4 Control de ruido y vibraciones**

El Contratista adoptará las medidas adecuadas para minimizar los ruidos y vibraciones.

Las mediciones de nivel de ruido en las zonas urbanas permanecerán por debajo de los límites que se indican en este apartado.

Toda la maquinaria situada al aire libre se organizará de forma que se reduzca al mínimo la generación de ruidos.

En general el Contratista deberá cumplir lo prescrito en las Normas Vigentes, sean de ámbito Nacional (Reglamento de Seguridad e Higiene) o de uso Municipal. En caso de duda se aplicará la más restrictiva.

### **1.6.6.5 Compresores móviles y herramientas neumáticas**

En todos los compresores que se utilicen al aire libre, el nivel de ruido no excederá de los valores especificados en la siguiente tabla:

| Caudal de aire<br>(m <sup>3</sup> /min) | Máximo nivel<br>(dB) | Máximo nivel en 7 m<br>(dB) |
|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Inferior a 10                           | 100                  | 75                          |
| 10-30                                   | 104                  | 79                          |
| Superior a 30                           | 106                  | 81                          |

Los compresores que produzcan niveles de sonido a 7 m superiores a 75 dB no serán situados a menos de 8 m de viviendas o similares.

Los compresores que produzcan niveles sonoros a 7 m superiores a 70 dB no serán situados a menos de 4 m de viviendas o similares.

Los compresores móviles funcionarán y serán mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante para minimizar los ruidos.

Se evitará el funcionamiento innecesario de los compresores.

Las herramientas neumáticas se equiparán en lo posible con silenciadores.

### **1.6.6.6 Utilización de explosivos**

La adquisición, transporte, almacenamiento, conservación, manipulación y empleo de las mechas, detonadores y explosivos se regirán por las disposiciones vigentes que regulan la materia y por las instrucciones especiales complementarias que figuren en su caso en el pliego de

Prescripciones Técnicas, requiriéndose además la aprobación previa por escrito del Director de Obra.

Aunque por la tipología de la obra no es previsible en ninguno de los casos su utilización, se cree apropiada su regulación en el presente Pliego en aras de evitar la aparición de problemas innecesarios durante la ejecución de las obras.

Así, con carácter general, la velocidad máxima de las partículas y la frecuencia de la vibración predominante provocadas por la explosión será, en estos casos, inferior a los valores indicados en la norma DIN 4150, en función del tipo de edificio.

Se tomarán las medidas adecuadas para que las voladuras no proyecten fragmentos fuera de las zonas de trabajo y que las sobrepresiones atmosféricas producidas por la voladura no superen los 35 milibares (0,5 psi).

El Plan de Voladuras incluirá los cálculos precisos y las actuaciones oportunas para controlar la onda aérea, vibraciones inducidas y las proyecciones de materiales y defender de ellas y de sus efectos al arbolado contiguo, la superficie circundante y las viviendas y edificaciones próximas.

Se procurará realizar las voladuras en épocas de menor actividad biológica. Este período corresponde fundamentalmente con la primavera, época de cría de las aves.

El Director de Obra podrá modificar estas limitaciones en circunstancias especiales.

El Contratista tomará las medidas adecuadas para evitar el desprendimiento de lajas o roturas en los taludes rocosos.

En las excavaciones subterráneas la relación V/C deberá ser menor de 0,10.

Los almacenes de explosivos serán claramente identificados y estarán situados a más de trescientos metros (300 m) de la carretera o cualquier construcción.

En voladuras se pondrá especial cuidado en la carga y pega de los barrenos, dando aviso de las descargas con antelación suficiente para evitar posibles accidentes. La pega de los barrenos se hará, a ser posible, a hora fija y fuera de la jornada de trabajo, o durante los descansos del personal operario al servicio de la obra en la zona afectada por las voladuras, no permitiéndose la circulación de personas o vehículos dentro del radio de acción de los barrenos, desde cinco minutos (5 min) antes de prenderse el fuego a las mechas hasta después que hayan estallado todos ellos.

Se usará perfectamente el sistema de mando a distancia eléctrico para la pegas, comprobando previamente que no son posibles explosiones incontroladas debido a instalaciones, líneas eléctricas próximas o corrientes

erráticas. En todo caso se emplearán siempre mechas y detonadores de seguridad.

El personal que intervenga en la manipulación y empleo de explosivos deberá ser reconocida práctica y pericia en estos menesteres, y reunirá condiciones adecuadas en relación con la responsabilidad que corresponda a estas operaciones.

El Contratista suministrará, colocará las señales y pondrá el personal necesario para advertir al público de su trabajo con explosivos. La ubicación de la señalización y su estado de conservación garantizará en todo momento su perfecta visibilidad.

En todo caso, el Contratista cuidará especialmente de no poder en peligro vidas o propiedades, y será responsable de los daños que se deriven del empleo de explosivos.

### **1.6.6.7 Emergencias**

El Contratista dispondrá de la organización necesaria para efectuar trabajos urgentes, fuera de las horas de trabajo, necesarios en opinión del

Director de Obra, para solucionar emergencias relacionadas con las obras objeto del Contrato.

El Director de Obra dispondrá en todo momento de una lista actualizada de direcciones y números de teléfono del personal del

Contratista y responsable de la organización de estos trabajos de emergencia.

### **1.6.7 Modificaciones de obra**

Si durante la ejecución de los trabajos surgieran causas que motivaran modificaciones en la realización de los mismos con referencia a lo proyectado o en condiciones diferentes, el Contratista pondrá estos hechos en conocimientos de la Dirección de Obra para que autorice la modificación correspondiente.

En el plazo de veinte días desde la entrega por parte de la Dirección de Obra al Contratista de los documentos en los que se recojan las modificaciones del

Proyecto elaboradas por dicha Dirección, o en su caso simultáneamente con la entrega a la Dirección de Obra por parte del

Contratista de los planos o documentos en los que éste propone la modificación, el Contratista presentará la relación de precios que cubran los nuevos conceptos.

Para el abono de estas obras no previstas o modificadas se aplicará lo indicado en el apartado sobre precios contradictorios.

### **1.6.8 Conservación de las obras ejecutadas durante el plazo de garantía**

El Contratista queda comprometido a conservar a su costa, hasta que sean recibidas, todas las obras que integren el Proyecto. Asimismo queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía establecido en el Pliego de Cláusulas Administrativas

Particulares a partir de la fecha de recepción, por lo cual se le abonarán, previa justificación, los gastos correspondientes. A estos efectos, no serán computables las obras que hayan sufrido deterioro por negligencia u otros motivos que le sean imputables al Contratista, o por cualquier causa que pueda considerarse como evitable. Asimismo los accidentes o deterioros causados por terceros, con motivo de la explotación de la obra, será de obligación del Contratista su reposición y cobro al tercero responsable de la misma.

### **1.6.9 Limpieza final de las obras**

Una vez que las obras se hayan terminado, todas las instalaciones, depósitos y edificios construidos con carácter temporal para el servicio de la obra, deberán ser removidos y los lugares de su emplazamiento restaurados a su forma original.

De análoga manera deberán tratarse los caminos provisionales, incluso los accesos a préstamos y canteras.

Todo ello se ejecutará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas, acordes con el paisaje circundante.

Estos trabajos se considerarán incluidos en el contrato y, por tanto, no serán objeto de abonos directos por su realización.

Las indicaciones técnicas de la Dirección de Obra, no serán objeto de abono como en el caso de los acondicionamientos de terreno cuya disposición sea facilitada por la Administración, debiendo cumplir, asimismo, con las obligaciones que indique la Dirección para el acondicionamiento final de éstas.

### **1.7 Responsabilidad del contratista**

#### **1.7.1 Permisos y licencias**

El Contratista deberá obtener a su costa, los permisos o licencias necesarios para la ejecución de las obras, con excepción de los correspondientes a la expropiación de las zonas definidas en el proyecto.

#### **1.7.2 Seguros**

El Contratista contratará un seguro "a todo riesgo" que cubra cualquier daño o indemnización que se pudiera producir como consecuencia de la realización de los trabajos.

#### **1.7.3 Reclamaciones de terceros**

Todas las reclamaciones por daños que reciba el Contratista serán notificadas por escrito y sin demora al Director de Obra.

La Dirección de Obra notificará al contratista de las quejas recibidas.

El Contratista notificará al Director de Obra por escrito y sin demora cualquier accidente o daño que se produzca durante la ejecución de los trabajos.

El Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar cualquier clase de daños a terceros y atenderá a la mayor brevedad, las reclamaciones de propietarios afectados que sean aceptadas por el Director de Obra.

En el caso de que produjesen daños a terceros, el Contratista informará de ellos al Director de Obra y a los afectados. El Contratista repondrá el bien a su

situación original con la máxima rapidez, especialmente si se trata de un servicio público fundamental o si hay riesgos importantes.

### **1.8 Medición y abono**

#### **1.8.1 Abono de las obras**

Salvo indicación en contra, de los Pliegos de Licitación y/o del Contrato de Adjudicación, las obras contratadas se pagarán como "Trabajos a precios unitarios" aplicando los precios unitarios a las unidades de obra resultantes.

Asimismo podrán liquidarse en su totalidad o en parte, por medio de partidas alzadas de acuerdo con las indicaciones del Cuadro de Precios del Proyecto.

En todos los casos de liquidación por aplicación de precios unitarios las cantidades a tener en cuenta se establecerán en base a las cubicaciones deducidas de las mediciones.

Las mediciones son los datos recogidos de los elementos cualitativos y cuantitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados; constituyen comprobación de un cierto estado de hecho y se realizarán por la Dirección de Obra quien la presentará al Contratista para su comprobación y comentarios.

El Contratista está obligado a pedir (a su debido tiempo) la presencia de la Dirección de Obra, para la toma contradictoria de mediciones en los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobaciones o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que debe proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la Dirección de Obra con todas sus consecuencias.

##### **1.8.1.1 Certificaciones**

Salvo indicación en contra de los Pliegos de Licitación y/o del Contrato de Adjudicación, todos los pagos se realizarán contra certificaciones mensuales de obras ejecutadas.

La Dirección de Obra redactará, a fin de cada mes, una relación valorada provisional de los trabajos ejecutados en el mes precedente y a origen para que sirva para redactar la certificación correspondiente, procediéndose según lo

especificado en el pliego de Cláusulas Administrativas Generales para los contratos del Estado.

Se aplicarán los precios de contrato o bien los contradictorios que hayan sido aprobados por la Dirección de Obra.

Los precios de contrato son fijos y con la revisión si hubiere que marque el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

El abono del importe de una certificación se efectuará siempre a buena cuenta y pendiente de la certificación definitiva, con reducción del importe establecido como garantía, y considerándose los abonos y deducciones complementarias que pudieran resultar de las cláusulas del Contrato de Adjudicación. A la terminación total de los trabajos se establecerá una certificación general y definitiva.

El abono de la suma debida al Contratista, después del establecimiento y la aceptación de la certificación definitiva y deducidos los pagos parciales ya realizados, se efectuará, deduciéndose la retención de garantía y aquellas otras que resulten por aplicación de las cláusulas del Contrato de Adjudicación y/o Pliegos de Licitación.

Las certificaciones provisionales mensuales, y las certificaciones definitivas, se establecerán de manera que aparezca separadamente, acumulado desde el origen, el importe de los trabajos liquidados por administración y el importe global de los otros trabajos.

En todos los casos los pagos se efectuarán de la forma que se especifique en el Contrato de Adjudicación, Pliegos de Licitación y/o fórmula acordada en la adjudicación con el Contratista.

### **1.8.1.2 Precios de aplicación**

Los precios unitarios, elementales y alzados de ejecución material a utilizar, serán los que resulten de la aplicación de la baja realizada por el

Contratista en su oferta, a todos los precios correspondientes del proyecto, salvo en aquellas unidades especificadas explícitamente en los correspondientes artículos del capítulo "unidades de obra" de este Pliego, en las cuales se considere una rebaja al ser sustituido un material de préstamo, cantera o

cualquier otra procedencia externa, por otro obtenido en los trabajos efectuados en la propia obra.

Todos los precios unitarios o alzados de "ejecución material" comprenden sin excepción ni reserva, la totalidad de los gastos y cargas ocasionados por la ejecución de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos, comprendidos los que resulten de las obligaciones impuestas al

Contratista por los diferentes documentos del contrato y especialmente por el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Estos precios comprenderán todos los gastos necesarios para la ejecución de los trabajos correspondientes hasta su completa terminación y puesta a punto, a fin de que sirvan para el objeto que fueron proyectados y, en especial los siguientes:

- Los gastos de mano de obra, de materiales de consumo y de suministros diversos, incluidas terminaciones y acabados que sean necesarios, aún cuando no se hayan descrito expresamente en la justificación de precios unitarios.
- Los gastos de la maquinaria de cualquier tipo necesaria para la correcta ejecución y montaje de las distintas unidades de obra.
- Los gastos de planificación, coordinación y control de calidad.
- Los gastos de realización de cálculos, planos o croquis de construcción.
- Los gastos de almacenaje, carga, transporte, descarga, herramientas y personal necesario.
- Los gastos de transporte, funcionamiento, conservación y reparación del equipo auxiliar de obra, así como los gastos de depreciación o amortización del mismo.
- Los gastos de ejecución y conservación de los caminos auxiliares de acceso de otras obras provisionales.
- Los gastos de energía eléctrica para fuerza motriz y alumbrado, salvo indicación expresa en contrario.
- Los seguros de toda clase.
- Los gastos de financiación.

En los precios de "ejecución por contrata" obtenidos según los criterios de los Pliegos de Licitación o Contrato de Adjudicación, están incluidos además:

- Los gastos generales y el beneficio industrial.
- Los impuestos y tasas de toda clase.

Los precios cubren igualmente:

- a. Los gastos no recuperables relativos al estudio y establecimiento de todas las instalaciones auxiliares, salvo indicación expresa de que se pagará separadamente.
- b. Los gastos no recuperables relativos al desmontaje y retirada de todas las instalaciones auxiliares, incluyendo el arreglo de los terrenos correspondientes, a excepción de que se indique expresamente que será pagados separadamente.

Aquellas unidades que no se relacionan específicamente en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se abonarán completamente terminadas con arreglo a condiciones a los precios fijados en el cuadro N° 1 que comprenden todos los gastos necesarios para su ejecución, entendiendo que al decir completamente terminadas se incluyen materiales, medios auxiliares, pinturas, pruebas, puesta en servicio y todos cuantos elementos u operaciones se precisen para el uso de las unidades en cuestión.

Salvo los casos previstos en el presente Pliego, el Contratista no puede, bajo ningún pretexto, pedir la modificación de los precios de adjudicación.

### **1.8.1.3 Partidas alzadas**

Son partidas del presupuesto correspondiente a la ejecución de una obra, o de una de sus partes, en cualquiera de los siguientes supuestos:

- Por un precio fijo definido con anterioridad a la realización de los trabajos y sin descomposición en los precios unitarios (partida alzada de abono íntegro).

- Justificándose la facturación a su cargo mediante la aplicación de precios unitarios elementales o alzados existentes a mediciones reales cuya definición resulte imprecisa en la fase de proyecto (Partida alzada a justificar).

En el primer caso la partida se abonará completa tras la realización de la obra en ella definida y en las condiciones especificadas, mientras que en el segundo supuesto sólo se certificará el importe resultante de la medición real, siendo discrecional para la Dirección de Obra la disponibilidad uso total o parcial de las mismas, sin que el Contratista tenga derecho a reclamación por este concepto.

Las partidas alzadas tendrán el mismo tratamiento en cuanto a su clasificación (ejecución material y por contrata) que el indicado para los precios unitarios y elementales.

### ***1.8.1.4 Trabajos no autorizados y trabajos defectuosos***

No serán de abono los trabajos no contemplados en el Proyecto y realizados sin la autorización escrita de la Dirección de Obra, así como aquellos trabajos defectuosos que deberán ser demolidos y repuestos en los niveles de calidad exigidos en el Proyecto.

No obstante si alguna unidad de obra que no se haya ejecutado exactamente con arreglo a las condiciones estipuladas en los Pliegos y/o en los Planos del Proyecto o en los croquis aceptados por la Dirección de Obra, y fuesen sin embargo, admisible a juicio de la Dirección de Obra, podrá ser recibida, pero el Contratista quedará obligado a conformarse sin derecho a reclamación de ningún género, con la rebaja económica que se determine, salvo el caso en que el Contratista prefiera demolerla a su costa y rehacerla con arreglo a las condiciones del Proyecto dentro del plazo contractual establecido.

### ***1.8.1.5 Unidades de obra incompletas***

Cuando por rescisión u otra circunstancia fuera preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios del cuadro Nº 2 sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra distinta a la valoración de dicho cuadro, ni

que tenga derecho el Contratista a reclamación alguna por insuficiencia u omisión del coste de cualquier elemento que constituye el precio. Las partidas que componen la descomposición del precio serán de abono, cuando estén acopiadas la totalidad del material, incluidos los accesorios, o realizada en su totalidad las labores u operaciones que determinan la definición de la partida ya que el criterio a seguir ha de ser que sólo se consideran abonables fases con ejecución terminada, perdiendo el Contratista todos los derechos en el caso de dejarlas incompletas.

### **1.8.1.6 Excesos de obra**

Cualquier exceso de obra que no haya sido autorizado por escrito por el Director de Obra no será de abono.

El Director de Obra podrá decidir en este caso, que se realice la restitución necesaria para ajustar la obra a la definición del Proyecto, en cuyo caso serán de cuenta del Contratista todos los gastos que ello ocasione.

### **1.8.1.7 Abono de materiales acopiados**

La Dirección de Obra se reserva la facultad de hacer al Contratista a petición de éste, abonos sobre el precio de ciertos materiales acopiados en la obra, adquiridos en plena propiedad y efectivamente pagados por el Contratista.

Los abonos serán calculados por aplicación de los precios elementales que figuran en los cuadros de precios.

Si los cuadros de precios no especifican los precios elementales necesarios, los abonos pueden ser calculados a base de las facturas presentadas por el Contratista.

Los materiales acopiados sobre los que se han realizado los abonos, no podrán ser retirados de la obra sin la autorización de la Dirección de Obra y sin el reembolso previo de los abonos.

Los abonos sobre acopios serán descontados de las certificaciones provisionales mensuales, en la medida que los materiales hayan sido empleados en la ejecución de la obra correspondiente.

Los abonos realizados sobre acopio de materiales no podrán ser invocados por el Contratista para atenuar su responsabilidad, relativa a la buena conservación hasta su utilización, del conjunto de los acopios. El

Contratista es responsable en cualquier situación de los acopios constituidos en la obra para sus trabajos, cualquiera que sea su origen.

Los abonos adelantados en concepto de acopios no obligan a la Dirección de Obra en cuanto a aceptación de precios elementales para materiales, siendo únicamente representativos de cantidades a cuenta.

### **1.8.2 Precios contradictorios**

Si el desarrollo de la obra hiciera necesaria la ejecución de unidades, de las cuales no existieran precios en los cuadros de precios de este Proyecto, se formularán conjuntamente por la Dirección de Obra y el Contratista, los correspondientes precios unitarios.

Los precios auxiliares (materiales, maquinaria y mano de obra) y los rendimientos medios a utilizar en la formación de los nuevos precios, serán los que figuren en el Anejo de Justificación de Precios, del presente Proyecto tanto en el listado de precios elementales como en la descomposición de precios.

El precio de aplicación será fijado por la Administración, a la vista de la propuesta del Director de Obra y de las observaciones del Contratista.

### **1.8.3 Gastos por cuenta del contratista**

De forma general son aquellos especificados como tales en los capítulos de este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y que se entienden repercutidos por el Contratista en los diferentes precios unitarios, elementales y/o alzados, como se señala en el apartado segundo del presente Artículo.

## **1.9 Oficina de obra**

### **1.9.1 Oficina de la Administración en obra**

Como complemento del pliego de cláusulas Administrativas Generales, para la Contratación de Obras del Estado, se prescribe la obligación por parte del Contratista de poner a disposición del Director de

Obra las dependencias suficientes (dentro del área de su oficina de obra) para las instalaciones que pueda necesitar para el control y vigilancia de las obras. Se instalará una oficina en obra para uso exclusivo de los servicios técnicos de la Dirección de Obra. La superficie útil de las citadas oficinas será como mínimo de 100 m<sup>2</sup>.

Estas instalaciones estarán construidas y equipadas con los servicios de agua, saneamiento, servicios, duchas, luz, y aire acondicionado, teléfono y fax, de forma que estén disponibles para su ocupación y uso a los treinta días de la fecha de comienzo de los trabajos y hasta la finalización de los mismos.

El Contratista facilitará un equipo de limpieza, como mínimo tres días a la semana, hasta la terminación de los trabajos.

El teléfono y fax de estas oficinas serán totalmente independientes, de forma que asegure su privacidad.

El costo de la instalación y los gastos correspondientes durante toda la duración de la obra serán a cargo del Contratista y se entenderán repercutidos en los costos indirectos de la obra.

### **1.10 Desvíos y señalización**

#### **1.10.1 Desvíos provisionales**

##### **1.10.1.1 Definición**

Se define como desvíos provisionales y señalización durante la ejecución de las obras, al conjunto de obras accesorias, medidas y precauciones que el Contratista está obligado a realizar y adoptar durante la ejecución de las obras para mantener la circulación en condiciones de seguridad.

Durante dicho período el Contratista tendrá en cuenta lo previsto en el pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de

Obras del Estado, las aclaraciones complementarias de la Dirección General de Carreteras, norma de carreteras sobre señalización de obras y demás disposiciones al respecto que pudiesen entrar en vigor antes de la terminación de las obras.

### **1.10.1.2 Normas generales**

El Contratista estará obligado a establecer contacto, antes de dar comienzo a las obras, con el Director de la Obra, con el fin de recibir del mismo las instrucciones particulares referentes a las medidas de seguridad a adoptar así como las autorizaciones escritas que se consideren eventualmente necesarias y cualquier otra prescripción que se considere conveniente.

El Contratista informará anticipadamente al Director de Obra acerca de cualquier variación de los trabajos.

En el caso de que se observe falta de cumplimiento de las presentes normas, las obras quedarán interrumpidas hasta que el Contratista haya dado cumplimiento a las disposiciones recibidas.

En el caso de producirse incidentes o cualquier clase de hechos lesivos para los usuarios o sus bienes por efecto de falta de cumplimiento de las Normas de Seguridad, la responsabilidad de aquéllos recaerá sobre el Contratista, el cual asumirá las consecuencias de carácter legal.

Ninguna obra podrá realizarse en caso de niebla, de precipitaciones de nieve o condiciones que puedan, de alguna manera, limitar la visibilidad o las características de adherencia del piso.

En el caso de que aquellas condiciones negativas se produzcan una vez iniciadas las obras, éstas deberán ser suspendidas inmediatamente, con la separación de todos y cada uno de los elementos utilizados en las mismas y de sus correspondientes señalizaciones.

La presente norma no se aplica a los trabajos que tiene carácter de necesidad absoluta en todos los casos de eliminación de situaciones de peligro para la circulación. Tal carácter deberá ser decidido en todo caso por el Ingeniero Director, a quien compete cualquier decisión al respecto.

El Director de Obra ratificará o rectificará el tipo de señal a emplear conforme a las normas vigentes en el momento de la construcción, siendo de cuenta y responsabilidad del Contratista el establecimiento, vigilancia y conservación de las señales que sean necesarias.

El Contratista señalará la existencia de zanjas abiertas, impedirá el acceso a ellas a todas las personas ajenas a la obra y vallará toda zona peligrosa,

debiendo establecer la vigilancia necesaria, en especial por la noche, para evitar daños al tráfico y a las personas que hayan de atravesar la zona de las obras.

El Contratista bajo su cuenta y responsabilidad, asegurará el mantenimiento del tráfico en todo momento durante la ejecución de las obras.

Cuando la ausencia de personal de vigilancia o un acto de negligencia del mismo produzca un accidente o cualquier hecho lesivo para los usuarios o sus bienes, la responsabilidad recaerá sobre el Contratista, el cual asumirá todas las consecuencias de carácter legal.

A la terminación de las obras, el Contratista deberá dejar perfectamente limpio y despejado el tramo de calzada que se ocupó, sacando toda clase de materiales y de desperdicios de cualquier tipo que existieran allí por causa de la obra.

Si se precisase realizar posteriores operaciones de limpieza debido a la negligencia del Contratista, serán efectuadas por el personal de conservación, con cargo al Contratista.

En los casos no previstos en estas normas o bien en situaciones de excepción (trabajos de realización imprescindible en condiciones precarias de tráfico o de visibilidad), el Director de Obra podrá dictar al Contratista disposiciones especiales en sustitución o en derogación de las presentes normas.

### **1.10.2 Señalización y balizamiento de las obras**

El Contratista colocará a su costa la señalización y balizamiento de las obras con la situación y características que indiquen las ordenanzas y autoridades competentes y el Proyecto de Seguridad. Asimismo, cuidará de su conservación para que sirvan al uso al que fueron destinados, durante el período de ejecución de las obras.

Si alguna de las señales o balizas deben permanecer, incluso con posterioridad a la finalización de las obras, se ejecutará de forma definitiva en el primer momento en que sea posible.

Se cumplirán en cualquier caso los extremos que a continuación se relacionan, siempre y cuando no estén en contradicción con el Estudio de Seguridad y Salud:

- Las vallas de protección distarán no menos de 1 m del borde de la excavación o de la zanja cuando se prevea paso de peatones paralelo a la dirección de la misma y no menos de 2 m cuando se prevea paso de vehículos.
- Cuando los vehículos circulen en sentido normal al borde de la excavación o al eje de la zanja, la zona acotada se ampliará a dos veces la profundidad de la excavación o zanja en este punto, siendo la anchura mínima 4 m y limitándose la velocidad en cualquier caso.
- El acopio de materiales y tierras extraídas en cortes de profundidad mayor de 1,30 m se dispondrá a una distancia no menor de 2 m de borde.
- En las zanjas o pozos de profundidad mayor de 1,30 m siempre que haya operarios trabajando en el interior, se mantendrá uno de retén en el exterior.
- La iluminación se efectuará mediante lámparas situadas cada 10 m.
- Las zanjas de profundidad mayor de 1,30 m estarán provistas de escaleras que rebasen 1 m la parte superior del corte.
- En zona urbana las zanjas estará completamente circundadas por vallas.
- En zona rural las zanjas estarán acotadas vallando la zona de paso o en la que se presuma riesgo para peatones, animales o vehículos.
- Las zonas de construcción de obras singulares, estarán completamente valladas.
- Al finalizar la jornada o en interrupciones largas, se protegerán las bocas de los pozos de profundidad > 1,30 m con un tablero resistente, red o elemento equivalente.
- Como complemento a los cierres de zanja se colocarán todas las señales de tráfico incluidas en el código de circulación que sean necesarias.

### **1.10.3 Consideraciones especiales sobre cruces de cauces de ríos y arroyos, calles, ferrocarriles, gas y otros servicios**

Antes del comienzo de los trabajos que afecten al uso de carreteras, viales o vías ferroviarias, a cauces o a otros servicios, el Contratista propondrá el sistema constructivo que deberá ser aprobado por escrito por el Director de Obra y el Organismo responsable.

Durante la ejecución de los trabajos el Contratista seguirá las instrucciones previa notificación y aceptación del Director de Obra, hechas por el Organismo afectado.

Todas las instrucciones de otros Organismos deberán dirigirse al Director de Obra pero si estos Organismos se dirigiesen al Contratista para darle instrucciones, el Contratista las notificará al Director de Obra para su aprobación por escrito.

El Contratista tomará las medidas adecuadas para evitar que los vehículos que abandonen las zonas de obras depositen restos de tierra, barro, etc., en las calles adyacentes. En todo caso eliminará rápidamente estos depósitos.

El Contratista mantendrá en funcionamiento los servicios afectados, tanto los que deba reponer como aquellos que deban ser repuestos por los

Organismos competentes. En el caso de conducciones de abastecimiento y saneamiento, deberá mantener la circulación de aguas potables y residuales en los conductos existentes durante la ejecución de las obras que afecten a los mismos, efectuando en su caso los desvíos provisionales necesarios que, previa aprobación por la Dirección de Obra, se abonarán a los precios del cuadro Nº 1 que le fueran aplicables. Los citados desvíos provisionales serán totalmente estancos.

El Contratista dispondrá del equipo de seguridad necesario para acceder con garantías a conducciones, arquetas y pozos de registro. El Contratista dispondrá de un equipo de detección de gas, el cual estará en todo momento accesible al personal del Director de Obra. El equipo incluirá sistemas de detección del anhídrido sulfhídrico.

### **1.10.4 Carteles y anuncios**

Podrán ponerse en las obras las inscripciones que acrediten su ejecución por el Contratista. A tales efectos, éste cumplirá las instrucciones que tenga establecidas la Propiedad y en su defecto las que dé el Director de Obra.

Por otra parte, el Contratista estará obligado a colocar dos carteles informativos de la obra a realizar, en los lugares indicados por la Dirección de Obra, de acuerdo a las siguientes características:

- Dimensiones máximas 4.500 mm. x 3.150 mm. con una relación máxima entre dimensiones horizontal y vertical de 0,6.
- Perfiles extorsionados de aluminio modulable (174 x 45 mm) esmaltados y rotulados en castellano, en los que debe aparecer como mínimo la propiedad, el contratista y la ingeniería consultora redactora del proyecto.
- Soporte de IPN 140, placas base y anclajes galvanizados.

El costo de los carteles y accesorios, así como la instalación y retirada de los mismos, será por cuenta del Contratista.

## **1.11 Recepción y certificación final**

### **1.11.1 Proyecto de liquidación**

El Contratista entregará a la Dirección de Obra para su aprobación todos los croquis y planos de obra realmente construida y que supongan modificaciones respecto al Proyecto o, permitan y hayan servido para establecer las ediciones de las certificaciones.

Con toda esta documentación debidamente aprobada, o los planos y mediciones contradictorios de la Dirección de Obra en su caso, se constituirá el Proyecto de liquidación, en base al cual se realizará la liquidación de las obras en una certificación única final según lo indicado en el apartado sobre certificaciones.

### **1.11.2 Recepción de las obras**

Al término de la ejecución de las obras se comprobará que hayan sido terminadas con arreglo a las condiciones prescritas, en cuyo caso se llevará a cabo la recepción según lo establecido en el RD 3/2011, de 14 de noviembre.

En el Acta de Recepción se hará constar las deficiencias que, a juicio de la Dirección de Obra, deben ser subsanadas por el Contratista; estipulándose un plazo para llevar a cabo las subsanaciones. Si transcurrido dicho plazo el contratista no lo hubiera efectuado, podrá concedérsele otro nuevo plazo improrrogable o declarar resuelto el contrato.

### **1.11.3 Periodo de garantía, responsabilidad del contratista**

El plazo de garantía a contar desde la recepción de las obras, será el establecido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, durante el cual el Contratista tendrá a su cargo la conservación ordinaria de aquéllas cualquiera que fuera la naturaleza de los trabajos a realizar, siempre que no fueran motivados por causas de fuerza mayor. Igualmente deberá subsanar aquellos extremos que se reflejaron en el acta de recepción de las obras. No será inferior a un año, salvo casos especiales.

Serán de cuenta del Contratista los gastos correspondientes a las pruebas generales que durante el período de garantía hubieran de hacerse, siempre que hubiese quedado así indicado en el acta de recepción de las obras.

El período de garantía para las actuaciones relacionadas con las siembras y plantaciones, descritas en el Proyecto de Tratamiento paisajístico, será el establecido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

Durante ese período de garantía se establecerá un mantenimiento y conservación de las plantas, siembras, y obras relacionadas, tal y como se especifica en el Pliego de Prescripciones Particulares del Proyecto Paisajístico.

El mantenimiento comprende todos aquellos trabajos que son necesarios realizar de forma periódica, diaria o estacional, sobre las zonas plantadas para permitir su evolución y desarrollo tal y como habían sido diseñadas en el proyecto y así alcanzar las características funcionales y botánicas que las

definen y diferencian, así como para obtener aumentos en el valor ornamental para el que han sido a menudo plantadas.

Para el mantenimiento y conservación se establece en el Presupuesto una partida de mantenimiento y conservación de plantaciones a lo largo del período de garantía. La Dirección de Obra, realizará cuantas inspecciones juzgue oportunas para ordenar el buen mantenimiento de las plantas, siembras y construcciones.

En lo que se refiere a la responsabilidad del Contratista corresponde a la Dirección de Obra juzgar la verdadera causa de los deterioros o deficiencias, decidiendo a quién corresponde afrontar los costes de las reparaciones.

Si la obra se arruina con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido al incumplimiento del contrato por parte del contratista, responderá éste de los daños y perjuicios durante el término de quince años a contar desde la recepción. Transcurrido este plazo sin que se haya manifestado ningún daño o perjuicio, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del contratista.

#### **1.11.4 Certificación final**

Dentro del plazo de tres meses contados a partir de la recepción, el órgano de contratación deberá aprobar la certificación final de las obras ejecutadas, que será abonada al contratista a cuenta de la liquidación del contrato.

## **2 CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS**

### **2.1 Objeto**

El objeto de este documento es definir inequívocamente las condiciones técnicas y particulares en la adquisición de cualquier pieza fabricada en acero que forme parte de la maquinaria hidráulica, así como de las condiciones que ha de reunir para estar dentro de los requerimientos exigibles en el presente proyecto.

Para conseguir esto, se han de definir los métodos de control, los procedimientos, la interpretación de resultados, los criterios de aceptación y los documentos, informes y registros necesarios para los controles de recepción o los realizados durante la fabricación en los talleres del suministrador o del constructor.

### **2.2 Partes implicadas**

Se empleará la siguiente terminología para referirse a las diferentes partes implicadas en el desarrollo del presente proyecto:

- Suministrador: es el que se ocupa de la fabricación y entrega de las piezas conformadas por moldeo, mecanizado, o cualquier otro método de fabricación. Estas piezas son las subcontratadas por el constructor como elementos a partir de los que desarrollará sus propios productos.
- Constructor: es el poseedor del contrato (o el representante del mismo). Es el encargado del diseño, fabricación e instalación de la maquinaria y equipamiento hidráulico.
- Cliente: el comprador de la máquina hidráulica y el resto del equipamiento para ser puesto en servicio en sus instalaciones (o el representante del mismo).

La opinión dada por el constructor respecto a los medios de control, su puesta en ejecución, o los resultados obtenidos, será preponderante.

### **2.3 Especificaciones técnicas generales de recepción**

#### **2.3.1 Disposiciones generales**

##### **2.3.1.1 Introducción**

Las actividades relacionadas con la compra y recepción del producto seguirán las condiciones que establece la norma ISO 9001 con la condición de que exista alguna certificación realizada por un organismo acreditado por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación). En caso de no existir esta certificación, el cumplimiento de las condiciones establecidas por la norma en cuanto a las actividades señaladas no será obligatorio, aunque sí recomendable. Por esta

razón, se incluirán como parte integrante del Pliego de Condiciones un extracto de los puntos más interesantes de la norma en lo relativo a compras y recepción de productos.

Téngase en cuenta que el cumplimiento de los puntos establecidos en el Pliego de Condiciones no garantiza la conformidad del producto adquirido con los requisitos definidos en la norma ISO 9001, a menos que el producto (ya sea una empresa, un proceso, un producto o un determinado servicio del suministrador) esté certificado por una entidad de certificación acreditada.

### **2.3.1.2 Compras**

Será preciso establecer y se conservar procedimientos documentados para asegurar que los materiales comprados satisfacen los requerimientos especificados.

### **2.3.1.3 Evaluación de subcontratistas**

Por un lado, se procederá a la evaluación y selección de los posibles subcontratistas teniendo en cuenta su sistema de calidad y los requisitos aplicables a cada uno de ellos.

Se deberán definir los tipos de subcontratistas y los controles a efectuar sobre los mismos, asimismo, se establecerán y mantendrán registros de los subcontratistas que resulten aceptables.

Para aquellas compras de tipo repetitivo, puede ser útil elaborar una lista de proveedores y subcontratistas aprobados, a la que el departamento de compras se ceñirá a la hora de realizar las compras anteriormente mencionadas.

Deberá estar claramente definida la responsabilidad interna para la aprobación de esta lista, así como los criterios a seguir para la incorporación de un proveedor a la lista y para su mantenimiento o exclusión de la misma, esto es, la evaluación y el seguimiento del mismo.

El suministrador deberá demostrar de forma fehaciente su aptitud para el desempeño de todas las actividades concretadas en las especificaciones de calidad que adjunte a la oferta que realice al constructor.

La capacidad técnica deberá mostrarse con aprobación de prototipos o primeras piezas, mientras que la capacidad de aseguramiento de la calidad vendrá dada por auditorias de calidad, certificaciones externas ostentadas por éste, experiencia histórica u otras formas que se consideren adecuadas.

En las especificaciones de calidad podrán incluirse el diseño de los productos, su fabricación, instalación, el servicio posventa que se preste, así como la inspección y el ensayo de los mismos antes de que ser suministrados.

En general, el suministrador deberá poseer las instalaciones técnicas necesarias y otras capacidades que serán detalladas en las especificaciones de calidad. Entre estas figuran habitualmente por ser comunes en la fundición de piezas de acero para máquinas hidráulicas, las siguientes:

- Conocimiento adecuado de la metalurgia de su acero.
- Conocimiento adecuado de los procesos de conformado que se realizarán en sus instalaciones, entre ellas figuran el moldeo, forjado, mecanizado, y las que se consideren necesarias para la fabricación de piezas pertenecientes a maquinaria hidráulica.
- Conocimiento adecuado de los tratamientos térmicos que pudieran ser necesarios y de los electrodos que pudieran necesitarse.
- Soldadores de cualificación suficiente para el trabajo a realizar.
- Medios y personal adecuados para la realización de ensayos no destructivos a las piezas que se vayan a suministrar.

### 1.1.1.1.3 Datos necesarios en las compras

Para garantizar en todo momento la correcta identificación de los productos comprados será necesario contar por lo menos con:

- Identificación: incluyendo tipo, clase y aquellos datos que se consideren necesario.
- Especificaciones, planos, etc... indicando la revisión a la que pertenezca.
- Sistema de calidad empleado (por ejemplo ISO 9001) en el caso de que esto sea necesario.

### 1.1.1.1.4 Identificación y especificaciones del producto

Si procede, se establecerá y mantendrá un procedimiento que permita identificar el producto a partir de las especificaciones que deba cumplir, durante la totalidad de las etapas de la fabricación de este y su entrega. Las características mínimas de los productos serán establecidas por la empresa en función de sus criterios y las exigencias indicadas en las especificaciones de calidad.

### 1.1.1.1.5 Verificación en origen de los productos comprados

La verificación en origen de los productos comprados podrá ser realizada de dos maneras diferentes:

- Por el proveedor, esto es, el suministrador cuando provee al constructor y este último cuando provee al cliente.
- Por el cliente, o sea, aquel que realiza la compra.

En los casos antes mencionados, implicará que la inspección será llevada cabo por el constructor o el cliente.

### 1.1.1.1.6 Inspección y ensayos

Será preciso establecer y se conservar procedimientos documentados para las inspecciones y ensayos requeridos para comprobar que los productos cumplen las especificaciones de calidad referidas a ellos.

### 1.1.1.1.7 . Inspección y ensayos en recepción

En la recepción de suministros habrán de seguirse una serie de indicaciones genéricas, entre las que figuran el no emplear productos que no se hayan sometido a las inspecciones y ensayos previstos en las especificaciones de calidad para los mismos.

Para determinar la cantidad y tipo de inspección y ensayo debe tenerse en cuenta el control ejercido en origen y la evidencia que exista de ello.

Si por necesidades de fabricación es imprescindible el empleo de materiales sin inspeccionar, debe identificarse por si es necesario repescarlo.

Los ensayos de recepción en la Fundición están definidos por la "Especificación de Calidad". Entre lo que se puede incluir figura la verificación de la composición química, de las características mecánicas, así como los ensayos no destructivos que fuesen necesarios. Estos ensayos serán efectuados por el suministrador en presencia del constructor y/o el cliente, si así ha sido requerido previamente en el pedido realizado. En el caso de que el suministrador deba cumplir el requisito anterior, deberá avisar por escrito al constructor con un plazo mínimo de una semana antes de la fecha en que los ensayos vayan a ser realizados. El constructor deberá confirmar al suministrador la fecha de su llegada y la de su cliente (o la de ambos si así fuera) a los talleres del suministrador.

#### 1.1.1.1.8 Registros de inspección y ensayo

Se deberán definir y conservar los registros que prueben que los productos han sido inspeccionados y ensayados. En estos deberá figurar obligatoriamente el hecho de que los productos hayan superado o no los criterios de aceptación que se hubiesen establecido.

#### 1.1.1.1.9 Control de los equipos de inspección, medida y ensayo

Será necesario establecer y mantener procedimientos documentados para controlar, calibrar y mantener los equipos de inspección, medición y ensayo que se empleen para demostrar la conformidad del producto según las especificaciones que deba cumplir el mismo. La incertidumbre de estos equipos debe ser conocida y adecuada con las necesidades de medida que deba realizar.

#### 1.1.1.1.10 Procedimientos de control

Para controlar las especificaciones de los productos se procederá, en primer lugar, a determinar las medidas a tomar y la incertidumbre requerida.

Se identificarán y calibrarán los equipos periódicamente o al menos antes de su uso, utilizando patrones que sigan los estándares internacionales.

Los diversos equipos de inspección, medida y ensayo deberán ser calibrados según un procedimiento escrito, además, llevarán un indicador del estado de calibración de los mismos y se mantendrán los registros de calibración.

Si se detecta que un instrumento no está bien calibrado, se investigarán las medidas realizadas anteriormente por el mismo. Se asegurará que las condiciones ambientales son adecuadas para la calibración o la realización de medidas por el mismo. La manipulación, preservación y almacenaje de los equipos será la adecuada para los mismos y se protegerán los mandos de ajuste de estos.

Si no se está totalmente seguro de que las indicaciones de los aparatos de medida son correctas se podrían provocar problemas importantes, por lo que no se deberán tomar decisiones basadas en estas medidas. Por esto se establecerá un sistema de confirmación meteorológica que confirme el estado de calibración de los instrumentos utilizados y que permitirán que las medidas tengan una calidad adecuada. El fabricante del equipo recomienda un intervalo en los manuales y los laboratorios de calibración pueden recomendar en base a su experiencia. Sin embargo, la responsabilidad para fijar el intervalo entre calibraciones recae sobre la empresa, quien la fija en base a las recomendaciones anteriores, el uso previsto y el histórico de calibraciones anteriores.

No es preciso tener calibrados aquellos equipos para los que no se prevea su utilización en un futuro ya que el período de validez de la calibración los superaría de forma improductiva. Pero estos equipos deberán estar identificados para impedir su uso por error.

Cuando se cuente con un conjunto de dos o más equipos iguales o similares, puede ser útil la adquisición de patrones de transferencia y realizar las calibraciones internamente.

Naturalmente, este patrón será preciso enviarlo periódicamente a un laboratorio externo a calibrar. No es preciso que los laboratorios de calibración externos tengan un reconocimiento oficial (en España RELE calibración, antes Sistema de Calibración Industrial). En caso de que el laboratorio externo no poseyera un reconocimiento oficial, será necesario comprobar que sus patrones

son compatibles con los estándares internacionales y que sus procedimientos de calibración son adecuados. El método de cálculo de la incertidumbre de la medida responde a la buena práctica, el laboratorio cuenta con medios y condiciones adecuadas, y su personal cuenta con la formación necesaria.

### 1.1.1.1.11 Estado de inspección y ensayos

Es preciso señalar de manera precisa el estado de inspección y ensayos en el que se encuentren los distintos productos: aceptados, rechazados y pendientes.

La señalización del estado de inspección de los productos se puede efectuar mediante distintos procedimientos, como:

- Marcas.
- Estampillas autorizadas.
- Etiquetas.
- Hojas de ruta.
- Registros de inspección de las zonas señalizadas.

También se podrá utilizar cualquier medio que se juzgue adecuado para indicar la conformidad (o no) de los productos respecto a las especificaciones que se esperan de ellos.

### **2.3.1.4 Control de productos no conformes**

Los productos no conformes son aquellos que no satisfacen los requerimientos indicados en la "Especificación de Calidad", por ello no deben ser utilizados. Para evitar su empleo por error, se establecerán y mantendrán procedimientos documentados adecuados: se incluirá su identificación, documentación, evaluación, separación y las áreas afectadas de estos productos.

### 1.1.1.1.12 Examen y tratamiento de los productos no conformes

Previamente se deberá fijar la responsabilidad de la revisión de estos productos y la autoridad para elegir el tratamiento que se les dará a posteriori, esto es:

- Reprocesarlos hasta alcanzar los requerimientos especificados.
- Repararlos.
- Aceptarlos en su estado no conforme.
- Destinarlos para otros usos en los que sean adecuados.
- Eliminarlos.

Una vez detectado un material no conforme es preciso proceder a su identificación, separación y tomar una decisión sobre su tratamiento posterior. Para ello, es necesario que esté claramente especificado quién es el encargado en la organización de tomar este tipo de decisiones.

Cuando la no conformidad afecte además de a los requisitos internos, a los requisitos contractuales, se deberá informar al cliente y solicitar su aprobación formal respecto a la decisión que se tome. La concesión es una autorización escrita para utilizar o entregar el producto no conforme con los requisitos especificados para el mismo, pudiéndose emplear para otros usos en los que sea adecuado.

El suministrador es responsable respecto al constructor y éste para con el cliente, de comunicar a tiempo todas las no conformidades respecto al Pliego de Condiciones y al pedido.

### 2.3.2 Especificaciones de calidad

La "Especificación de Calidad" es un documento donde se establecen todos los requerimientos que han de cumplir los productos, procesos, condiciones de ensayos, y aquello que se considere también necesario.

Los criterios de aceptación podrán servir de orientación para la elección de las exigencias industrialmente razonables. La selección de las inspecciones o ensayos es competencia y responsabilidad de la empresa y de acuerdo con lo

establecido por los reglamentos aplicables, los cuales pueden exigir unas inspecciones o ensayos encaminados a la "demostración de la calidad".

La "Especificación de Calidad" establece el número y las condiciones que tienen que cumplir esas inspecciones o ensayos para que sean fiables y otros requerimientos generales o relacionados con las operaciones de fabricación y control de los productos. Entre ellas figuran:

- El o los organismos encargados de la recepción.
- Las prescripciones encaminadas a la verificación de propiedades químicas y mecánicas de los productos.
- La preparación de las superficies a inspeccionar y cuáles serán estas.
- Cómo se extrapolan los resultados de un control parcial a toda la zona prescrita.
- Dónde se realizarán las inspecciones, así como el personal y la instrumentación necesarios para tal fin.
- Los criterios de aceptación a emplear, así como posibles desviaciones.
- Se define a estas como autorizaciones escritas para desviarse de los requisitos especificados.
- Formas de actuación en caso de litigio.
- Derogaciones, esto es, autorizaciones escritas para utilizar o entregar productos no conformes con los requisitos que se hayan especificado para los mismos.
- Condiciones particulares de garantía.

Las especificaciones de calidad se deberán adjuntar con la oferta del constructor al cliente, con las peticiones de oferta del constructor al suministrador y con el pedido del constructor al suministrador. Estas especificaciones de calidad prevalecerán sobre el resto de documentos.

### **2.3.3 Eliminación de defectos**

Generalmente, tanto el suministrador como el constructor toman a su cargo la reparación de los defectos que les incumban, siempre que éstos no superen los criterios de aceptación establecidos en la Especificación de

Calidad y que hayan cumplido el Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares. Podrán ser detectados estos defectos por uno cualquiera de los métodos indicados en la misma o mediante un simple examen visual.

El suministrador deberá hacerse cargo de aquellos defectos cuyo origen es de tipo metalúrgico o que se deban a la forma en que se realizó la fundición.

Por el contrario, el constructor deberá hacerse cargo de aquellos defectos cuyo origen se deba a una incorrecta concepción, dimensionamiento de la pieza o a una realización en los talleres inadecuada.

Por último, las reparaciones que incumben al cliente son aquellas que se deban a un funcionamiento fuera de las condiciones de servicio garantizadas por el constructor, así como las que resulten de un desgaste por abrasión del material relacionado con la naturaleza del agua explotada.

Antes de su reparación por soldadura, los defectos deberán ser eliminados hasta que desaparezca cualquier indicación fuera de criterios que se deban cumplir.

Salvo convención particular en el pedido, las reparaciones serán sometidas a los mismos exámenes que los inicialmente previstos en la zona considerada. El constructor podrá siempre aceptar bajo su responsabilidad que ciertas cavidades de saneado no sean recargadas, en tanto no subsistan en los mismos defectos fuera del criterio que se haya establecido y que esta circunstancia no perjudique el buen funcionamiento de la pieza.

### **2.3.3.1 Defectos detectados en la fundición**

Los defectos detectados durante el curso de la fabricación en los talleres del suministrador serán saneados y reparados mediante el procedimiento de soldadura. Las dimensiones y posiciones de las cavidades de saneado que superen los límites que se hayan definido en la

Especificación de Calidad, serán anotadas y facilitadas al constructor. Las reparaciones correspondientes se denominan "importantes".

Si la Especificación de Calidad lo requiere, se someterán a la aprobación del constructor para que exprese su conformidad antes de iniciar los trabajos:

- El procedimiento de soldadura.
- Los procedimientos de cualificación de soldadores y operadores.

No se deberá rehacer cualquier cualificación certificada y existente que responda los criterios que se hayan definidos. Después de la soldadura deberá hacerse un tratamiento térmico de reducción de tensiones que no podrá ser suprimido salvo que se produzca un acuerdo con el constructor.

### **2.3.3.2 Defectos detectados en los talleres del constructor**

Si el constructor ha de realizar soldaduras debido a la aparición de defectos durante el mecanizado del producto, el modo en el que se realicen estas reparaciones dependerá de las características de la zona a reparar.

Para reparaciones en zonas poco solicitadas en las que no sea necesario un tratamiento térmico de reducción de tensiones, estas podrán ser hechas por el constructor según un procedimiento fijado o aceptado por el suministrador. Para reparaciones importantes, que afectan a zonas solicitadas en las que se exige un tratamiento de distensionamiento, será necesario un tratamiento térmico de reducción de tensiones. Excepto en casos particulares, estas reparaciones serán efectuadas por el suministrador, debiéndose registrar las mismas de forma adecuada.

Será muy recomendable establecer de común acuerdo y con anterioridad a que se tengan que realizar las reparaciones, la repartición del coste adicional que suponen estas. Si esto no se ha hecho, la repartición deberá ser realizada de un acuerdo entre el suministrador y el constructor antes de comenzar los trabajos de reparación. Lo anterior se puede hacer sobre varios criterios, como controles de la superficie, características de las cavidades de saneado o el precio de la pieza a reparar.

### **2.3.3.3 Defectos detectados en las instalaciones del cliente**

Durante el período de garantía la reparación debe ser efectuada por el suministrador o el constructor.

Fuera del período de garantía, la reparación es efectuada por el cliente o por el constructor o suministrador, sin garantía por parte del constructor ni del

suministrador, esto es, el cliente sufraga los costes de la reparación por haber expirado la garantía.

### **2.3.4 Garantía**

La garantía cubre todas las anomalías susceptibles de perturbar el funcionamiento del producto considerado o de alterar efectivamente la seguridad del conjunto del que forma parte. Por esta garantía, el constructor y el suministrador se comprometen a efectuar las reparaciones necesarias en un plazo breve y conforme a las reglas que sean necesarias, de forma que se devuelva la pieza conforme a las prescripciones de origen o, en su defecto, conforme con los usos de la profesión.

Las condiciones de garantía del suministrador están estrechamente ligadas a las que el constructor debe asegurar a su cliente para los conjuntos suministrados. El constructor debe, por lo tanto, informar al suministrador antes del pedido, de sus propios compromisos a este respecto y no podrá imponer condiciones más severas que las que él mismo ha aceptado.

En los contratos a los cuales se aplica el presente Pliego de Condiciones, la similitud de intereses es evidente. Por ello es indispensable que se establezca un estrecho espíritu de cooperación entre el suministrador y el constructor, para asegurar la garantía requerida.

El periodo de garantía del suministrador corresponde al del constructor.

El propio uso de los órganos de máquinas hidráulicas implica que la garantía cubra un intervalo de tiempo de explotación a contar a partir de la recepción provisional del conjunto que podrá ser expresado en millares de horas o meses, con un límite razonable en el tiempo a contar desde una fecha de partida estipulada en el Pliego de Condiciones constructor/cliente.

La diversidad de casos y formas de explotación justifica que la duración de la garantía sea cada vez objeto de negociaciones comerciales entre cliente y constructor. Toda petición de puesta en práctica de la garantía debe ser comunicada por el medio más rápido a partir de la detección de la anomalía y confirmada por escrito. En este caso, se comunicará a la parte interesada todo tipo de información que pueda resultar útil, como puede ser el modo de

detección de la anomalía, la localización dela misma y sus dimensiones geométricas (incluyendo si fuera posible un croquis acotado y fotografías de la misma).

La parte receptora de una petición de puesta en práctica de su garantía, debe en el más breve plazo posible, hacer todo lo que sea necesario para proponer las reparaciones a efectuar, realizarlas y, llegado el caso, suministrar las piezas necesarias, quedando entendido que le está siempre permitido solicitar la constatación de las anomalías por sí mismo.

No se emprenderá ninguna reparación sin el acuerdo de la parte supuestamente responsable de la misma, ni será ejecutada sin estar conforme con las instrucciones que pudiera dar la misma. Cualquier infracción a esta regla comporta la anulación de toda responsabilidad para la otra parte. La garantía dejará de tener validez en caso de que no se respeten las prescripciones de explotación que el constructor haya especificado y previamente haya aceptado el cliente.

### **2.4 Verificaciones a efectuar**

#### **2.4.1 Verificación de la composición química de la colada**

El suministrador deberá revisar la composición química de la colada, sin embargo, el constructor podrá efectuar un análisis de comprobación sobre la pieza a condición de que esto y las condiciones de extracción, figuren explícitamente en la petición de oferta y en el pedido que hayan sido dirigidos al suministrador.

El tipo de acero debe estar claramente definido en la demanda de oferta dirigida al suministrador. Este debe precisar la composición química de su material en la oferta y el constructor deberá obligatoriamente hacer mención de la misma en el pedido.

En lo que concierne a los contenidos de azufre y fósforo, se aplicarán por lo general las disposiciones siguientes:

- Aceros no aleados: 0,040% S, 0,040% P.
- Aceros aleados: 0,030% S, 0,030% P.

### **2.4.2 Verificación de las características mecánicas**

#### **2.4.2.1 Características a controlar en los ensayos**

Las características a controlar en los ensayos más importantes son:

- Resistencia a la tracción expresada en MPa.
- Límite de elasticidad, en MPa
- Alargamiento y estricción, en tanto por ciento.
- Resistencia a la temperatura indicada en la Especificación de
- Calidad.

Las formas, dimensiones y cantidad de probetas empleadas en los ensayos deben fijarse en la Especificación de Calidad.

La cantidad de probetas prescritas se entenderá siempre por pieza y no por colada.

En el caso de series de piezas obtenidas de la misma colada, el constructor prescribirá la cantidad de ensayos sobre el lote.

### **2.5 Tratamientos de protección contra la corrosión**

#### **2.5.1 Procedimiento**

La protección frente a la corrosión se aplicará a todos los elementos fabricados en acero al carbono de la turbina durante su fabricación o en reparación. Esta prescripción será aplicada siempre que no existan otros acuerdos con el cliente que modifiquen lo aquí establecido.

Las superficies antes de proceder a chorrearlas deben estar limpias de posibles restos de aceite o grasa. Las rebabas, las aristas vivas, las capas gruesas de óxido y los posibles restos de escorias de soldaduras se eliminarán por medio de cincel, cepillo de alambre o por otro sistema que se considere adecuado antes de realizar el chorreado, este podrá efectuarse con arena o con granalla. Se chorreará hasta un grado de acabado indicado en la norma ISO 8503-2:2012.

Para el caso de chorreado por el exterior del equipo, los agujeros se taparán adecuadamente con contra bridas (si las conexiones son mediante bridas), o en

otro caso, mediante tapas adecuadas para tal fin. Las conexiones roscadas se taparán mediante tapones también roscados. Se busca evitar con esto la entrada de arena o granalla en el interior del equipo.

En todo caso, se protegerán las superficies mecanizadas y las roscas utilizando para ello Tesaband u otro medio adecuado. En el caso de soldaduras de obra, se dejará una banda de 60 mm sin pintar a ambos lados de la soldadura, para evitar que el calor que posibilita la soldadura dañe a la pintura.

El chorreado se efectuará dentro del taller previsto al efecto evitándose condiciones indeseables para esta operación, entre las que figuran una humedad relativa superior al 80%, condensaciones, humedad sobre la superficie apreciable a simple vista o un abrasivo húmedo. Una vez concluida la operación de chorreado, se eliminará cuidadosamente toda la arena o granalla que haya podido quedar sobre el equipo, así como el polvo que se produzca mediante aire comprimido limpio y seco, aspirador de polvo o un cepillo limpio. La pintura se aplicará sobre las superficies a pintar según las especificaciones técnicas que facilite su fabricante.

Para poder pintar, se tendrán que verificar necesariamente los siguientes puntos:

- Preparación de la superficie.
- Control del grado de acabado.
- Pintura utilizada de imprimación.
- Pintura utilizada en la terminación.
- Espesor y adherencia del pintado de acabado.
- Verificación visual del resultado.

### **2.5.2 Normativa y pinturas a emplear**

El tipo de pintura a utilizar se elegirá según las características de la superficie a pintar. Las normas que se deberán seguir para los distintos aspectos son:

- Rugosidad: ISO 8501
- Adherencia: ASTM D 3359-83.
- Espesores: según el tipo de pintura empleado.

### **2.5.2.1 Superficies en contacto con el agua**

Para las superficies en contacto con el agua, su preparación deberá ser de grado 2 y habrá cuatro capas de protección. Cada una de estas capas es detallada a continuación:

- Primera capa: se empleará pintura Epoxi rica en Zinc de dos componentes 221, su espesor oscilará entre 80 y 90 pm y su color será gris metálico.
- Segunda capa: la pintura será Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, su espesor será de 80 pm y de color gris claro.
- Se deberá aplicar en las 48 horas siguientes a la capa de imprimación.
- Tercera y cuarta capa: estas capas tendrán pintura Alquitrán- Epoxi 5x4 y espesor 100 pm (en cada capa). Serán de color negro.

Se dejarán libres de pintura sesenta milímetros en el borde de todas las uniones soldadas a realizar en obra, para proteger la pintura del calentamiento que se genera al soldar. y se pintará según lo anteriormente expuesto. En el caso de que se tenga que soldar por el exterior anclajes u otros accesorios para ayudar al montaje se comprobará que por el interior no se ha dañado a la pintura. Si sucediera esto último, habrá que reparar la zona dañada.

### **2.5.2.2 Superficies en contacto con aceite**

Estas superficies serán preparadas para que presenten una preparación de superficie de grado 2, y tendrán tres capas de protección:

- Primera capa: utilizará pintura Epoxi rica en Zinc de dos componentes 221, su espesor oscilará entre 80 y 90 pm. Su color será gris metálico.
- Segunda capa: su pintura será Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, con espesor igual a 80 pm y color gris claro. Se deberá aplicar esta capa en las 48 horas siguientes a la de imprimación.
- Tercera capa: su pintura será Esmalte Poliuretano Alifático de dos componentes 5W, con espesor comprendido entre 40 y 50 pm. Su color será el blanco.

### **2.5.2.3 Superficies en contacto con el ambiente**

En este apartado se distinguirán dos casos, que serán las superficies en contacto con el ambiente y las correspondientes a la turbina montada.

Para las superficies en contacto con el ambiente, con excepción de las de la tubería montada, se prepararán con grado 2, y tendrán dos capas de protección. Estas últimas serán como sigue:

- Primera capa: usará pintura Epoxi rica en zinc de dos componentes 221, espesor comprendido entre 80 y 90 pm y color gris metálico.
- Segunda capa: su pintura será del tipo Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, con un espesor de 80 pm y color gris claro. Esta capa deberá aplicarse en las 48 horas posteriores a la capa de imprimación.

Las superficies de turbina montada se prepararán las superficies con grado 2 y tendrán cuatro capas de protección. Las características de estas serán las siguientes:

- Primera capa: pintura Epoxi rica en zinc de dos componentes, con espesor entre 80 y 90 pm. Su color será el gris metálico.
- Segunda capa: empleará pintura Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, con espesor igual a 80 pm y color gris claro. Se deberá aplicar en las 48 horas siguientes a la capa de imprimación.
- Tercera y cuarta capa: emplearán pintura Esmalte Poliuretano de dos componentes 5P9, con espesores comprendidos entre 35 y 40 pm en cada una de las capas. El color será azul RAL 5015.

### **2.5.2.4 Superficies mecanizadas**

Este tipo de superficies llevarán una sola capa de protección, con pintura del tipo Barniz Pelable, con un espesor de al menos 80 pm y color amarillo.

### 2.6 Controles a realizar en cada pieza

#### 2.6.1 Controles a realizar en la carcasa

En esta pieza se realizarán un total de cuatro controles: inspección visual, examen por líquidos penetrantes, certificados de materiales, control dimensional.

- Inspección visual: se busca con esto detectar los defectos de cualquier tipo o las faltas de soldadura apreciables a simple vista. Las chapas que no se consideren aptas se apartarán y marcarán para realizar con ellas la opción que se considere más adecuada entre desecharlas o emplearlas en algo en lo que sean válidas. Si existiesen mordeduras, salpicaduras o grietas (tanto de cráter, como longitudinales o transversales) en alguna soldadura, se procederá a su levantado y volverán a depositarse. Si existiesen defectos como descolgaduras, falta de penetración o rechupes (defectos en la raíz), serán levantadas estas soldaduras para ser depositadas de nuevo si fuera posible.
- Líquidos penetrantes: este examen se realiza en las zonas en las que se produzcan cruces entre cordones de soldadura distintos. Se busca poder detectar defectos superficiales cuyo tamaño no permita apreciarlos a simple vista, debido a que pueden disminuir peligrosamente la resistencia del cordón de soldadura en los citados cruces. En caso de encontrarse, se levantarán los cordones correspondientes y su repetición.
- Certificados de materiales: se pedirán para su comprobación los certificados de los materiales que conforman la carcasa, de cara sobre todo a garantizar que su tensión máxima mínima tiene el valor especificado en la norma UNE-EN 10253-1: 2000 y que dicho valor se encuentra dentro de tolerancias que se hayan especificado.
- Control dimensional: se realizará en todas las chapas que conforman a la carcasa antes de proceder a su soldadura, si no se realizase así, se correría el riesgo de tener que desmontar la carcasa entera y volverla a hacer. Una vez que la carcasa esté construida, se realizará el control dimensional de las cotas que no se hubiesen medido en el paso anterior.

### 2.6.2 Controles a realizar en el rodete

En el rodete se realizarán de nuevo los mismos cuatro controles que se aplicaron a la carcasa: inspección visual, examen por líquidos penetrantes, certificados de materiales y control dimensional.

- Inspección visual: se debe hacer una vez sacada la pieza de la fundición para poder encontrar en el rodete las grietas superficiales que pudiesen producirse por el enfriamiento del molde, al ser el acero empleado en su fabricación autotemplable, en el que las tensiones internas por cambio de fases pueden crear las citadas grietas. También se buscarán rechupes o faltas de llenado que se produzcan en el molde por falta de material frente a lo necesario por la contracción del acero. Las faltas de llenado se dan como consecuencia de que el metal líquido que entra en el molde solidifica antes de lo necesario, impidiendo la entrada del resto del metal líquido. Si existiesen grietas de temple, se deberá corregir el proceso de enfriamiento y ralentizar a este en lo posible, si estas grietas se produjesen por faltas de relleno o rechupes, deberá rediseñarse el molde. En todos los casos en que se presenten alguno de los defectos anteriormente citados, el rodete deberá volverse a fundir para ser sometido a continuación al mismo examen visual.
- Líquidos penetrantes: este control debe realizarse tras las fases de mecanizado a las que se vea sometido el rodete de cara a encontrar grietas y otros defectos superficiales que se hubiesen podido generar. La existencia de poros en el rodete puede dar lugar a fenómenos de cavitación si estos se encuentran en la zona de los alabes y en contacto con el agua.
- Certificado de materiales: serán pedidos y comprobados para garantizar que el acero que se haya empleado en el rodete tiene una composición que respeta las tolerancias dadas en la norma UNE-EN 10088- 1: 1996. Esto se debe a que en el rodete es particularmente importante, por motivos obvios, que el acero inoxidable tenga la calidad y la resistencia a la corrosión que se espera en él.

- También se realiza esto porque se debe emplear un acero con una buena característica de dureza, ya que va a estar sometido a abrasión por los materiales en suspensión que pudiese llevar el agua turbinada y por las posibles cavitaciones que pudiesen ocurrir.
- Control dimensional: Se realizará después de cada una de las etapas de mecanizado, en los planos del rodete se suministran también los límites admisibles en las tolerancias dimensionales, geométricas y de rugosidad.

### 2.6.3 Controles a realizar en el eje

En esta pieza se realizarán un total de cinco controles: inspección visual, líquidos penetrantes, ultrasonidos, certificado de materiales y control dimensional.

- Inspección visual: se deberá realizar una vez realizado el forjado, para buscar pliegues superficiales grandes y apreciables a simple vista. Este tipo de defectos hacen que la pieza sea inutilizable, al haber perdido resistencia en su periferia, lo cual es particularmente grave porque el eje trabaja a flexión y a torsión. El eje deberá ser templado, una vez realizada esta operación, también se comprobará visualmente la existencia de grietas apreciables a simple vista.
- Líquidos penetrantes: se encargarán de buscar defectos superficiales de pequeño tamaño, como grietas debidas al proceso de temple o pequeños pliegues provocados por el forjado que no se hubiesen detectado con anterioridad.
- Ultrasonidos: se realizará con ellos una inspección completa del eje para encontrar los defectos internos que no pudiesen ser detectados mediante los procedimientos antes empleados.
- Certificado de materiales: de nuevo se pedirán los certificados y se revisarán, las proporciones entre los elementos del acero empleado han de estar dentro de los límites previstos por la norma UNE-EN 10083-2: 1997.

- Control dimensional: se realizará sobre las cotas que figuren en el plano que corresponda.

Las tolerancias referentes a circularidad y a la perpendicularidad respecto de la cara en contacto con el rodete son especialmente importantes, ya que si no toman valores adecuados, se pueden generar desequilibrios importantes.

### **3 CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA OBRA CIVIL**

#### **3.1 Movimiento de tierras**

##### **3.1.1 Desbroce del terreno**

La ejecución del desbroce incluye la retirada de estacas de los cerramientos rurales y sus cimentaciones, así como del resto de los elementos que los constituyen (cables, mallas, etc.). Así como, la eliminación de los árboles de perímetro inferior a 60 cm, los árboles de cualquier perímetro que no hayan sido contemplados de forma individualizada en el Proyecto, así como los arbustos, plantas, maleza y otros elementos de similar naturaleza.

##### **3.1.1.1 Ejecución**

Deberá retirarse la tierra vegetal de las superficies de terreno afectadas por excavaciones o terraplenes hasta una profundidad mínima de

10 cm o la que indique el Director de Obra-

Los pozos y agujeros resultantes de las operaciones de desbroce que queden dentro de la explanación se rellenarán con material del terreno y al menos con el mismo grado de compactación.

##### **3.1.1.2 Medición y abono**

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto por los metros cuadrados (m<sup>2</sup>) realmente ejecutados medidos sobre el terreno.

El precio no incluye la unidad de tala de árbol y extracción de tocón, en el caso de que sea de abono independiente. Tampoco incluye la retirada de

señalización vertical, farolas y postes, así como la retirada de barreras de seguridad que, en su caso, sean de abono independiente.

### 3.1.2 Excavación de la explanación

Se consideran los siguientes tipos de excavación:

- Excavación en roca con explosivos: se considera excavación en roca con explosivos a efectos del presente Pliego y en consecuencia, a efectos de medición y abono, la correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y aquellos materiales que presenten características de roca masiva o que se encuentren cementados tan sólidamente que no puedan excavarse empleando escarificadores profundos y pesados y hayan de ser excavados utilizando explosivos.
- Excavación en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora: comprende la correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y aquellos materiales que presenten características de roca masiva o que se encuentren cementados tan sólidamente que hayan de ser excavados empleando martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora.
- Este tipo de excavación se emplea únicamente para pequeños volúmenes de roca, cuando así sea contemplada en el
- Proyecto o sea indicado por el Director de Obra, en aquellas zonas en las que por diversas circunstancias no sea posible emplear explosivos. En cualquier caso, el empleo de esta unidad de obra deberá contar, obligatoriamente, con la aprobación previa del Director de Obra.
- Excavación en tierras y tránsito: comprende la correspondiente a los materiales formados por tierras, rocas descompuestas meteorizadas y estratificadas y en general, todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos o martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora.
- En el caso de “excavación clasificada”, el Contratista informará durante la ejecución, y notificará por escrito, para su aprobación, si procede, al Director de Obra, las unidades que corresponden a excavaciones en

roca con explosivos, excavaciones en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora y excavación en tierras y tránsito, teniendo en cuenta para ello las definiciones anteriores, y los criterios definidos por el Director de Obra.

### **3.1.2.1 Ejecución**

En el caso de excavación en roca con explosivos, el Contratista presentará al Director de Obra una propuesta de Plan de excavación por voladura firmada por un técnico competente, en la que se especificará al menos:

- Maquinaria y método de perforación.
- Longitud máxima de perforación.
- Diámetro y longitud de los barrenos de contorno y disposición de los mismos.
- Diámetro y longitud de los barrenos de destroza y disposición de los mismos.
- Explosivos utilizados, dimensiones de los cartuchos, sistemas de retacado y esquema de cargas de los distintos tipos de barreno.
- Método de fijación de las cargas en los barrenos con carga discontinua.
- Método de iniciación de las cargas y secuencias de iniciación.
- Método de comprobación del círculo de encendido.
- Tipo de explosor
- Exposición detallada de resultados obtenidos con el método de excavación propuesto en terrenos análogos al de la obra.
- Medidas de seguridad para la obra (trabajadores y equipos) y terceros.
- Personal cualificado y autorizado para realizar los trabajos.

Los perforistas presentarán un parte de perforación donde se indicarán las posibles oquedades detectadas durante la operación para evitar cargas concentradas excesivas, y tomarán las medidas necesarias para que los barrenos permanezcan limpios una vez completados con el fin de realizar su carga prevista.

La aprobación del Plan de excavación por voladura por parte del Director de Obra indicará, tan sólo, que la Administración acepta el resultado final previsto de dicho Plan no eximiendo al Contratista de su responsabilidad.

Durante la excavación el Contratista deberá disponer a pie de obra de un técnico experto en voladuras que participe en las fases de preparación del Plan de excavación por voladura y de dispositivos que eviten los riesgos, así como en la ejecución de esta unidad de obra. Este técnico deberá ser aprobado previamente por el Director de Obra, debiendo tener una titulación suficiente y con amplia experiencia en la materia.

- Las tolerancias máximas admisibles expresadas en centímetros entre los planos y superficies de taludes previstos en el Proyecto y los realmente contruidos serán las siguientes:
- Taludes de hasta 3 m: + 15 cm
- Taludes de 3 a 10 m: + 25 cm
- Taludes de más de 10 m: + 40 cm

Estas tolerancias podrán ser modificadas por el Director de Obra.

La tolerancia máxima admisible en pendientes, fondos de cunetas y drenajes será función de la pendiente definida en el Proyecto para cada unidad de obra.

- Cunetas y drenajes con pendiente entre el: 3‰ - 5‰ =  $\pm 1$  ‰
- Cunetas y drenajes con pendiente entre el: 5‰ - 1% =  $\pm 2$  ‰
- Cunetas y drenajes con pendiente mayor: del 1% =  $\pm 4$  ‰

La desviación máxima en planta de cunetas y drenajes con respecto a lo definido en el Proyecto será de 10 cm.

### **3.1.2.2 Medición y abono**

En todos los casos, el precio incluye la terminación de los taludes y la eliminación de los materiales desprendidos o movidos.

En la excavación en roca con explosivos, el precio no incluye la excavación especial de taludes en roca, abonándose de forma independiente.

En el caso de excavación en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora, excavación tierras y tránsito y excavación no clasificada: El

precio incluye el refino de los taludes, salvo que sea objeto de medición y abono de forma independiente.

### **3.1.3 Rellenos todo-uno**

#### **3.1.3.1 Medición y abono**

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto por los metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente ejecutados medidos sobre el terreno.

## **3.2 Cimentaciones y estructuras**

### **3.2.1 Hormigones**

Los hormigones procederán de central, la cual dispondrá de un Control de Producción y estará en posesión de un Sello o Marca de Calidad oficialmente reconocido por un Centro Directivo de las Administraciones

Públicas (General del Estado o Autonómicas), con competencias en el campo de la construcción, por lo que no será necesario el control de los materiales componentes del hormigón, según se recoge en el Artículo 81.-

“Control de los componentes del hormigón” de la EHE.

La consistencia del hormigón se determinará con el cono de Abrams, según la norma UNE 83313.

El curado del hormigón se realizará de acuerdo a lo establecido en el Artículo 74.- “Curado del hormigón” de la EHE. En caso de que dicho curado se realice manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, su duración mínima será de 3 días.

Será de aplicación todo lo dispuesto en el título VI “Control” de la vigente “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)” o normativa que la sustituya. El nivel de control de calidad es el definido en el Proyecto para cada estructura.

#### **3.2.1.1 Medición y abono**

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto

### **3.2.2 Encofrados y moldes**

Se define como el elemento destinado al moldeo in situ de hormigón y morteros.

La ejecución de la unidad de obra incluye las siguientes operaciones: o Proyecto de encofrado y cálculo estructural.

- Montaje y apuntalamiento del encofrado.
- Preparado de las superficies interiores del encofrado con desencofrante.
- Tapado de juntas entre piezas.
- Desmontaje y retirada del encofrado y todo el material auxiliar, una vez la pieza estructural esté en disposición de soportar los esfuerzos previstos.

Cuando el acabado superficial sea para que el hormigón quede visto, los encofrados serán de madera machihembrada.

Cuando los encofrados sean de madera, el número máximo de puestas admitido, salvo que en la descripción del precio se indique otra cosa, será el siguiente:

- Encofrados rectos o curvos: 5.
- Encofrados de madera machihembrada: 3.

#### **3.2.2.1 Ejecución**

Los encofrados se construirán sobre planos de detalle que prepare el

Contratista, quien deberá presentarlos, con sus cálculos justificativos detallados, proyecto de encofrado y cálculo estructural, a examen aprobación del D.O.

#### **3.2.2.2 Medición y abono**

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto. El precio incluye todos los materiales, medios, operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad.

### **3.2.3 Armaduras a emplear en hormigón armado**

Se usarán los siguientes materiales:

- Según Artículo 240: “Barras corrugadas para hormigón estructural” del PG-3.
- Según Artículo 24: “Mallas electrosoldadas” del PG-3.
- Según Artículo 242 “Armaduras básicas electrosoldadas en celosía” del PG-3.

#### **3.2.3.1 Ejecución**

La forma y dimensiones de las armaduras son las definidas en el Proyecto.

El doblado de las armaduras a emplear en hormigón armado se realizará de acuerdo con el apartado 66.3. “Doblado de las armaduras pasivas” de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Los aceros serán acopiados por el Contratista en el lugar adecuado para su conservación, clasificados por tipos y diámetros, de forma que sea fácil su identificación, recuento, pesaje y manipulación.

Las armaduras se dispondrán según lo definido en el Proyecto, y de acuerdo con lo establecido en el apartado 66.4 “Distancias entre barras de armaduras pasivas” de la EHE.

El control de calidad se realizará de acuerdo con lo prescrito en el Artículo 90. “Control de la Calidad del Acero” de la EHE. El nivel de control de calidad es el definido en el Proyecto para cada estructura.

#### **3.2.3.2 Medición y abono**

Las armaduras de acero empleadas en hormigón armado se abonarán por su peso en kilogramos (kg) deducido de los Planos, aplicando para cada tipo de acero los pesos unitarios correspondientes a las longitudes deducidas de dichos Planos.

El precio incluye las mermas y despuntes, que se consideran incluidos en el del kilogramo (kg) de armadura, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad.

### **3.3 Cerramientos**

Se define como tal al elemento de cierre y seguridad constituido por postes tubulares cimentados en hormigón o fábrica, a los cuales se une mediante la adecuada tornillería, un enrejado de simple torsión fabricado con alambre de acero.

#### **3.3.1 Ejecución**

Los cierres irán emplazados en los lugares indicados en el Proyecto o, en su defecto, donde indique el Director de Obra

En primer lugar, se colocarán los postes, cimentados en hormigón o fábrica. Posteriormente se colocará la malla, sujetándola a los postes mediante los correspondientes accesorios.

#### **3.3.2 Medición y abono**

La presente unidad se medirá y abonará, de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto, por los metros (m) de cierre realmente colocados.

El precio incluye la malla, los postes y sujeciones, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad. La cimentación de los postes es de abono independiente

Santander, Julio de 2015

El ingeniero Industrial:  
Nieves Fernández Sainz

## **DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO**

---

## DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO.....                                   | 386 |
| 1 ESTADO DE LAS MEDICIONES.....                                   | 388 |
| 1.1 CIRCUITO HIDRÁULICO.....                                      | 388 |
| CAPÍTULO 1: AZUD.....                                             | 388 |
| CAPÍTULO 2: CANAL .....                                           | 388 |
| CAPÍTULO 3: REJILLA Y VÁLVULA MARIPOSA.....                       | 388 |
| CAPÍTULO 4: OBRA TOMA DE CARGA .....                              | 389 |
| CAPÍTULO 5: CANAL DE DESAGÜE .....                                | 389 |
| 1.2 CIRCUITO ELECTRO MECÁNICO .....                               | 389 |
| CAPÍTULO 6: TURBINA KAPLAN .....                                  | 389 |
| CAPÍTULO 7: GENERADOR PARA TURBINA KAPLAN .....                   | 390 |
| CAPÍTULO 8: EDIFICIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....           | 390 |
| CAPÍTULO 9: TRANSFORMADOR .....                                   | 390 |
| CAPÍTULO 10: EQUIPOS ELÉCTRICOS, REGULACIÓN, CONTROL Y LÍNEA..... | 391 |
| 1.3 EDIFICIO .....                                                | 392 |
| CAPÍTULO 11: EDIFICIO .....                                       | 392 |
| 1.4 SEGURIDAD Y SALUD .....                                       | 392 |
| CAPÍTULO 12: SEGURIDAD Y SALUD .....                              | 392 |
| 1.5 CONTROL DE CALIDAD .....                                      | 392 |
| CAPÍTULO 13: CONTROL DE CALIDAD .....                             | 392 |
| 1.6 IMPREVISTOS.....                                              | 392 |
| CAPÍTULO 13: IMPREVISTOS.....                                     | 392 |
| CUADRO DE PRECIOS N°1 .....                                       | 393 |
| CAPÍTULO 1: AZUD .....                                            | 393 |
| CAPÍTULO 3: REJILLA, COMPUERTA Y VÁLVULA MARIPOSA .....           | 394 |
| CAPÍTULO 4: OBRA TOMA DE CARGA .....                              | 394 |
| CAPÍTULO 5: CANAL DE DESAGÜE .....                                | 395 |
| CAPÍTULO 6: TURBINA KAPLAN .....                                  | 395 |
| CAPÍTULO 7: GENERADOR PARA TURBINA KAPLAN .....                   | 396 |
| CAPÍTULO 8: EDIFICIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN .....           | 396 |
| CAPÍTULO 9: TRANSFORMADOR .....                                   | 396 |
| CAPÍTULO 10: EQUIPOS ELÉCTRICOS, REGULACIÓN, CONTROL Y LÍNEA..... | 397 |
| CAPÍTULO 10: EQUIPOS ELÉCTRICOS, REGULACIÓN, CONTROL Y LÍNEA..... | 398 |
| CAPÍTULO 11: EDIFICIO .....                                       | 399 |
| CAPÍTULO 11: SEGURIDAD Y SALUD.....                               | 399 |
| CAPÍTULO 12: CONTROL DE CALIDAD .....                             | 399 |
| CAPÍTULO 13: IMPREVISTOS.....                                     | 399 |
| CUADRO DE PRECIOS N° 2 .....                                      | 400 |
| CIRCUITO HIDRÁULICO .....                                         | 400 |
| CIRCUITO ELECTROMECAÁNICO.....                                    | 401 |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Documento nº4: PRESUPUESTO

---

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| SEGURIDAD Y SALUD.....                                       | 402 |
| CONTROL DE CALIDAD.....                                      | 402 |
| IMPREVISTOS.....                                             | 402 |
| RESUMEN DE PRESUPUESTO .....                                 | 403 |
| 1.7 Presupuesto de ejecución material.....                   | 403 |
| 1.8 Presupuesto de ejecución por contrata.....               | 405 |
| 1.9 Presupuesto para conocimiento de la Administración ..... | 406 |

## 1 ESTADO DE LAS MEDICIONES

### 1.1 CIRCUITO HIDRÁULICO

| CAPÍTULO 1: AZUD |          |        |             |
|------------------|----------|--------|-------------|
| Código           | Cantidad | Unidad | Descripción |

|       |   |     |                       |
|-------|---|-----|-----------------------|
| 1.01. | 7 | M3  | Retirada capa vegetal |
| 1.02  | 1 | Ud. | Escala de peces       |

| CAPÍTULO 2: CANAL |          |        |             |
|-------------------|----------|--------|-------------|
| Código            | Cantidad | Unidad | Descripción |

|       |    |     |                         |
|-------|----|-----|-------------------------|
| 2.01. | 40 | M3  | Retirada capa vegetal   |
| 2.02. | 80 | M3  | Excavación y nivelación |
| 2.03. | 9  | M 3 | Áridos                  |

| CAPÍTULO 3: REJILLA Y VÁLVULA MARIPOSA |          |        |             |
|----------------------------------------|----------|--------|-------------|
| Código                                 | Cantidad | Unidad | Descripción |

|       |   |     |                                 |
|-------|---|-----|---------------------------------|
| 3.01. | 2 | Ud. | Rejilla 8.75m <sup>2</sup>      |
| 3.02. | 1 | Ud. | Válvula de mariposa CMO/ME/2000 |
| 3.03  | 1 | Ud. | Sistema oleo hidráulico         |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Documento n°4: PRESUPUESTO

| CAPÍTULO 4: OBRA TOMA DE CARGA |          |        |                                                                       |
|--------------------------------|----------|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| Código                         | Cantidad | Unidad | Descripción                                                           |
| 4.01.                          | 1        | Ud.    | Ud. Canalización en azud con Caudalímetro y repulsor sónico de peces. |
| 4.02                           | 1        | Ud.    | Compuerta entrada canal 6.2x1m                                        |
| 4.03                           | 1        | Ud.    | Rejilla de sólidos de 5.8m <sup>2</sup>                               |

| CAPÍTULO 5: CANAL DE DESAGÜE |          |        |                       |
|------------------------------|----------|--------|-----------------------|
| Código                       | Cantidad | Unidad | Descripción           |
| 5.01.                        | 5        | M3     | Retirada capa vegetal |

### 1.2 CIRCUITO ELECTRO MECÁNICO

| CAPÍTULO 6: TURBINA KAPLAN |          |        |                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|----------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                     | Cantidad | Unidad | Descripción                                                                                                                                                                          |
| Turbina Kaplan             |          |        |                                                                                                                                                                                      |
| 6.01.                      | 1        | Ud.    | Ud. de Turbina Kaplan de caudal 1.2 m <sup>3</sup> /s y salto neto 2.3 m diámetro del rodete 0.8m. Incluso parte proporcional de costes indirectos, transporte. Totalmente instalada |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Documento n°4: PRESUPUESTO

### CAPÍTULO 7: GENERADOR PARA TURBINA KAPLAN

| Código                                                                                                                                                                   | Cantidad | Unidad | Descripción           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------------|
| <b>Generador para turbina Kaplan</b>                                                                                                                                     |          |        |                       |
| Ud. de generador asíncrono de eje vertical, potencia 563 kVA. Tensión 420 V. Incluso parte proporcional de costes para el multiplicador de velocidad, costes indirectos. |          |        |                       |
| 7.01                                                                                                                                                                     | 1        | Ud.    | Totalmente instalado. |

### CAPÍTULO 8: EDIFICIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

| Código | Cantidad | Unidad | Descripción                  |
|--------|----------|--------|------------------------------|
| 8.01.  | 1        | Ud.    | Edificación de 3,28 x 2,38 m |

### CAPÍTULO 9: TRANSFORMADOR

| Código               | Cantidad | Unidad | Descripción                    |
|----------------------|----------|--------|--------------------------------|
| <b>Transformador</b> |          |        |                                |
| 9.01                 | 1        |        | 1 Ud. Transformador 0,42/12 kV |

| CAPÍTULO 10: EQUIPOS ELÉCTRICOS, REGULACIÓN, CONTROL Y LÍNEA |          |        |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Código                                                       | Cantidad | Unidad | Descripción                                                                                                                                                              |
|                                                              |          |        | <b>Línea de acometida</b>                                                                                                                                                |
|                                                              |          |        | M de línea eléctrica de conexión de la central al centro de transformación                                                                                               |
| 10.01                                                        | 100      | M      |                                                                                                                                                                          |
|                                                              |          |        | <b>Sistema eléctrico general</b>                                                                                                                                         |
|                                                              |          |        | Sistema eléctrico de los equipos de la central, cuadros de control y automatismos, sensores, protecciones eléctricas de la subestación, contadores y cuadros eléctricos. |
| 10.02                                                        | 1        | Ud.    |                                                                                                                                                                          |
|                                                              |          |        | <b>Equipo de media tensión</b>                                                                                                                                           |
|                                                              |          |        | Equipo de media tensión dentro del centro de transformación para inyectar la energía a la red de distribución                                                            |
| 10.03                                                        | 1        | Ud.    |                                                                                                                                                                          |
|                                                              |          |        | <b>Equipo de baja tensión</b>                                                                                                                                            |
|                                                              |          |        | Equipo de baja tensión dentro del centro de Transformación                                                                                                               |
| 10.04                                                        | 1        | Ud.    |                                                                                                                                                                          |
|                                                              |          |        | <b>Red de tierras</b>                                                                                                                                                    |
|                                                              |          |        | Red de tierras para el centro de transformación                                                                                                                          |
| 10.05                                                        | 1        | Ud.    |                                                                                                                                                                          |
|                                                              |          |        | <b>Sistema eléctrico en el centro de transformación</b>                                                                                                                  |
|                                                              |          |        | Incluye equipo de iluminación del centro de 1 transformación, protección física del transformador y equipo de seguridad y salud                                          |
| 10.06                                                        | 1        | Ud.    |                                                                                                                                                                          |

## 1.3 EDIFICIO

| CAPÍTULO 11: EDIFICIO |          |        |             |
|-----------------------|----------|--------|-------------|
| Código                | Cantidad | Unidad | Descripción |

|       |   |     |                                            |
|-------|---|-----|--------------------------------------------|
| 11.01 | 1 | Ud. | Casa de maquinas y control con puente grúa |
|-------|---|-----|--------------------------------------------|

## 1.4 SEGURIDAD Y SALUD

| CAPÍTULO 12: SEGURIDAD Y SALUD |          |        |             |
|--------------------------------|----------|--------|-------------|
| Código                         | Cantidad | Unidad | Descripción |

|       |   |     |                   |
|-------|---|-----|-------------------|
| 11.01 | 1 | Ud. | Seguridad y salud |
|-------|---|-----|-------------------|

## 1.5 CONTROL DE CALIDAD

| CAPÍTULO 13: CONTROL DE CALIDAD |          |        |             |
|---------------------------------|----------|--------|-------------|
| Código                          | Cantidad | Unidad | Descripción |

|       |   |     |                    |
|-------|---|-----|--------------------|
| 12.01 | 1 | Ud. | Control de calidad |
|-------|---|-----|--------------------|

## 1.6 IMPREVISTOS

| CAPÍTULO 13: IMPREVISTOS |          |        |             |
|--------------------------|----------|--------|-------------|
| Código                   | Cantidad | Unidad | Descripción |

|       |   |     |             |
|-------|---|-----|-------------|
| 13.01 | 1 | Ud. | Imprevistos |
|-------|---|-----|-------------|

## CUADRO DE PRECIOS Nº1

Precios unitarios que incluyen el precio del material, la mano de obra para colocación según lo deseado y los costes auxiliares

| CAPÍTULO 1: AZUD  |          |                                                                                                                                                         |                                                                      |           |
|-------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| Código            | Cantidad | Descripción                                                                                                                                             | Precio en letra                                                      | Importe   |
| 1.01.             | 7M3      | <b>Retirada capa vegetal</b><br>despeje del terreno,<br>accesos y desbroce y<br>retirada de la vegetación.                                              | Cuatrocientos<br>ochenta y tres<br>euros                             | 483,00    |
| 1.02              | 1Ud.     | Escala de peces                                                                                                                                         | Mil dos euros con<br>ochenta céntimos                                | 1.002,80  |
| CAPÍTULO 2: CANAL |          |                                                                                                                                                         |                                                                      |           |
| Código            | Cantidad | Descripción                                                                                                                                             | Precio en letra                                                      | Importe   |
| 2.01.             | 40M3     | <b>Retirada capa vegetal</b><br>despeje del terreno,<br>accesos y desbroce y<br>retirada de la vegetación.                                              | Mil treinta y cinco<br>euros                                         | 1.035,00  |
| 2.02.             | 80M3     | <b>Excavación y<br/>nivelación</b> del terreno<br>para un óptimo<br>asentamiento del canal.                                                             | Cinco mil<br>trescientos<br>veintidós euros con<br>sesenta céntimos. | 5.322,60  |
| 2.07.             | 9M3      | <b>Áridos</b> , recibidos en obra<br>para crear un suelo firme<br>sobre el que asentar el<br>canal, la evacuación del<br>agua ante posibles<br>perdidas | Treinta mil ochenta<br>y cinco euros con<br>noventa céntimos.        | 30.085,90 |

## CAPÍTULO 3: REJILLA, COMPUERTA Y VÁLVULA MARIPOSA

| Código | Cantidad | Descripción                | Precio en letra                    | Importe   |
|--------|----------|----------------------------|------------------------------------|-----------|
|        |          |                            | Tres mil ciento veinticuatro euros | 3.124,00  |
| 3.01.  | 1Ud.     | Rejilla 8.75m <sup>2</sup> |                                    |           |
|        |          | Válvula de mariposa        | Doce mil doce euros                | 12.012,00 |
| 3.02.  | 1Ud.     | CMO/ME/2000                |                                    |           |
|        |          | Sistema oleo               |                                    | 3.000,00  |
| 3.03.  | 1Ud.     | hidráulico                 | Tres mil euros                     |           |

## CAPÍTULO 4: OBRA TOMA DE CARGA

| Código | Cantidad | Descripción                                                           | Precio en letra                                              | Importe   |
|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|
|        |          | Ud. Canalización en azud con Caudalímetro y repulsor sónico de peces. | Cuarenta y un mil ciento ochenta euros con setenta céntimos  | 41.180,70 |
| 4.01.  | 1Ud.     |                                                                       |                                                              |           |
|        |          | Compuerta entrada canal 6.2x1m                                        | Siete mil ochenta y nueve euros con setenta y cinco céntimos | 7.089,75  |
| 4.02.  | 1Ud.     |                                                                       |                                                              |           |
|        |          | Rejilla de sólidos de 5.8m <sup>2</sup>                               | Dos mil quinientos ocho euros con tres céntimos              | 2.508,03  |
| 4.03.  | 1Ud.     |                                                                       |                                                              |           |

## CAPÍTULO 5: CANAL DE DESAGÜE

| Código | Cantidad | Descripción                  | Precio en letra                         | Importe  |
|--------|----------|------------------------------|-----------------------------------------|----------|
|        |          | <b>Retirada capa vegetal</b> |                                         |          |
| 5.01.  | 10M3     | Retirada de la vegetación.   | Mil trescientos cincuenta y nueve euros | 1.359,00 |

## CAPÍTULO 6: TURBINA KAPLAN

| Código | Cantidad | Descripción                                                                                                                                        | Precio en letra                                                                 | Importe    |
|--------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
|        |          | <b>Turbina Kaplan</b>                                                                                                                              |                                                                                 |            |
|        |          | Ud. de Turbina Kaplan de caudal 1.2 m³/s y salto neto 2.3 m diámetro del rodete 0.8m. Incluso parte proporcional de costes indirectos, transporte. | Ciento nueve mil doscientos setenta y cinco euros con sesenta y cuatro céntimos | 109.275,64 |
| 6.01.  | 1Ud.     | Totalmente instalada                                                                                                                               |                                                                                 |            |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Documento nº4: PRESUPUESTO

### CAPÍTULO 7: GENERADOR PARA TURBINA KAPLAN

| Código | Cantidad | Descripción                                                                                                       | Precio en letra               | Importe |
|--------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------|
|        |          | <b>Generador para turbina Kaplan</b>                                                                              |                               |         |
|        |          | Ud. de generador asíncrono de eje vertical, potencia 563 kVA. Tensión 420 V.                                      | Cuarenta mil ciento dos euros | 49.102  |
| 7.01   | 1Ud.     | Incluso parte proporcional de costes para el multiplicador de velocidad, costes indirectos. Totalmente instalado. |                               |         |

### CAPÍTULO 8: EDIFICIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

| Código | Cantidad | Descripción                  | Precio en letra                            | Importe  |
|--------|----------|------------------------------|--------------------------------------------|----------|
|        |          |                              | Siete mil quinientos setenta y cinco euros |          |
| 8.01.  | 1Ud.     | Edificación de 3,28 x 2,38 m |                                            | 7.575,00 |

### CAPÍTULO 9: TRANSFORMADOR

| Código | Cantidad | Descripción              | Precio en letra                        | Importe   |
|--------|----------|--------------------------|----------------------------------------|-----------|
|        |          |                          | Once mil novecientos veinticinco euros |           |
| 9.01   | 1Ud.     | Transformador 0,42/12 kV |                                        | 11.925,00 |

## CAPÍTULO 10: EQUIPOS ELÉCTRICOS, REGULACIÓN, CONTROL Y LÍNEA

| Código                           | Cantidad | Descripción                                                                                                                                                              | Precio en letra                                                        | Importe   |
|----------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Línea de acometida</b>        |          |                                                                                                                                                                          |                                                                        |           |
| 10.01                            | 100M     | M de línea eléctrica de conexión de la central al centro de transformación                                                                                               | Quinientos cincuenta euros.                                            | 550,00    |
| <b>Sistema eléctrico general</b> |          |                                                                                                                                                                          |                                                                        |           |
| 10.02                            | 1Ud.     | Sistema eléctrico de los equipos de la central, cuadros de control y automatismos, sensores, protecciones eléctricas de la subestación, contadores y cuadros eléctricos. | Sesenta y siete mil ochocientos cinco euros con treinta y dos céntimos | 67.805,32 |
| <b>Equipo de media tensión</b>   |          |                                                                                                                                                                          |                                                                        |           |
| 10.03                            | 1Ud.     | Equipo de media tensión dentro del centro de transformación para inyectar la energía a la red de distribución                                                            | Doce mil novecientos veinticinco euros                                 | 12.925,00 |

## CAPÍTULO 10: EQUIPOS ELÉCTRICOS, REGULACIÓN, CONTROL Y LÍNEA

| Código                                                  | Cantidad | Descripción                                                                                                                     | Precio en letra                               | Importe  |
|---------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|
| <b>Equipo de baja tensión</b>                           |          |                                                                                                                                 |                                               |          |
| 10.04                                                   | 1Ud.     | Equipo de baja tensión dentro del centro de Transformación                                                                      | Dos mil seiscientos cincuenta euros           | 2.650,00 |
| <b>Red de tierras</b>                                   |          |                                                                                                                                 |                                               |          |
| 10.05                                                   | 1Ud.     | Red de tierras para el centro de transformación                                                                                 | Tres mil seiscientos cincuenta y cuatro euros | 3.654,00 |
| <b>Sistema eléctrico en el centro de transformación</b> |          |                                                                                                                                 |                                               |          |
| 10.06                                                   | 1Ud.     | Incluye equipo de iluminación del centro de 1 transformación, protección física del transformador y equipo de seguridad y salud | Mil quinientos treinta y tres euros           | 1.533,00 |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Documento nº4: PRESUPUESTO

### CAPÍTULO 11: EDIFICIO

| Código | Cantidad | Descripción                                | Precio en letra     | Importe   |
|--------|----------|--------------------------------------------|---------------------|-----------|
| 11.01  | 1Ud.     | Casa de maquinas y control con puente grúa | Cincuenta mil euros | 50.000,00 |

### CAPÍTULO 11: SEGURIDAD Y SALUD

| Código | Cantidad | Descripción       | Precio en letra                                            | Importe  |
|--------|----------|-------------------|------------------------------------------------------------|----------|
| 11.01  | 1Ud.     | Seguridad y salud | Nueve mil seiscientos veintiún euros con veintiún céntimos | 9.621,21 |

### CAPÍTULO 12: CONTROL DE CALIDAD

| Código | Cantidad | Descripción        | Precio en letra | Importe   |
|--------|----------|--------------------|-----------------|-----------|
| 12.01  | 1Ud.     | Control de calidad | Doce mil euros  | 12.000,00 |

### CAPÍTULO 13: IMPREVISTOS

| Código | Cantidad | Descripción | Precio en letra                                                   | Importe  |
|--------|----------|-------------|-------------------------------------------------------------------|----------|
| 13.01  | 1Ud.     | Imprevistos | Tres mil novecientos cincuenta y cuatro euros con trece céntimos. | 3.954,13 |

## CUADRO DE PRECIOS Nº 2

Precios unitarios que incluyen el precio del material, la mano de obra para colocación según lo deseado y los costes auxiliares

| CIRCUITO HIDRÁULICO |                                       |            |
|---------------------|---------------------------------------|------------|
| Capitulo            | Elemento                              | Precio (€) |
| 1                   | AZUD                                  |            |
|                     | Mano de obra                          | 14.850,8   |
|                     | Maquinaria y materiales               | 13.365,2   |
|                     | TOTAL PARTIDA                         | 148508     |
| 2                   | CANAL                                 |            |
|                     | Mano de obra                          | 3.644,35   |
|                     | Maquinaria y materiales               | 32.799,15  |
|                     | TOTAL PARTIDA                         | 36.443,5   |
| 3                   | REJILLA, COMPUERTA Y VÁLVULA MARIPOSA |            |
|                     | Mano de obra                          | 1813,6     |
|                     | Maquinaria y materiales               | 16322,4    |
|                     | TOTAL PARTIDA                         | 18.136,00  |
| 4                   | OBRA TOMA DE CARGA                    |            |
|                     | Mano de obra                          | 5077,848   |
|                     | Maquinaria y materiales               | 45700,632  |
|                     | TOTAL PARTIDA                         | 50.778,48  |
| 5                   | CANAL DE DESAGÜE                      |            |
|                     | Mano de obra                          | 135,9      |
|                     | Maquinaria y materiales               | 1223,1     |
|                     | TOTAL PARTIDA                         | 1.359,00   |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Documento n°4: PRESUPUESTO

| CIRCUITO ELECTROMECAÁNICO |                                                 |            |
|---------------------------|-------------------------------------------------|------------|
| Capitulo                  | Elemento                                        | Precio (€) |
| 6                         | TURBINA KAPLAN                                  |            |
|                           | Mano de obra                                    | 10.927,564 |
|                           | Maquinaria y materiales                         | 98.348,076 |
|                           | TOTAL PARTIDA                                   | 109.275,64 |
| 7                         | GENERADOR PARA TURBINA KAPLAN                   |            |
|                           | Mano de obra                                    | 4.910,2    |
|                           | Maquinaria y materiales                         | 44.191,8   |
|                           | TOTAL PARTIDA                                   | 49.102     |
| 8                         | EDIFICIO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN           |            |
|                           | Mano de obra                                    | 757,5      |
|                           | Maquinaria y materiales                         | 6.817,5    |
|                           | TOTAL PARTIDA                                   | 7.575      |
| 9                         | TRANSFORMADOR                                   |            |
|                           | Mano de obra                                    | 1.192,5    |
|                           | Maquinaria y materiales                         | 10.732,5   |
|                           | TOTAL PARTIDA                                   | 11.925     |
| 10                        | EQUIPOS ELÉCTRICOS, REGULACIÓN, CONTROL Y LÍNEA |            |
|                           | Mano de obra                                    | 8.911,732  |
|                           | Maquinaria y materiales                         | 80.205,588 |
|                           | TOTAL PARTIDA                                   | 89.117,32  |

## Rehabilitación del molino “Los Obesos”

Documento nº4: PRESUPUESTO

| SEGURIDAD Y SALUD |                         |            |
|-------------------|-------------------------|------------|
| Capitulo          | Elemento                | Precio (€) |
| 11                | SEGURIDAD Y SALUD       |            |
|                   | Mano de obra            | 962,121    |
|                   | Maquinaria y materiales | 8.659,089  |
|                   | TOTAL PARTIDA           | 9.621,21   |

| CONTROL DE CALIDAD |                         |            |
|--------------------|-------------------------|------------|
| Capitulo           | Elemento                | Precio (€) |
| 12                 | CONTROL DE CALIDAD      |            |
|                    | Mano de obra            | 1.200      |
|                    | Maquinaria y materiales | 10.800     |
|                    | TOTAL PARTIDA           | 12.000,00  |

| IMPREVISTOS |                         |            |
|-------------|-------------------------|------------|
| Capitulo    | Elemento                | Precio (€) |
| 13          | IMPREVISTOS             |            |
|             | Mano de obra            | 395,413    |
|             | Maquinaria y materiales | 3.558,717  |
|             | TOTAL PARTIDA           | 3.954,13   |

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

### 1.7 Presupuesto de ejecución material

| DESIGNACIÓN                                     | IMPORTE(€)        |
|-------------------------------------------------|-------------------|
| azud                                            | 148508            |
| canal                                           | 36443,5           |
| rejilla, compuerta y válvula mariposa           | 18136             |
| obra toma de carga                              | 50778,48          |
| canal de desagüe                                | 1359              |
| <b>Total circuito hidráulico</b>                | <b>255.224,98</b> |
| turbina Kaplan                                  | 109275,64         |
| generador para turbina Kaplan                   | 49102             |
| edificio del centro de transformación           | 7575              |
| transformador                                   | 11925             |
| Equipos eléctricos, regulación, control y línea | 89117,32          |
| <b>Total circuito electro mecánico</b>          | <b>266.994,96</b> |
| seguridad y salud                               | 9.621,21          |
| <b>Total seguridad y salud</b>                  | <b>9.621,21</b>   |
| control de calidad                              | 12.000,00         |
| <b>Total control de calidad</b>                 | <b>12.000,00</b>  |
| imprevistos                                     | 3.954,13          |
| <b>Total imprevistos</b>                        | <b>3.954,13</b>   |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>     | <b>547.795,28</b> |

El presente presupuesto de ejecución de material asciende a la cantidad de  
QUINIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y  
CINCO EUROS CON VEINTIOCHO CENTIMOS

Santander, Julio de 2015

El ingeniero Industrial:  
NIEVES FERNÁNDEZ SAINZ

### 1.8 Presupuesto de ejecución por contrata

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL           | 547.795,28€  |
| GASTOS GENERALES (13%)             | 71.213,3864€ |
| Beneficio industrial (6%)          | 32.867,7168€ |
| BASE IMPONIBLE                     | 651.876,383€ |
| I.V.A (21%)                        | 136.894,04€  |
| PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA | 788.770,43€  |

El presente presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS SETENTA EUROS CON CUARENTA Y TRES CENTIMOS.

Santander, Julio de 2015

El ingeniero Industrial:  
NIEVES FERNÁNDEZ SAINZ

### 1.9 Presupuesto para conocimiento de la Administración

|                                                           |              |
|-----------------------------------------------------------|--------------|
| PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA                        | 788.770,42€  |
| Redacción de obra (4%)                                    | 21.911,8112€ |
| Dirección de obra (4%)                                    | 21.911,8112€ |
| I.V.A (21%)                                               | 9.202,9607€  |
| PERMISO DE OBRA (6%)                                      | 32.867,7168€ |
| <b>PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN</b> | 874.664,73€  |

El presupuesto para conocimiento de la administración asciende a la cantidad de OCHOCIENTOS SETENTA Y CUTRO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CUATRO EUROS CON SETENTA Y TRES CENTIMOS

Santander, Julio de 2015

El ingeniero Industrial:  
NIEVES FERNÁNDEZ SAINZ